

Breitner
Chirurgische Operationslehre
Band II

Chirurgie des Thorax

Herausgegeben von F. Gschnitzer

unter Mitarbeit von

H. Denck, W. Glinz, D. Kaiser, W. Maaßen,
G. Menardi, P. Wilflingseder

Zeichnungen von

J. Dimes, R. Himmelhan, L. Kellner,
N. Lechenbauer und S. Mills

Urban & Schwarzenberg · München–Wien–Baltimore

Geleitwort

Die *Chirurgische Operationslehre* von B. Breitner erschien mit Band I erstmals 1955. Damals schrieb Professor Burghard Breitner: „Die Chirurgie als Technik ist in eine neue Phase getreten . . . An der Schwelle dieser neuen Epoche will die hier vorgelegte Operationslehre den Anteil am voraussichtlich dauerhaften Bestand der abtretenden Periode und die schon sicheren Umriss der heraufkommenden festhalten . . .“ Nach dem Tode von B. Breitner im Jahr 1956 wurde die Operationslehre weitergeführt von Professor Herbert Kraus, Vorstand der Universitätsklinik für Neurochirurgie in Wien, und Professor Ludwig Zukschwerdt, Direktor der Chirurgischen Universitätsklinik in Hamburg. Derzeit wird die Breitnersche Operationslehre herausgegeben von den unterzeichnenden Herausgebern.

Die *Chirurgische Operationslehre* von B. Breitner hat mehr als drei Jahrzehnte angehende und erfahrene Operateure begleitet. Um den Wert dieses Werkes zu erhalten und an der Breitnerschen Vision . . . „die schon sicheren Umriss der heraufkommenden chirurgischen Epoche“ festzuhalten, ist die neue Operationslehre den neuen Entwicklungen der operativen Chirurgie in einem modernen Konzept angepaßt. Die Neuauflage erscheint nicht mehr im Lose-Blatt-System, sondern nach topographischen Gesichtspunkten gegliedert in Einzelbänden. Diese Form wurde gewählt, um der Schnellebigkeit auf vielen Gebieten der Chirurgie Rechnung zu tragen und um einzelne Bände, dem neuesten Wissensstand angepaßt, rasch neu auflegen zu können.

Ziel der Neubearbeitung ist die detaillierte Beschreibung der operativen Technik. Der Text wird so straff und kurz wie möglich gehalten werden. Auf Illustrationen und besonders enge und übersichtliche Verknüpfung von Text und Bild wird großer Wert gelegt. Atypische Situationen, Möglichkeiten intraoperativer Fehler und Komplikationen, deren Erwähnung für den Leser hilfreich sind, werden besonders berücksichtigt und ausführlich abgehandelt. Der *neue Breitner* beabsichtigt nicht, auf klinisch-chirurgische Fragen einzugehen, soweit sie nicht unmittelbar mit dem operativen Procedere zu tun haben. Im Gegensatz zur früheren Auflage werden Probleme der Vor- und Nachbehandlung nur dort in knapper Form einbezogen, wo sie untrennbar mit der Operationstechnik verbunden sind. Begleitende Maßnahmen können nur insoweit berücksichtigt werden, wie sie neben dem Operationstisch und in unmittelbarem zeitlichen Zusammenhang mit der Operation erforderlich sind. Postoperative Komplikationen werden dann erörtert, wenn sie weitere operative Maßnahmen nach sich ziehen. Verselbständigte Gebiete wie Herz- und Neurochirurgie, Urologie, Orthopädie, Gynäkologie und Anästhesie werden insoweit berücksichtigt, als sie im Notfall für den allgemein tätigen Chirurgen von Bedeutung sind. Anästhesiologische Methoden sind dann von Interesse, wenn sie vom Operateur selbst durchgeführt werden können; zum Beispiel die Lokalanästhesie.

Mag der erste Eindruck eine radikale Abwendung vom ursprünglichen Prinzip der Breitnerschen Chirurgischen Operationslehre, der umfassenden Darstellung der Chirurgie sein, sind sich die Herausgeber von heute doch einig, daß eine Operationslehre im Interesse der neuen Chirurgengeneration sich ganz der modernen Informations- und Lerntechnik bedienen muß.

Die Herausgeber danken dem Verlag Urban & Schwarzenberg für den Mut, ein bewährtes Werk gänzlich umzugestalten und damit den Weg freizugeben zu einer neuen Form der Wissensvermittlung.

Innsbruck, Würzburg, München

F. Gschnitzer
E. Kern
L. Schweiberer

Vorwort

Die Entwicklung der Chirurgie der letzten Jahrzehnte hat gezeigt, daß viele Bereiche der Thoraxchirurgie nicht mehr ausschließlich dem Spezialisten vorbehalten sind, sondern daß diese Gebiete heute mit zum Aufgabenfeld des sogenannten Allgemeinchirurgen gehören.

Thoraxchirurgische Eingriffe setzen außer der Intubationsanästhesie keine besonderen technischen Einrichtungen voraus, sie können in jedem chirurgischen Operationssaal vorgenommen werden. Sicher wird der Allgemeinchirurg mit geringer thoraxchirurgischer Erfahrung nicht unbedingt eine Bifurkationsresektion der Trachea vornehmen. Die Ausführung einer typischen Lungenresektion sollte er aber beherrschen. Insbesondere gilt dies für die chirurgische Behandlung des Notfalls, hier auch einschließlich der notfallmäßigen Versorgung von akuten Verletzungsfolgen am Herzen und an der thorakalen Aorta. Schwerpunkte dieses Bandes sind die Chirurgie der Lungen, die Chirurgie des Thoraxtraumas, die chirurgische Behandlung mediastinaler Tumoren und Entzündungen.

Der Band beinhaltet auch die Behandlung von Zwerchfellruptur, Zwerchfelldefekt und -relaxation sowie die Korrektur der Trichterbrust. Auch die Technik der Schrittmacherimplantation, die ja heute von vielen Allgemeinchirurgen vorgenommen wird, wird dargestellt, ebenso die chirurgische Behandlung des chronischen Perikardergusses.

Auf Besprechung der Spezialisten vorbehaltenen Bereiche der Thoraxchirurgie, wie die Korrektur angeborener und erworbener Herzerkrankungen, die angeborenen und erworbenen Erkrankungen der intrathorakalen Gefäße und des Thoracic-outlet-Syndroms, wird in diesem Band ganz bewußt verzichtet.

Da aber gerade der Allgemeinchirurg mit Fragen der Thoraxchirurgie doch relativ selten konfrontiert wird, wird besonderer Wert darauf gelegt, durch Text und Abbildungen die Technik nachvollziehbar darzustellen.

Dies soll aber nicht so verstanden werden, daß auf eine thoraxchirurgische Ausbildung verzichtet werden dürfte. Sie hat das Basiswissen zu vermitteln, auf dem aufbauend dann die Ausführung der hier geschilderten Operationsmethoden auch dem weniger Erfahrenen ermöglicht werden kann.

Ganz besonders wird der Krankenhauschirurg heute durch thorakale Notfälle gefordert. Deren Behebung ist eine Aufgabe, der er sich nicht entziehen kann. Vielfach würde der Aufschub der Behandlung infolge Transports des Patienten in eine Spezialabteilung dessen sicheren Tod bedeuten. Gerade dies unterstreicht die Wichtigkeit der Beherrschung thoraxchirurgischer Techniken durch den Allgemeinchirurgen.

Möge der vorliegende Band des neuen Breitner dazu beitragen, Ratgeber zu sein und die Thoraxchirurgie dem Allgemeinchirurgen vertrauter zu machen.

Innsbruck, im Herbst 1989

Franz Gschnitzer

Inhalt

1	Zugangswege in der Thoraxchirurgie F. Gschnitzer	1
2	Eingriffe bei Erkrankungen der Lungen und des Bronchialsystems sowie der Pleura	23
	Chirurgie der Lungen und der Bronchien D. Kaiser	27
	Chirurgische Behandlung pleuraler Veränderungen H. Denck	133
3	Chirurgisches Vorgehen beim Herzbeutelerguß und bei der Lungenarterienembolie	143
	Punktion und Drainage des Herzbeutels F. Gschnitzer	145
	Vordere Perikardresektion F. Gschnitzer	147
	Perikardfensterung F. Gschnitzer	148
	Thromboembolie der A. pulmonalis F. Gschnitzer	150
4	Chirurgie des Mediastinums, der Trachea und der Bifurkation W. Maaßen	153
5	Eingriffe bei Verletzungen im Thoraxbereich	183
	Verletzungen der Thoraxwand, der Lungen, des Tracheo- bronchialsystems und des Zwerchfells W. Glinz	185
	Verletzungen des Herzens und der thorakalen Aorta F. Gschnitzer	220
	Entfernung embolisierter Fremdkörper aus dem Herzen und den herznahen Gefäßen F. Gschnitzer	230
6	Operative Korrektur der Trichterbrust	233
	Trichterbrustoperation nach Rehbein G. Menardi	235
	Korrektur der Trichterbrust durch Kunststoffimplantate P. Wilflingseder	240
7	Operationen am Zwerchfell beim Kind G. Menardi	245
8	Herzschritmacherchirurgie F. Gschnitzer	253

Autorenverzeichnis

Prof. Dr. med. H. Denck
Vorstand der 1. Chirurgischen
Abteilung
Krankenhaus der Stadt Wien-Lainz
Wolkersbergerstraße 1
A-1130 Wien

Prof. Dr. med. W. Glinz
Klinik für Unfallchirurgie
Universitätsspital
Rämistraße 100
CH-8091 Zürich

Prof. Dr. med. F. Gschnitzer
Vorstand der I. Univ.-Klinik
für Chirurgie
Anichstraße 35
A-6020 Innsbruck

Prof. Dr. med. D. Kaiser
Chefarzt der Abteilung
für Thoraxchirurgie
der Lungenklinik Heckeshorn/
Krankenhaus Zehlendorf
Am Großen Wannsee 80
1000 Berlin 39

Prof. Dr. med. W. Maaßen
Ehemaliger Direktor der
Ruhrland-Klinik Essen
Bernhardstraße 60
4300 Essen 16

Prim. Doz. Dr. med. G. Menardi
Leiterin der Abteilung für
Kinderchirurgie
I. Univ.-Klinik für Chirurgie
Anichstraße 35
A-6020 Innsbruck

em. Univ.-Prof. Dr. med.
P. Wilflingseder
Univ.-Klinik für Plastische
und Wiederherstellungschirurgie
Anichstraße 35
A-6020 Innsbruck

1 Zugangswege in der Thoraxchirurgie

F. Gschnitzer

Vorbemerkung	3
Seitliche Thorakotomien	5
<i>Anterolaterale Thorakotomie</i>	5
<i>Posterolaterale Thorakotomie</i>	9
<i>Axilläre Thorakotomie</i>	11
<i>Drainageverfahren bei seitlichen Thorakotomien</i>	12
<i>Verschuß der seitlichen Thorakotomien</i>	13
Sternotomien	15
<i>Totale mediane Sternotomie</i>	15
<i>Obere partielle Sternotomie</i>	18
<i>Untere partielle Sternotomie</i>	18
<i>Bilaterale transsternale Thorakotomie</i>	19
Mediastinotomien	20
<i>Kollare Mediastinotomie</i>	20
<i>Parasternale Mediastinotomie</i>	20
<i>Paravertebrale Mediastinotomie</i>	21
Weiterführende Literatur	21

Vorbemerkung

Die Wahl des operativen Zuganges erfolgt in Abhängigkeit von Forderungen, die an den Zugangsweg gestellt werden. Er soll

- einen bestmöglichen Überblick über die voraussichtlich am schwierigsten zu versorgende Struktur im Thoraxinneren bieten,
- die Thoraxwandfunktion sowohl unmittelbar postoperativ als auch nach endgültiger Abheilung möglichst wenig beeinträchtigen; dies bedeutet auch die Berücksichtigung der schmerzabhängigen Atemdepression,
- möglichst so gewählt werden, daß der Kranke in Rückenlage nicht auf der Wunde aufliegt; dadurch wird das Auftreten von Wundheilungsstörungen vermieden,
- in Anbetracht der späteren Narbe so klein als möglich sein, und, wegen der Neigung zur Keloidbildung, tunlichst im Verlauf der Hautspaltlinien erfolgen,
- erweiterungsfähig sein, d. h., er soll bei operativer Notwendigkeit vergrößert werden können. Dies bezieht sich nicht nur auf die Länge des Schnittes, sondern auch auf die Höhe der Thoraxeröffnung, z. B. zweite Thorakotomie in tieferem Interkostalraum.

Diese Forderungen können im Einzelfall nicht immer alle berücksichtigt werden. Hingegen ist darauf zu achten, daß der Zugang ausreichend sein muß, um die im Thoraxinneren vorzunehmende Operation sicher ausführen zu können. Schnitt-erweiterungen müssen im Einzelfall während des Operationsverlaufes vorgenommen werden.

Auch muß für die Wahl der Schnittführung die individuelle Beschaffenheit des Brustkorbes Berücksichtigung finden.

Die Abbildungen 1-1 bis 1-4 zeigen die Topographie der Lungenlappen und des mittleren Zwerchfellstandes in der Relation zum Thoraxskelett.

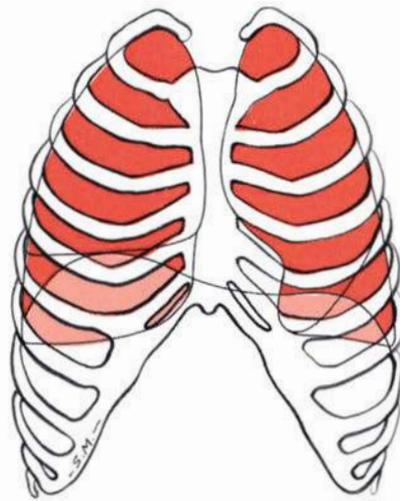


Abb. 1-1 Topographie der Lungen und des Zwerchfells, Ansicht von vorne.

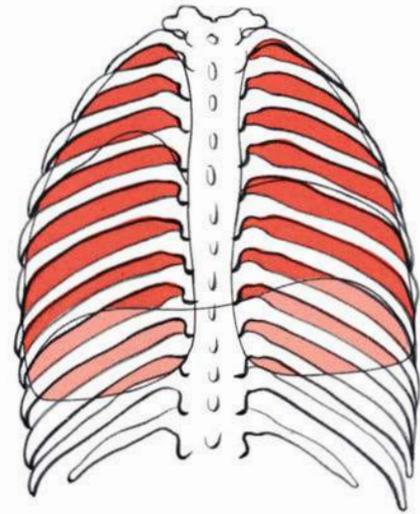


Abb. 1-2 Topographie der Lungen und des Zwerchfells, Ansicht von hinten.

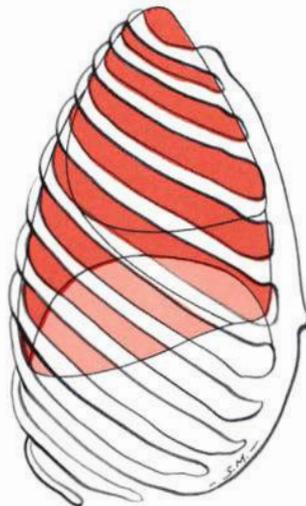


Abb. 1-3 Topographie der Lungen und des Zwerchfells, Ansicht von rechts.

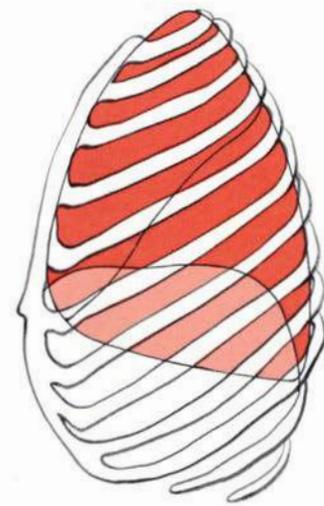


Abb. 1-4 Topographie der Lungen und des Zwerchfells, Ansicht von links.

Aus den Abbildungen 1-5 und 1-6 ist der Muskelmantel der seitlichen und hinteren Thoraxwand ersichtlich.

Als standardisierte Zugangswege in das Thoraxinnere stehen zur Verfügung:

- die anterolaterale Thorakotomie,
- die posterolaterale Thorakotomie,
- die axilläre Thorakotomie,
- die totale mediane Sternotomie,
- die partielle obere und untere mediane Sternotomie,
- die bilaterale Thorakotomie mit querer Sternumdurchtrennung und
- Kombinationsverfahren (z. B. anterolaterale Thorakotomie mit Sternumdurchtrennung).

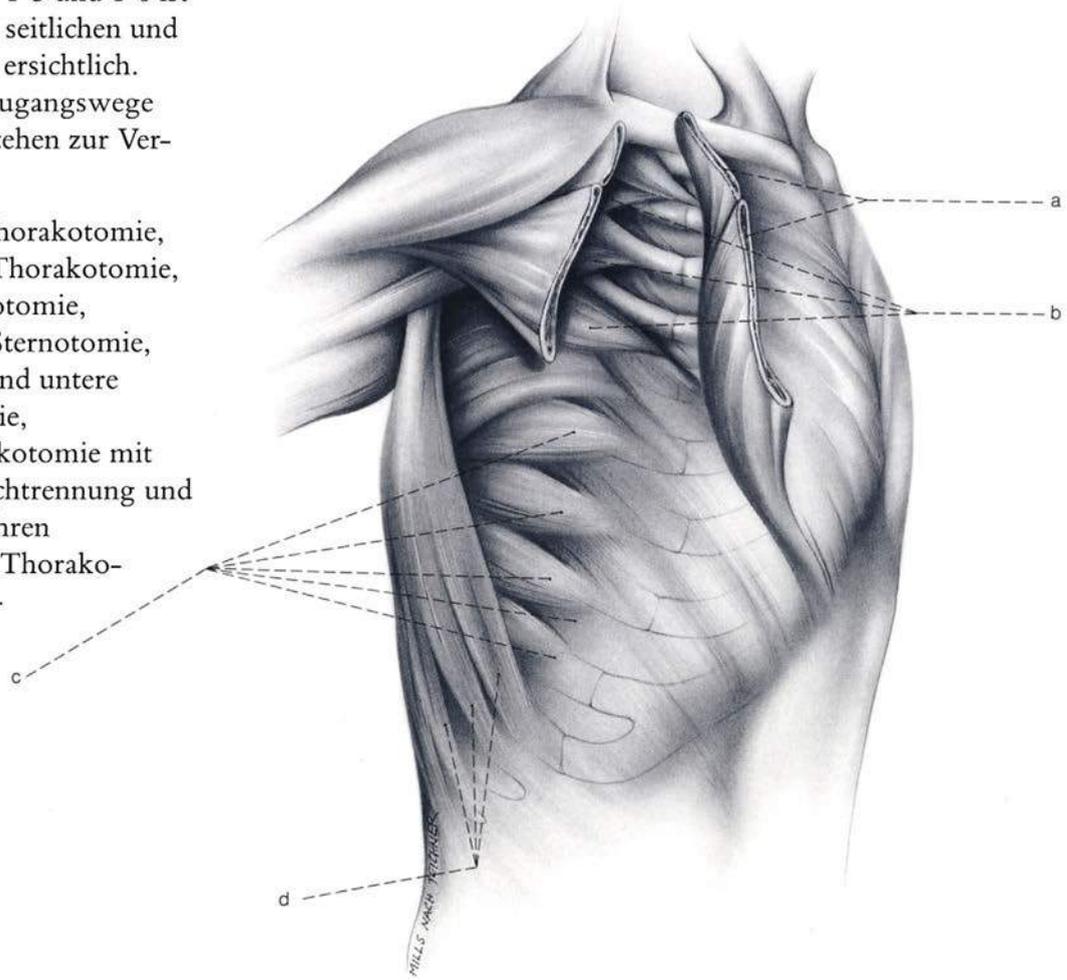


Abb. 1-5 Muskulatur der anterolateralen Thoraxpartie.

- a) durchtrennter M. pectoralis major.
- b) M. pectoralis minor.
- c) M. serratus anterior.
- d) kostaler Ursprung des M. latissimus dorsi.

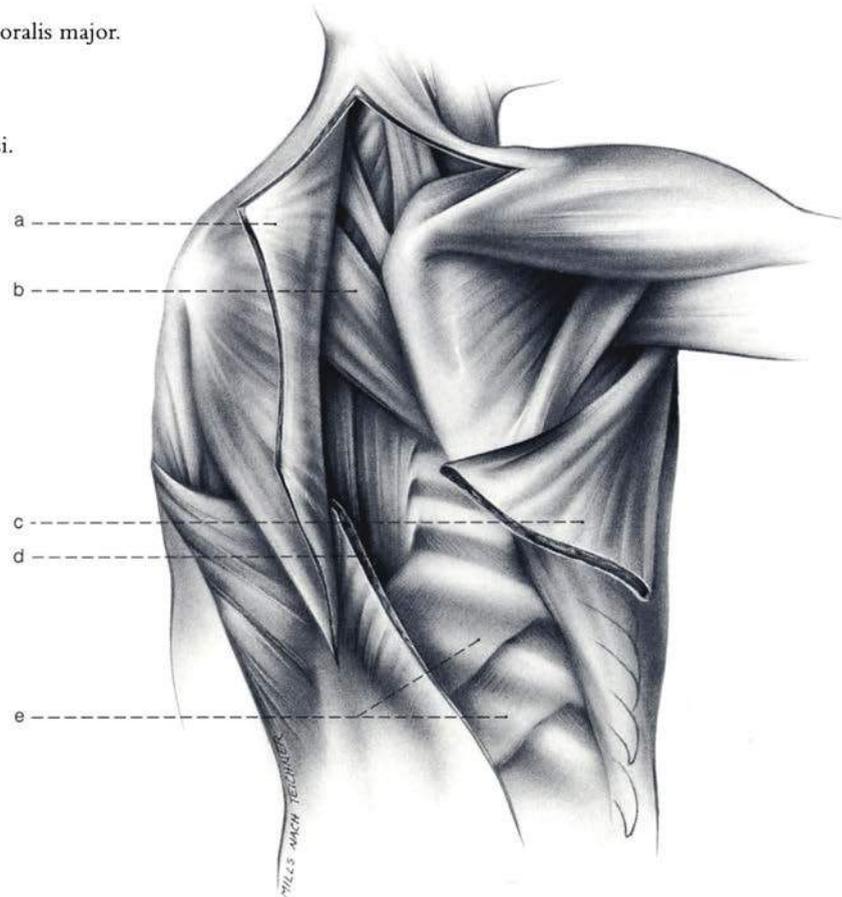


Abb. 1-6 Muskulatur der posterolateralen Thoraxpartie.

- a) durchtrennter M. trapezius.
- b) M. rhomboideus major.
- c) durchtrennter M. latissimus dorsi.
- d) M. erector trunci.
- e) M. serratus posterior.

Seitliche Thorakotomien

Anterolaterale Thorakotomie

Die anterolaterale Thorakotomie stellt einen für Eingriffe an den Lungen und an Strukturen des vorderen Mediastinums gebräuchlichen Zugangsweg dar.

Der Patient wird halbseitlich und so überstreckt gelagert, daß die Interkostalräume der zu operierenden Seite möglichst gedehnt werden. Der Arm der zu operierenden Seite wird im Ellbogen abgewinkelt am gepolsterten Narkosebügel durch Bandage fixiert.

Der Hautschnitt verläuft parasternal beginnend submammär (bei Frauen in der Submammärfalte) nach dorsal bogig in Richtung der palpablen Schulterblattspitze (Abb. 1-7). Bevor er diese erreicht, weicht er, wenn überhaupt so weit erforderlich, in einem Abstand von etwa 2 Querfingern der Schulterblattspitze nach unten gegenläufig bogig aus: die spätere Narbe soll bei normaler Schulterstellung unterhalb der Schulterblattspitze verlaufen. Die Durchtrennung der Subkutis erfolgt mit dem Diathermiemesser, Blutstillung einzelner subkutaner Gefäße durch Koagulation. Die Mamma sollte nicht von der Pektoralismuskulatur abpräpariert werden.

Die nun freiliegende Muskulatur des untersten Anteils des M. pectoralis major wird in Richtung des Rippenverlaufes durchtrennt (Abb. 1-8). Die Ursprungszacken des M. serratus anterior werden zunächst vorne in Faserrichtung gespalten, im hinteren Abschnitt kurz vor der Insertion im Bereich der Skapulaspitze quer durchtrennt (Abb. 1-9). Dort verlaufende Gefäße werden koaguliert. Der Rand des M. latissimus dorsi zeigt sich im hinteren Wundwinkel. Er kann eingekerbt werden.

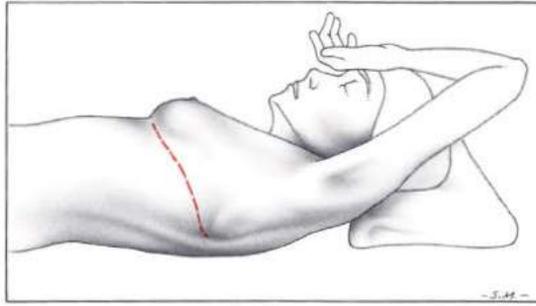


Abb. 1-7 Anterolaterale Thorakotomie. Lagerung und Hautschnitt.



Abb. 1-8 Anterolaterale Thorakotomie. Nach Durchtrennung der Haut und Subkutis liegen der untere Rand des M. pectoralis major und die Ursprungszacken des M. serratus anterior frei.

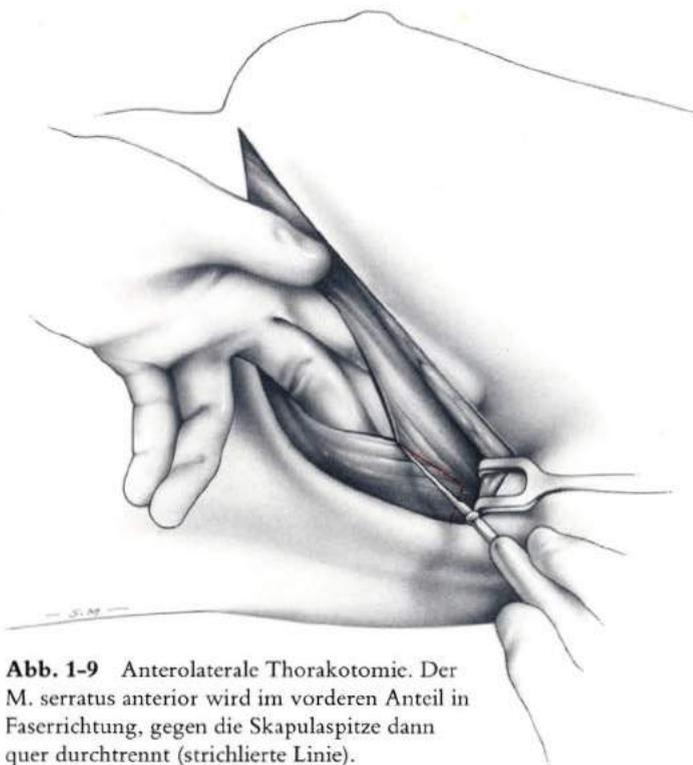


Abb. 1-9 Anterolaterale Thorakotomie. Der M. serratus anterior wird im vorderen Anteil in Faserrichtung, gegen die Skapulaspitze dann quer durchtrennt (strichlierte Linie).

Nun liegen die Rippen mit der Interkostalmuskulatur frei. Zur Bestimmung der Thoraxeröffnungshöhe wird nach Hochziehen der Skapulaspitze zwischen den Pektoralismuskeln und der Thoraxwand mit der Hand gegen die Axillaspitze eingegangen (Abb. 1-10). Die oberste so tastbare Rippe ist die 2. Rippe. Durch Abzählen der Rippen bzw. der Interkostalräume findet man die gewünschte Inzisionshöhe.

Zweckmäßig ist auch eine Orientierung im epigastrischen Winkel: Der 5. ICR entspricht in seiner Lage in der Medioklavikularlinie etwa der Höhe des Processus xiphoideus. Die Wahl des zu eröffnenden Interkostalraumes richtet sich nach dem Operationsziel (5. ICR bei Pneumonektomie und Oberlappenresektion; 6. ICR für Unterlappenresektion) und der Inzisionsart: Je weiter hinten die Inzision gewählt wird, desto höher steht der jeweilige Abschnitt des Interkostalraums.

Beachte:

Der Zugang zum Thoraxinneren bei Inzision im tieferen Interkostalraum ist leichter als bei versehentlicher Inzision im höheren Interkostalraum.

Die Inzision der Interkostalmuskulatur erfolgt nahe der unteren begrenzenden Rippe, um die Interkostalgefäße nicht zu verletzen (Abb. 1-11). Nach Durchtrennung der beiden Interkostalmuskeln in Wundmitte auf mehrere Zentimeter wird die freiliegende Pleura parietalis mit dem Skalpell eröffnet. Eine Kocher-Rinne in Kunststoffausführung wird in den Pleuraraum eingebracht und auf ihr die Interkostalmuskulatur nach vorne bis zur Knorpelknochengrenze der Rippe und dann nach hinten bis in Höhe der mittleren Axillarlinie mit dem Diathermiemesser durchtrennt. Blutungen aus Interkostalästen werden elektrisch gestillt.

Die Wundränder werden abgedeckt, die Interkostalinzision durch Einbringen eines Rippensperres nach Finochietto langsam geöffnet. Im Fall einer bestehenden Pleuraverödung muß die teils stumpfe, teils scharfe Ablösung der Lunge von der Thoraxwand schrittweise erfolgen, um nicht durch Aufdrehen des

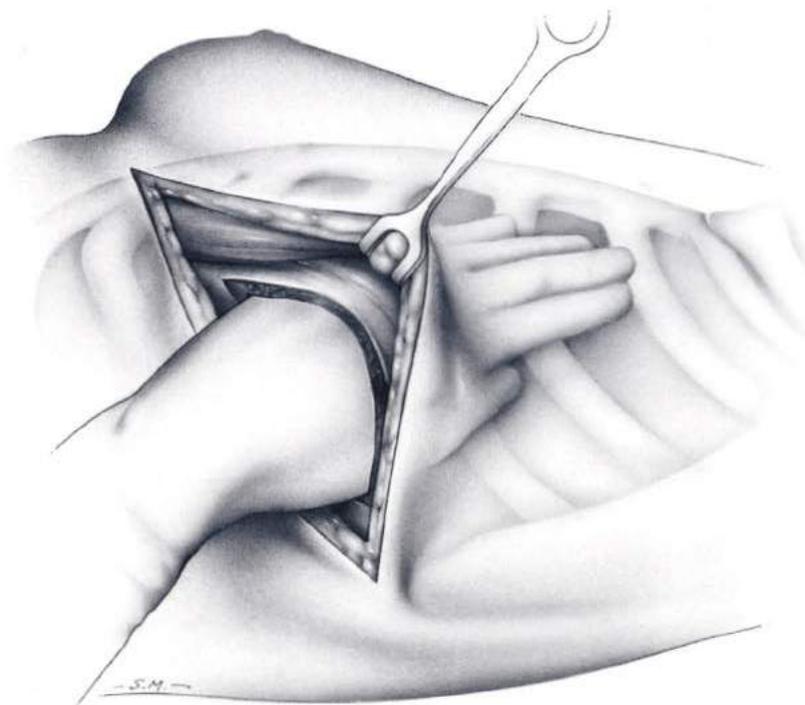


Abb. 1-10 Anterolaterale Thorakotomie. Abtasten der Rippen zur Bestimmung der Inzisionshöhe.

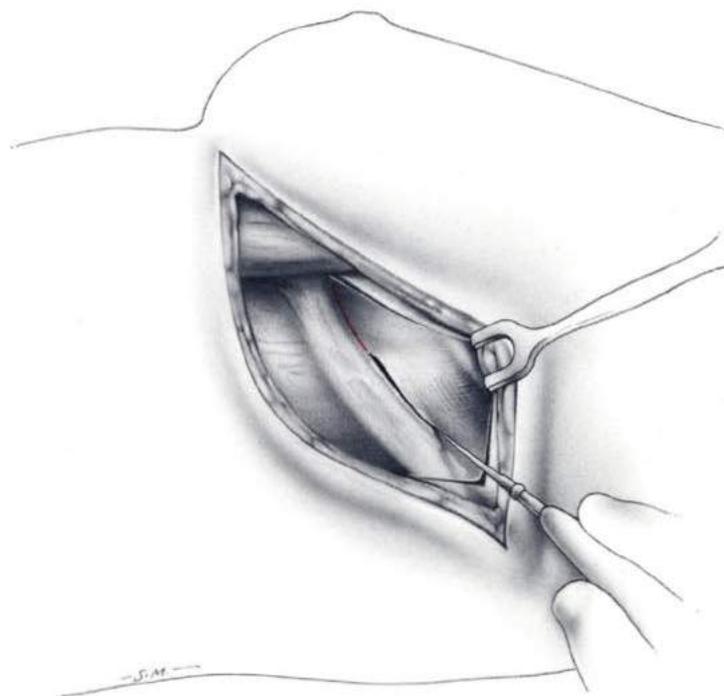


Abb. 1-11 Anterolaterale Thorakotomie. Inzision der Interkostalmuskulatur.

Rippensperres Lungeneintrisse zu erzeugen.

Cave

Lungeneintrisse bei Pleuraadhäsionen.

Für bestimmte Operationen kann es aus Zugangsgründen erforderlich sein, 2 interkostale Inzisionen anzulegen. In diesem Fall wird die Thorakotomie nach hinten durch Einkerbungen des M. latissimus dorsi oder nach Aufsetzen eines senkrecht nach unten gehenden Schnittes im hinteren Wundwinkel erweitert und die untere interkostale Inzision nach entsprechender Wundrandmobilisierung 2 bis 3 Interkostalräume tiefer in oben beschriebener Art angelegt. Durch wahlweises Einsetzen des Rippenspreizers in eine der beiden Inzisionen wird der entsprechende intrathorakale Bereich zugänglich (sogenannte *Doppeldeckerinzision*).

Bei Schnitterweiterung nach vorne werden die parasternal verlaufenden Mammariagefäße zwischen Klemmen durchtrennt und mittels Durchstichligatur gesichert. Das Sternum kann mit der Brunner-Schere durchtrennt werden.

Rippendurchtrennungen zur Verbesserung des Zuganges können hilfreich sein, sind aber kaum je erforderlich.

Früher wurde die subperiostale Rippenresektion bei der Thorakotomie, die dann durch das Bett der resezierten Rippe erfolgt, bevorzugt. Die Technik wird heute bei der anterolateralen Thorakotomie kaum mehr angewandt, kann aber bei Vorliegen sehr enger Interkostalräume (Pleuraschwiele) erforderlich sein, um überhaupt in den Thorax zu gelangen.

Nach Freilegen der zu resezierenden Rippe wird das Rippenperiost der Rippenvorderseite mit dem Diathermieskalpell längs inzidiert (Abb. 1-12). Mit einem flachen Raspatorium wird das Periost kranialseitig in Richtung nach vorne, kaudalseitig in Richtung nach hinten abgeschoben (Abb. 1-13). So werden der obere und der untere knöcherne Rippenrand frei (Abb. 1-14).

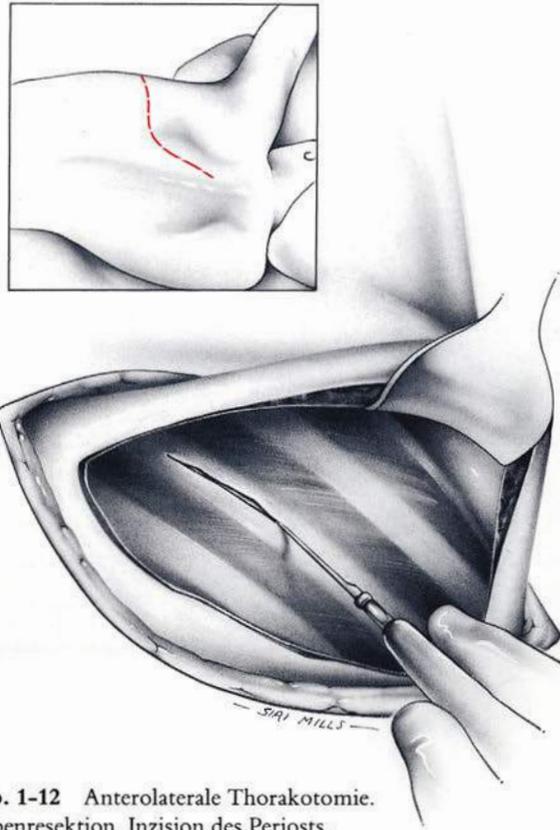


Abb. 1-12 Anterolaterale Thorakotomie. Rippenresektion, Inzision des Periosts.

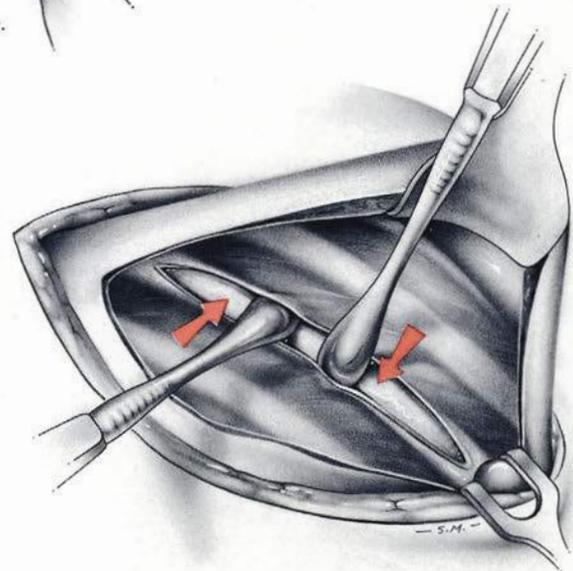


Abb. 1-13 Anterolaterale Thorakotomie. Rippenresektion, Abschieben des Periosts vorne.

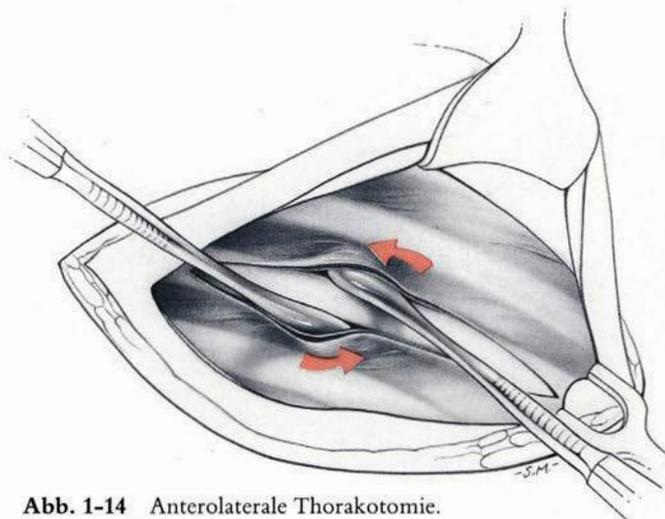


Abb. 1-14 Anterolaterale Thorakotomie. Rippenresektion, Abschieben des Periosts am oberen und unteren Rippenrand.

Das Periost der Rippeninnenseite wird mit dem Doyen-Raspatorium gelöst (Abb. 1-15). Mit der Rippen-
schere nach Brunner wird die Rippe
in der gewünschten Höhe zuerst
hinten, dann vorne durchtrennt
(Abb. 1-16). Die Brustkorberöffnung
erfolgt mit dem Skalpell durch das
hintere Periost (Abb. 1-17).

Bei Patienten mit Aortenisthmus-
stenose kann, um eine Verletzung der
stark erweiterten und geschlängelt
am unteren Rippenrand verlaufenden
Interkostalarterie zu vermeiden, die
Brusthöhleröffnung durch das Bett
der nichtresezierten Rippe erfolgen.

Hierzu wird das vordere Rippen-
periost nahe dem oberen Rippenrand
inzidiert und das Periost mit dem
flachen Raspatorium vom Rippen-
oberrand abgeschoben. Der Periost-
schlauch wird hinten knapp am
oberen Rippenrand inzidiert. Diese
Technik ist blutsparend.

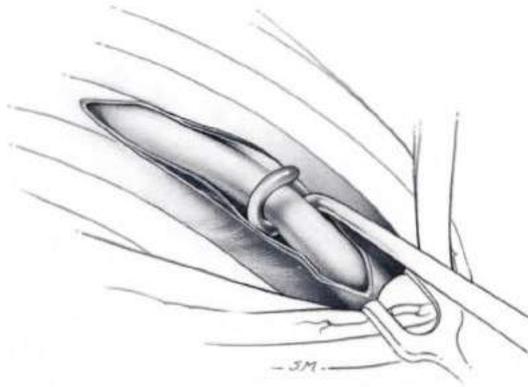


Abb. 1-15 Anterolaterale Thorakotomie.
Rippenresektion, Befreiung der Rippe vom
hinteren Periost mit Doyen-Raspatorium.

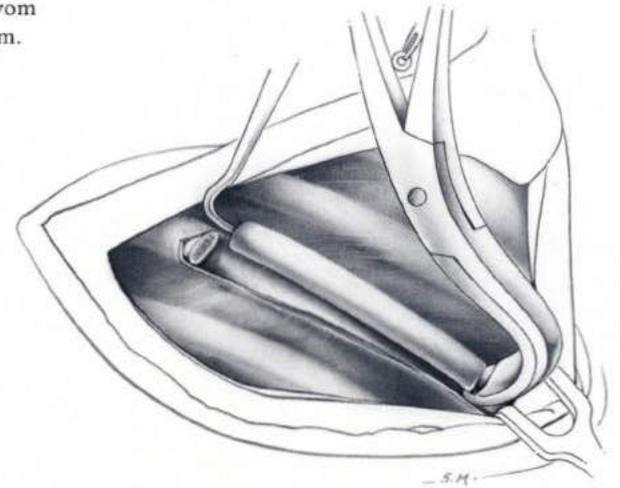


Abb. 1-16 Anterolaterale Thorakotomie.
Rippenresektion, Durchtrennung der Rippe.

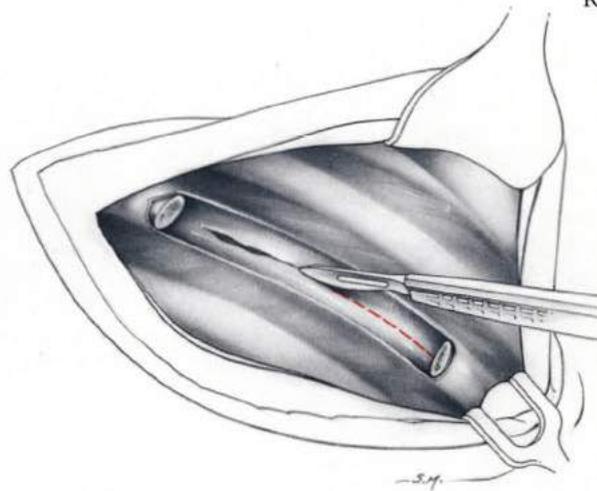


Abb. 1-17 Anterolaterale Thorakotomie.
Rippenresektion, Eröffnung des Thorax durch
das hintere Periost.

Posterolaterale Thorakotomie

Die posterolaterale Thorakotomie ist für Eingriffe an der thorakalen Trachea oder den zentralen Bronchusabschnitten der Zugang der Wahl und vielfach der bevorzugte Zugang für Lungenresektionen. Sie wird in Seitenlage des überstreckten Patienten ausgeführt (Abb. 1-18).

Der operationsseitige Arm des Patienten wird nach vorne gezogen auf einer Armstütze gelagert. Dadurch rückt das Schulterblatt nach seitlich und vorne. Der Arm kann auch steril eingepackt im Laufe der Operation von der Assistenz nach vorne gezogen werden, wodurch sich der Zugang zu den oberen Rippen günstiger gestaltet.

Der S-förmige Schnitt beginnt hinten zwischen Wirbelsäule und medialem Skapularand etwa in Höhe des 5. Brustwirbels, verläuft im Abstand von 2 bis 3 Querfingern unter der Schulterblattspitze vorbei und folgt im vorderen Anteil dem Rippenverlauf bzw. der Submammarfalte. Die Durchtrennung des Unterhautfettgewebes erfolgt mit dem Diathermiemesser. Im medialen Wundwinkel liegt der laterale Rand des M. trapezius frei; er wird quer zur Faserrichtung eingekerbt. Nach lateral hin wird der M. latissimus dorsi in ganzer Ausdehnung ebenfalls quer zur Faserrichtung durchtrennt (Abb. 1-19). Hierauf liegen hinten der M. rhomboideus major und vorne, an der Schulterblattspitze, der Ansatz des M. serratus anterior frei. Der Serratus wird im Abstand von 2 cm vom Schulterblatt eingekerbt, der vordere Anteil des Muskels im Faserverlauf gespalten (Abb. 1-20).

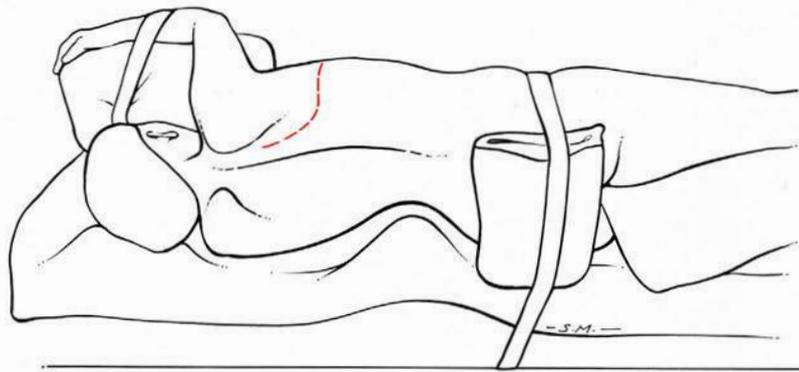


Abb. 1-18 Posterolaterale Thorakotomie. Lagerung und Hautschnitt.

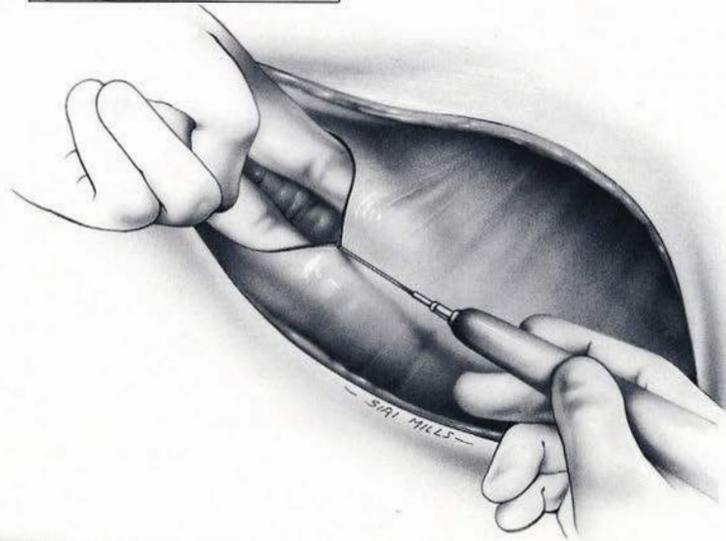
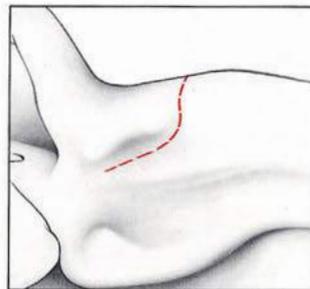


Abb. 1-19 Posterolaterale Thorakotomie. Durchtrennung des M. latissimus dorsi.

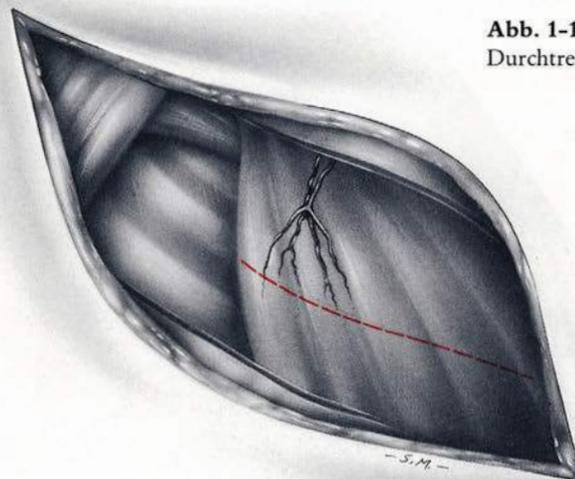


Abb. 1-20 Posterolaterale Thorakotomie. Durchtrennung des M. serratus anterior.

Die nach hinten anschließende lockere Faszie wird in Schnittrichtung durchtrennt (Abb. 1-21 a), der untere Rand des M. rhomboideus eingekerbt oder stumpf mobilisiert (Abb. 1-21 b). Nun kann man das Schulterblatt mit stumpfem Haken nach vorne ziehen. Mit der Hand unter dem abgehobenen Schulterblatt eingehend, kann man die Rippen abzählen (oberste tastbare Rippe ist im allgemeinen die 2.) und so den gewünschten Interkostalraum für die Inzision (Abb. 1-21 c) eruieren: Für die Pneumonektomie und Oberlappenresektion empfiehlt sich die Verwendung des 5. ICR, für den Unterlappen der 6. ICR. Für Eingriffe an der thorakalen Trachea wird im 4. ICR eingegangen.

Die weitere Technik entspricht der bei der anterolateralen Thorakotomie geschilderten. Die Sprengung der benachbarten Kostotransversalverbindungen mit einem Meißel oder Skalpell gelingt nach geringem Öffnen des Rippensperrers leicht (Abb. 1-22).

Die Technik der Rippenresektion ist besonders dann empfehlenswert, wenn durch Pleuraverschwartung die Interkostalräume schmal sind und damit die Inzision im Interkostalraum erschwert oder kaum möglich ist. In diesem Fall kann die paravertebrale Durchtrennung der oberen und unteren angrenzenden Rippe die Brustkorberöffnung unter Vermeidung von Rippenfrakturen erleichtern. Dabei auftretende Blutungen aus Interkostalgefäßen werden mit Diathermie gestillt.

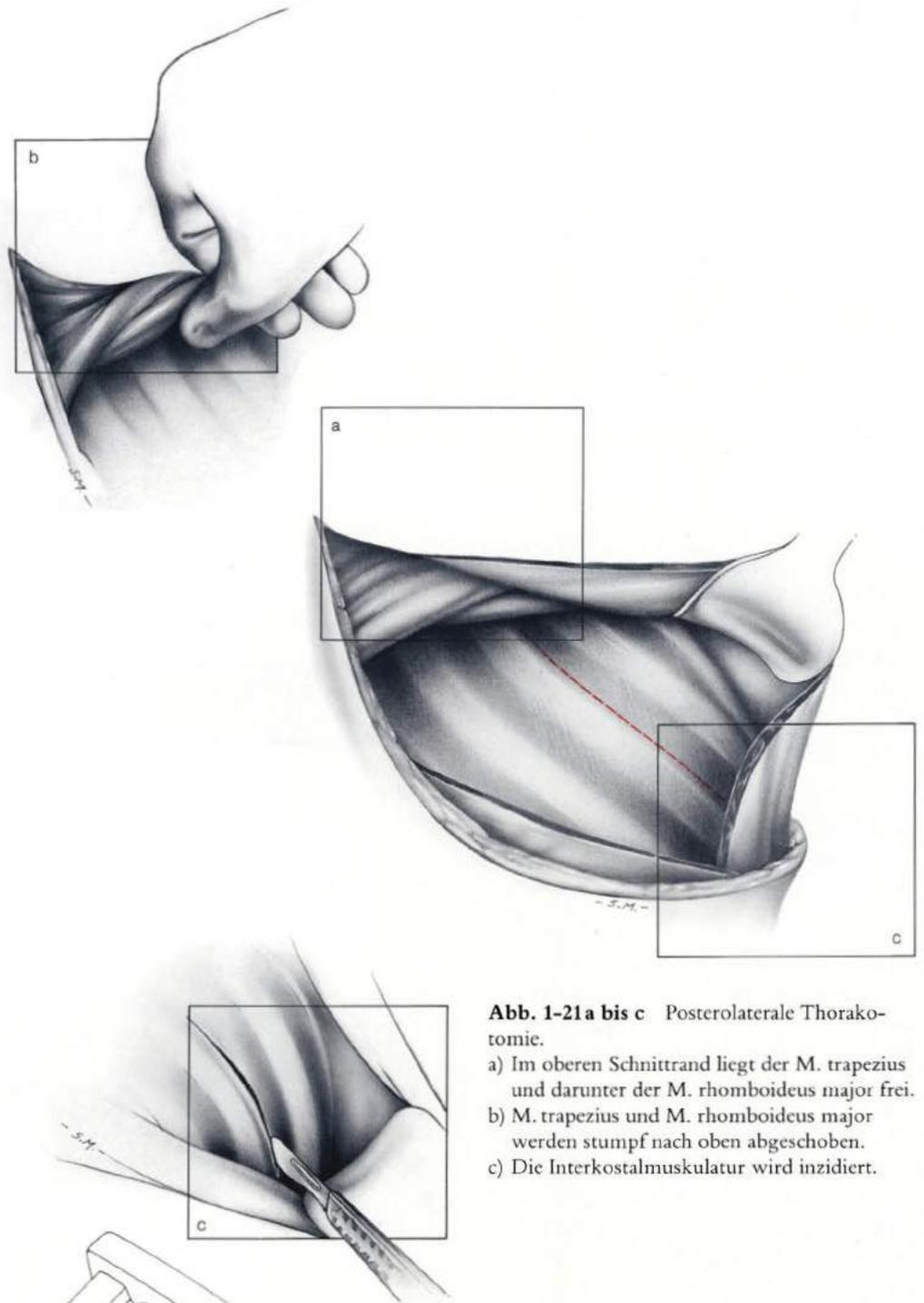


Abb. 1-21 a bis c Posterolaterale Thorakotomie.

- a) Im oberen Schnitttrand liegt der M. trapezius und darunter der M. rhomboideus major frei.
- b) M. trapezius und M. rhomboideus major werden stumpf nach oben abgeschoben.
- c) Die Interkostalmuskulatur wird inzidiert.

Abb. 1-22 Posterolaterale Thorakotomie. Der Rippenspreizer ist eingesetzt.

Axilläre Thorakotomie

Der Hautschnitt für die axilläre Thorakotomie verläuft schräg, dem Rippenverlauf folgend, von der hinteren bis zur vorderen Axillarlinie etwa in Höhe der 3. oder 4. Rippe. Der Patient ist halbseitlich gelagert, der Arm der Operationsseite am Kopfbügel oder auf einer Armschiene nach oben fixiert. Nach Durchtrennung von Haut und Subkutis liegt unter dem lockeren Bindegewebe der Axilla (sogenannte Axillärfaszie) die knöcherne Thoraxwand frei. Die 3. oder 4. Rippe wird auf 10–15 cm freigelegt, wobei die Ursprünge des M. serratus anterior teilweise vom Rippenperiost abgelöst werden. Dieses Vorgehen schützt vor Verletzungen des N. thoracicus longus und des N. thoracodorsalis (Abb. 1-23). Die interkostale Inzision im 3. ICR wird in üblicher Weise ausgeführt. Der Zugang eignet sich für Lungenbiopsien und die operative Behandlung des Spontanpneumothorax.

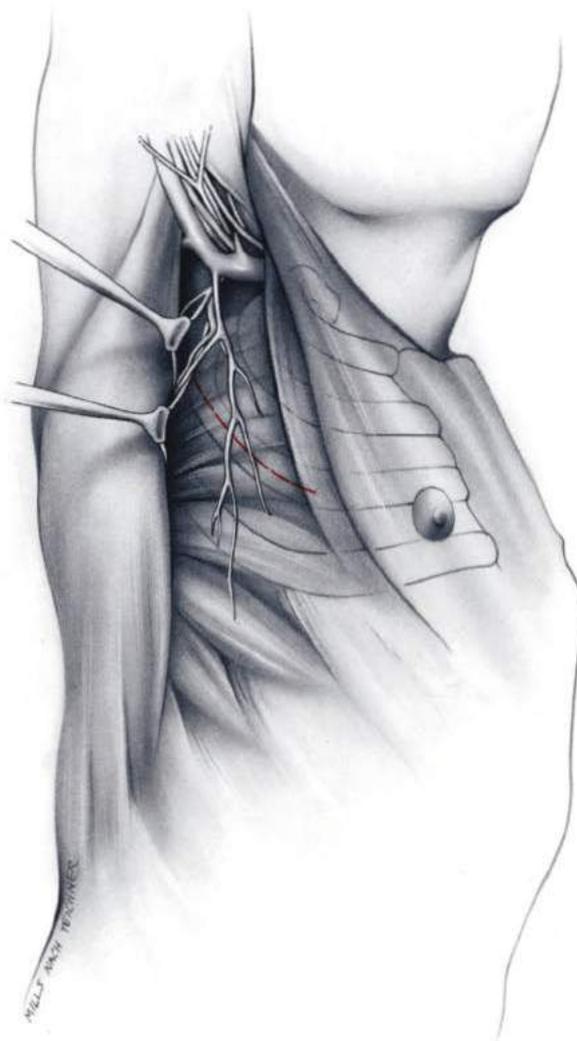


Abb. 1-23 Axilläre Thorakotomie. A. u. N. thoracodorsalis sind mit Haken zur Seite gehalten; die A. thoracalis lateralis zieht über die interkostale Inzision, sie wird zwischen Klemmen ligiert.

Drainageverfahren bei seitlichen Thorakotomien

Nach Beendigung eines intrathorakalen Eingriffes muß in jedem Fall eine Thoraxdrainage eingelegt werden. Sie dient der Ableitung von sich ansammelndem Blut oder Erguß sowie dem Austritt von Luft aus der Pleurahöhle während der Lungenausdehnung und bei bestehenden Luftfisteln. Die Drainage muß, um ein Eindringen von Luft von außen während der Inspiration zu verhindern, unter Wasser ausgeleitet werden.

Ein aktiver Sog findet nur in Einzelfällen Anwendung, auch ist das ursprünglich von Bülow angegebene Prinzip der Heberdrainage (wassergefüllter Drainageschlauch) nicht erforderlich.

Die Drainageinzision wird in der mittleren Axillarlinie in der Haut knapp unterhalb des Sinus phrenicocostalis in Spaltrichtung angelegt. Mit dem Skalpell durchtrennt man Haut und Subkutanfaszie im Ausmaß des Draindurchmessers, wobei durch Eingehen mit der Hand in die Thorakotomie der Sinus von innen getastet wird (Abb. 1-24a). Mit einer Kornzange wird der Drainkanal subkutan schräg nach oben gebohrt, am Oberand der nächsthöheren Rippe wird die Interkostalmuskulatur durchstoßen, so daß die Interkostalgefäße geschont werden (Abb. 1-24b). Der steife Plastikdrain (bei Kindern 18 Charrière, bei Erwachsenen 22 Charrière) wird von der Thorakotomiestelle her der Kornzange entgegengeführt, gefaßt und soweit extrahiert (Abb. 1-25), daß das unterste Drainauge knapp proximal der Drainaustrittsstelle zu liegen kommt (Abb. 1-26b).

Beachte:

Der Drain wird so bemessen, daß seine Spitze bis knapp unter die Höhe der Thoraxkuppel reicht und der Thoraxhinterwand anliegt (Abb. 1-26a).

Der Drain sollte röntgenschattegebend sein, der Durchmesser der Drainaugen sollte kleiner sein als der innere Drainquerschnitt. An der Haut wird der Drain durch eine starke Naht fixiert (Abb. 1-26c).

Die Entfernung der Drainage erfolgt bei nichtinfizierten Thorako-

tomien meist am 3. postoperativen Tag, wenn keine Luft und nur mehr wenig Exsudat gefördert wird. Nach Durchschneiden der Fixationsnaht wird, unter Aufforderung des Patienten zum Pressen, der Drain rasch gezogen und die Inzisionsstelle mit einem Salbentupfer (Vaseline o. ä.) luftdicht abgedeckt.

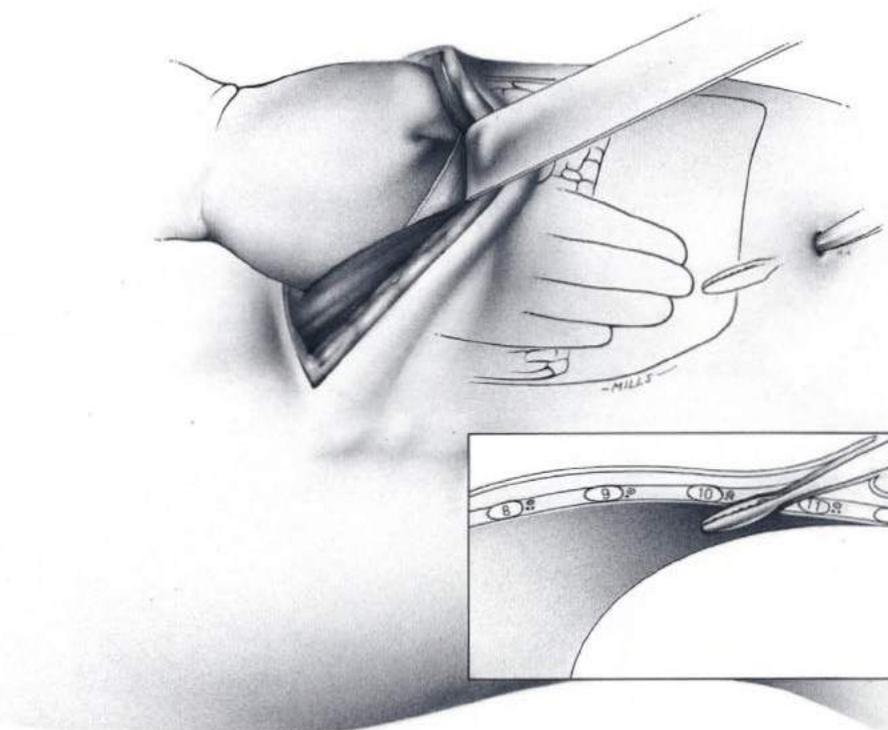


Abb. 1-24a und b Thoraxdrainage. Eingehen mit der Hand durch die Thorakotomie in den Sinus, Hautinzision in der mittleren Axillarlinie und Vorschieben der Kornzange schräg nach oben in den Thorax, wobei der Interkostalraum am oberen Rand der unteren Rippe durchbohrt wird.

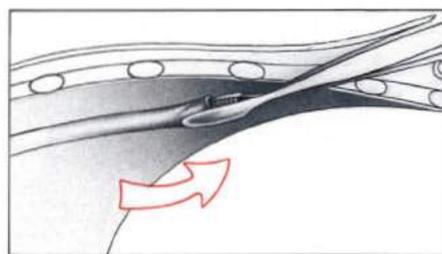


Abb. 1-25 Thoraxdrainage. Der Drain wird mit der Kornzange gefaßt und durch die Thoraxwand nach außen geleitet.

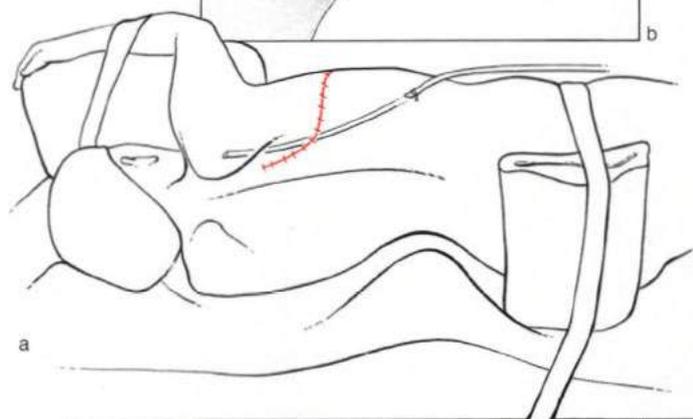
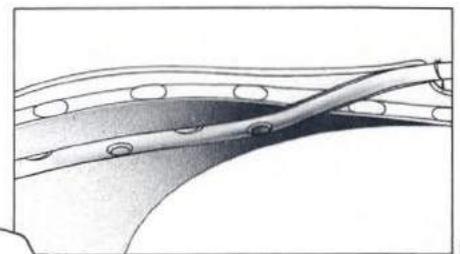
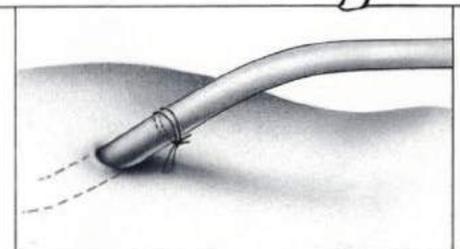


Abb. 1-26a bis c Thoraxdrainage.

- a) Lage des Drains im Thorax hinten.
- b) Lage des untersten Drainauges.
- c) Drainfixierung an der Haut durch Naht.



Verschuß der seitlichen Thorakotomien

Der Verschuß der seitlichen Thorakotomien erfolgt nach Rippenresektion durch fortlaufende Naht des Rippenbettes, fallweise unter Umstechung der oberen Rippe, nachdem die Überstreckung des Patienten aufgehoben wurde (Abb. 1-27). Eine Rippenadaptation durch einen Rippenapproximator (Bailey) ist zumeist nicht erforderlich (Abb. 1-28). Vorher gelegte 2 bis 3 Perikostalnähte, die die angrenzenden Rippen umgreifen, werden zur Nahtsicherung geknotet (Abb. 1-29 und 1-30).

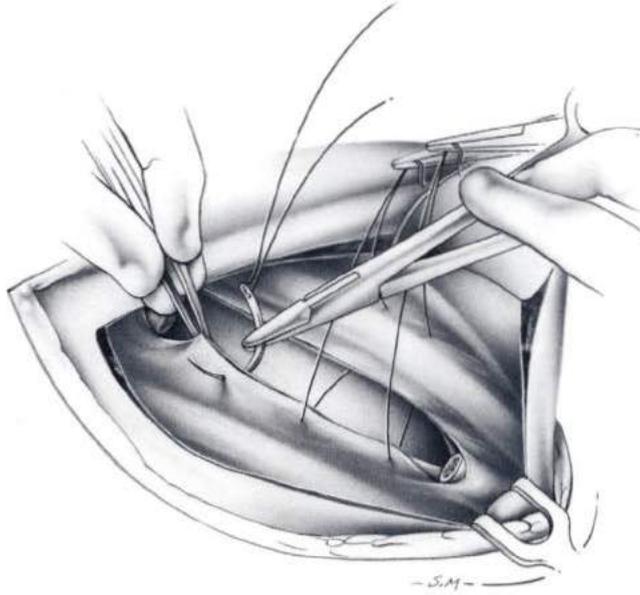


Abb. 1-27 Verschuß der Thorakotomie. Zustand nach Rippenresektion. In diesem Fall fassen die Nähte die obere Rippe und unten den Periostschlauch sowie die Interkostalmuskulatur.

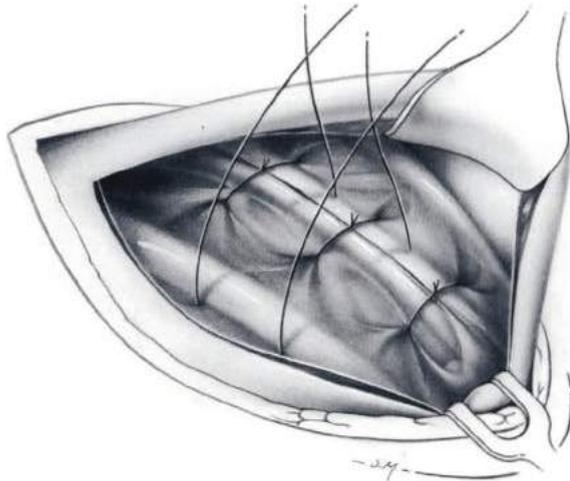


Abb. 1-29 Verschuß der Thorakotomie. Vorher gelegte Perikostalnähte, noch unverknotet.

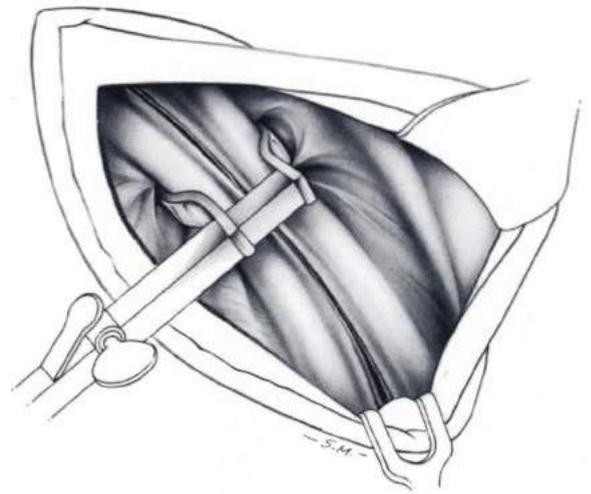


Abb. 1-28 Verschuß der Thorakotomie. Rippenapproximator nach Bailey.

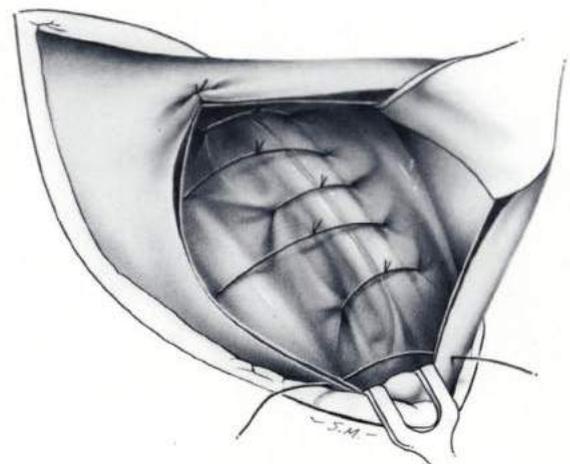


Abb. 1-30 Verschuß der Thorakotomie. Perikostalnähte geknotet.

Die interkostale Thorakotomie wird ohne Versuch der Naht der Interkostalmuskulatur nur durch 2 bis 3 Perikostalnähte verschlossen. Dabei muß nach Stechen der Perikostalnähte kontrolliert werden, ob die Stichstelle blut trocken ist.

Cave

Verletzungen der Interkostalgefäße beim Verschuß der Thorakotomie.

Nachblutungen aus angestochenen Interkostalarterien können zur Re-thorakotomie zwingen. Resektionen der angrenzenden Interkostalnerven werden heute kaum mehr vorgenommen.

Beim Verknoten der dicken, resorbierbaren Perikostalnähte muß berücksichtigt werden, daß besonders im vorderen Bereich der Interkostalraum klaffen bleibt. Ein luftdichter Verschuß wird durch diese Naht gar nicht angestrebt.

Die durchtrennte Muskulatur wird schichtweise durch Einzelknopfnähte oder fortlaufend mit resorbierbarem Material wieder adaptiert. Einzelne Subkutannähte (Abb. 1-31), besonders im vorderen Wundbereich der anterolateralen Thorakotomie, bewirken Luftdichtigkeit. Die Hautadaptation erfolgt am raschesten durch eine Klammernaht (Abb. 1-32), kann aber auch in üblicher Weise durch Einzelnähte oder fortlaufende Naht erreicht werden.

Sollten beim Aufspreizen des Thorax Rippenbrüche entstanden sein, erfolgt deren Versorgung durch die Perikostalnaht. Nur in das Thoraxinnere ragende Knochenspitzen müssen mit dem Luer abgetragen werden.

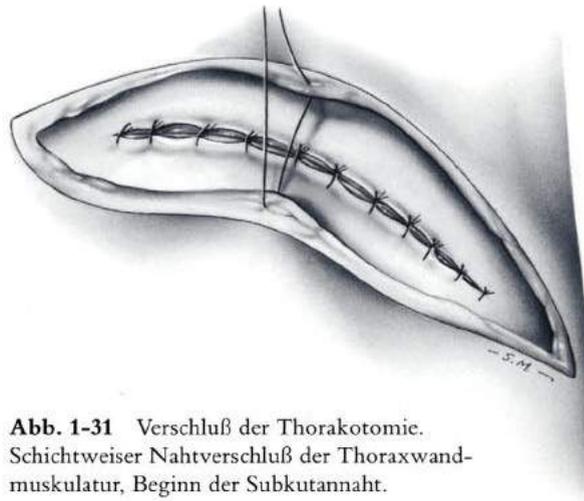


Abb. 1-31 Verschuß der Thorakotomie. Schichtweiser Nahtverschuß der Thoraxwandmuskulatur, Beginn der Subkutannaht.

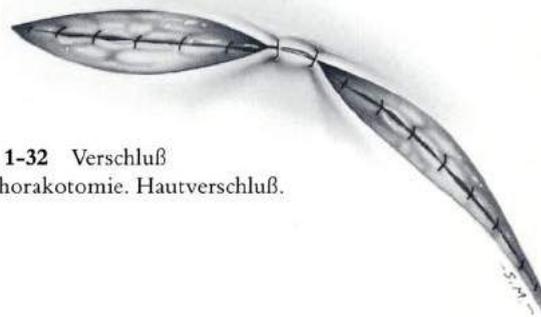


Abb. 1-32 Verschuß der Thorakotomie. Hautverschuß.

Sternotomien

Totale mediane Sternotomie

Die totale mediane Sternotomie als Zugang für Operationen am Herzen, im vorderen Mediastinum und für die Entfernung bilateraler Lungenmetastasen wird von einem medianen Hautlängsschnitt aus, der knapp unterhalb des Jugulums beginnt und bis ins Epigastrium reicht, durchgeführt. Ein S-förmig gebogener Hautschnitt, wie er von den Kinderchirurgen vielfach verwendet wird, soll günstigere Narbenverhältnisse ergeben: die mediane Narbe entwickelt häufig Keloide. Nach Durchtrennung der Subkutis wird das Sternumperiost mit der Diathermie median durchtrennt (Abb. 1-33). Besonders bei geplantem Einsatz der Herz-Lungen-Maschine ist exakteste Blutstillung durch Verschorfen angezeigt. Über den Processus xiphoideus hinaus wird die Linea alba abdominis mehrere Zentimeter lang median durchtrennt, wobei durch Abschieben des präperitonealen Fettgewebes die Eröffnung der Bauchhöhle vermieden wird. Im oberen Wundwinkel wird ein Haken eingesetzt, der die Einkerbung der Fascia colli in der Mittellinie ermöglicht. Mit dem Finger wird nun vom Jugulum aus hinter das Manubrium eingegangen und das Gewebe vom Periost stumpf abgedrängt. Das Periost der Incisura jugularis manubrii wird – unter Abdrängen des darunterliegenden Gewebes mit einem kleinen Stieltupfer – elektrisch inzidiert.

Beachte:

Dabei können stärkere Blutungen aus querverlaufenden Periostvenen und Venen des Arcus venosus juguli auftreten, die durch Koagulation versorgt werden müssen.

Eine oszillierende Sternumsäge mit Gleitschuh wird nun am Jugulum angesetzt (Abb. 1-34). Die Beatmung wird unterbrochen, um die Pleurablätter zurückfallen zu lassen und eine Pleuraeröffnung zu vermeiden. Die Säge wird nun in einem Zug von oben nach unten durchgezogen.

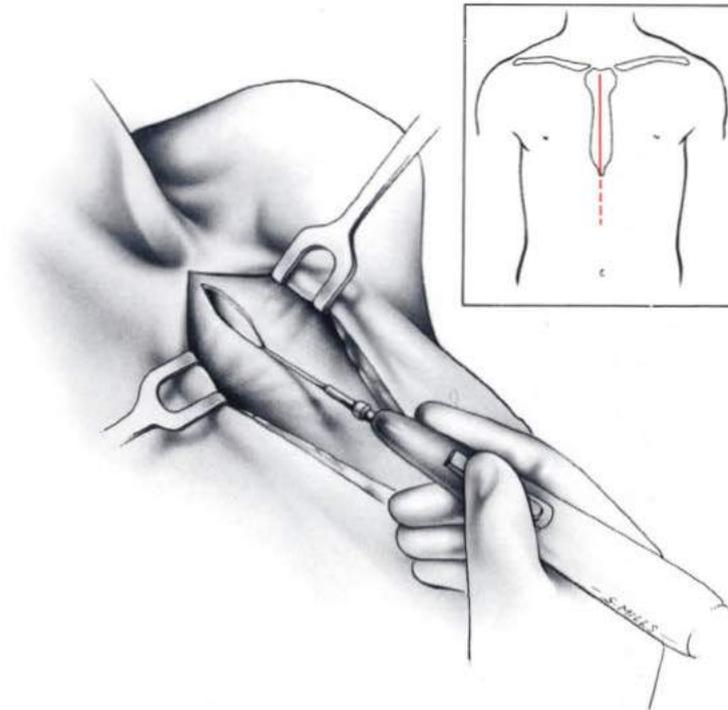


Abb. 1-33 Totale mediane Sternotomie. Hautschnitt, Durchtrennung des vorderen Sternumperiosts mit Diathermie.

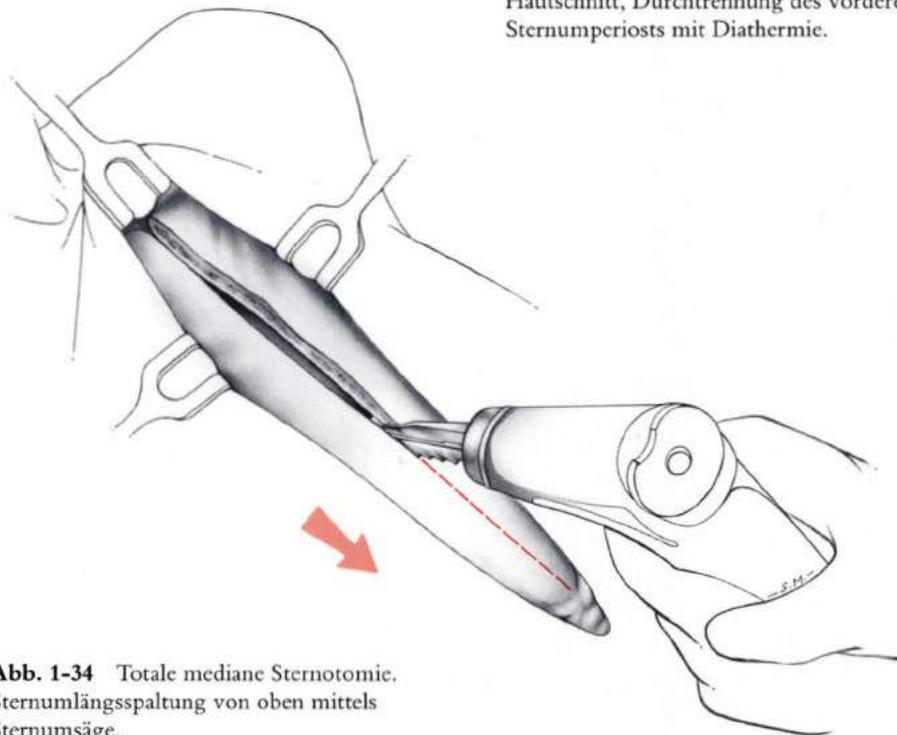


Abb. 1-34 Totale mediane Sternotomie. Sternumlängsspaltung von oben mittels Sternumsäge.

Cave

Unterbrechen der Beatmung beim Durchtrennen des Sternums, um eine Pleuraeröffnung zu vermeiden.

Mit Einzinkerhaken werden die Sternumränder auseinandergezogen und durch Wachsversiegelung die Markblutung gestillt. Blutende Periostgefäße werden koaguliert.

Beachte:

Am Übergang vom Corpus sterni zum Schwertfortsatz verläuft im vorderen Periost regelmäßig eine größere Vene, die koaguliert werden muß.

Die Sternotomie kann auch mit Hilfe des Lebsche-Meißels, der im Jugulum angesetzt wird, vorgenommen werden. Nun wird, nach Abdecken der Wundränder, ein Sternumspreizer eingesetzt und langsam aufgedreht (Abb. 1-35 und 1-36). Die Pleuraumschlagsfalten werden stumpf mit einem Präpariertupfer vom Thymusfettgewebe und dem Herzbeutel abgeschoben. Eine Längsspaltung der vorderen kurzen Halsmuskeln erleichtert den Spreizvorgang. Das Perikard sollte, falls eine Operation am Herzen vorgenommen werden soll, median inzidiert und dann längs gespalten werden, um durch die Spreizung bei bestehender Herzvergrößerung nicht eine Kompression der oberen Hohlvene zu setzen. Im Falle einer geplanten Pleuraeröffnung wird diese parallel zum Sternum im fast gefäßfreien, durchscheinenden retrosternalen Anteil längs inzidiert.

Bevorzugt man die Durchtrennung des Sternums von unten nach oben, so empfiehlt es sich, zunächst den Processus xiphoideus nach Inzision der Linea alba mit einer kräftigen Klemme zu fassen und nach vorn zu luxieren, worauf er mit kräftiger Schere amputiert wird. Er kann auch mit der Schere von unten nach oben median gespalten werden (Abb. 1-37). Mit dem Zeigefinger der rechten Hand wird dann hinter das Corpus sterni eingegangen; Zwerchfellansätze stumpf zur Seite schiebend, löst man sich das Perikard von der Sternumhinterwand ab. Die oszillierende Säge (in diesem Fall müssen der Schuh und die Sägezähne nach kopfwärts weisen) wird angesetzt und von unten nach oben zum Jugulum vorgeschoben (Abb. 1-38).

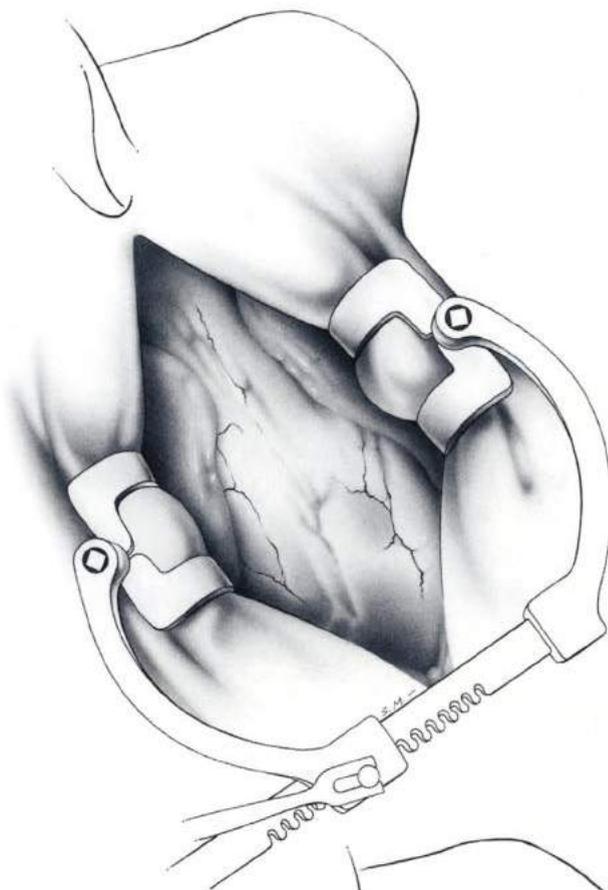


Abb. 1-36 Totale mediane Sternotomie. Der Sternumspreizer ist breit geöffnet, das Mediastinum liegt frei.

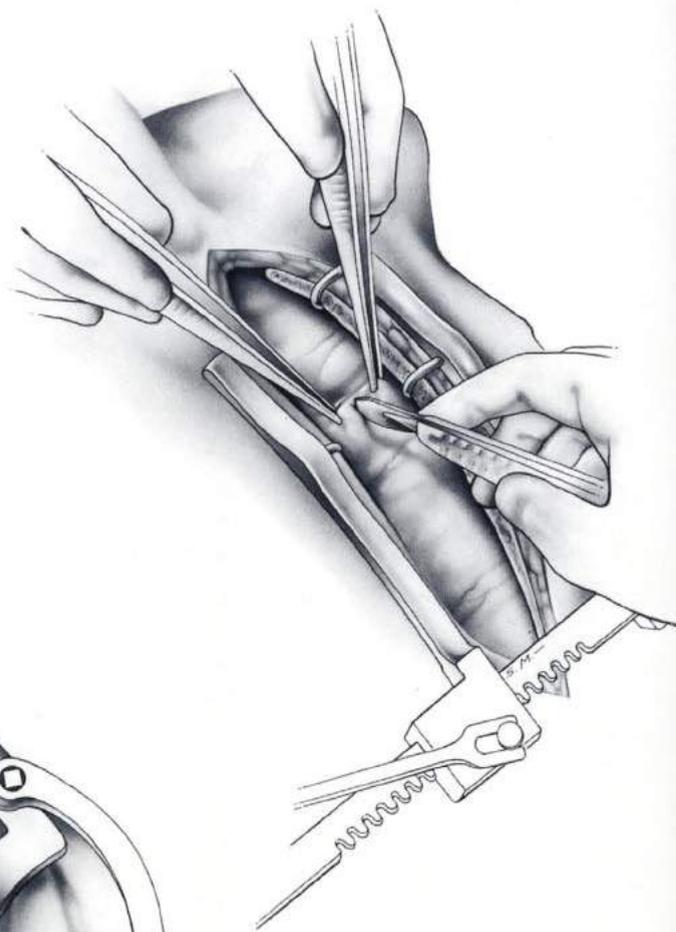


Abb. 1-35 Totale mediane Sternotomie. Der Sternumspreizer ist eingesetzt, die vordere Mediastinalfaszie wird über dem Thymus inzidiert.

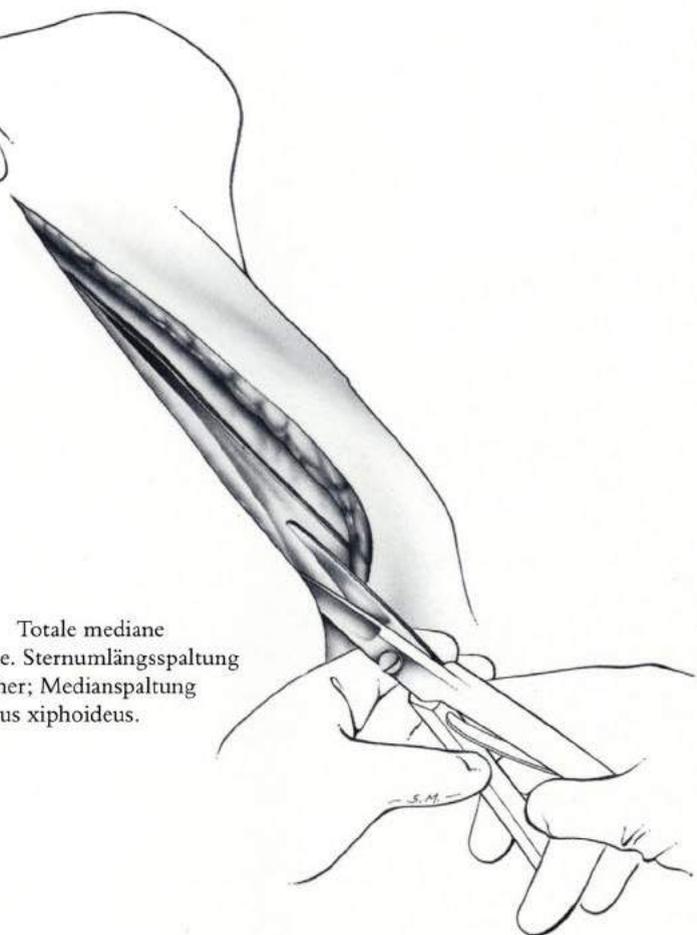


Abb. 1-37 Totale mediane Sternotomie. Sternumlängsspaltung von unten her; Medianspaltung des Processus xiphoideus.

Der Vorteil dieser Vorgangsweise ist, daß die Hautinzision nicht bis zum Jugulum nach oben reichen muß. Der Nachteil besteht in der schwierigeren Blutstillung von stark erweiterten Venen im Jugulumbereich bei Patienten mit zyanotischen Herzfehlern oder venöser Einflußstauung.

Der Verschuß der Sternotomie (im allgemeinen über einer retrosternalen Drainage, die im Epigastrium ausgeleitet wird) erfolgt durch 5 bis 6 durch die Sternumhälften etwa 1 cm vom Schnitttrand entfernt gestochene Nähte aus Draht oder resorbierbarem, synthetischem Nahtmaterial (Abb. 1-39a bis c). Beim Stechen dieser Nähte ist darauf zu achten, daß sie nicht parasternal gestochen werden und daß sie links und rechts in korrespondierender Höhe liegen (Abb. 1-40).

Cave
Verletzung der Mammariagefäße.

Durch Verdrehen des Drahtes (Zug an den klemmenbewehrten Drahtenden) oder Verknüpfen der Nähte gelingt die Adaptierung der Sternumränder problemlos. Die verdrehten Drahtenden werden etwa 1 cm lang belassen, mit einer Kocher-Klemme gebogen und niedergeklopft.

Die inzidierte Linea alba wird durch mehrere Einzelknopfnähte adaptiert. Die Naht der Subkutis erfolgt fortlaufend oder einzeln, der Hautverschluß durch Klammern, Einzelknopf- oder fortlaufende Naht oder auch Intrakutannaht.

Die Sternotomie beim Säugling oder Kleinkind kann im allgemeinen mittels kräftiger Schere nach digitaler Mobilisierung des Retrosternalraumes erfolgen. Die früher bei Kindern verwendete Gigli-Säge hat nur mehr historische Bedeutung.

Sternotomien, die im Kleinkindesalter ausgeführt wurden, heilen gelegentlich unter zunehmender Ausbildung einer Kielbrust ab. Dieser Nachteil muß aufgrund des günstigen Zuganges in Kauf genommen werden.

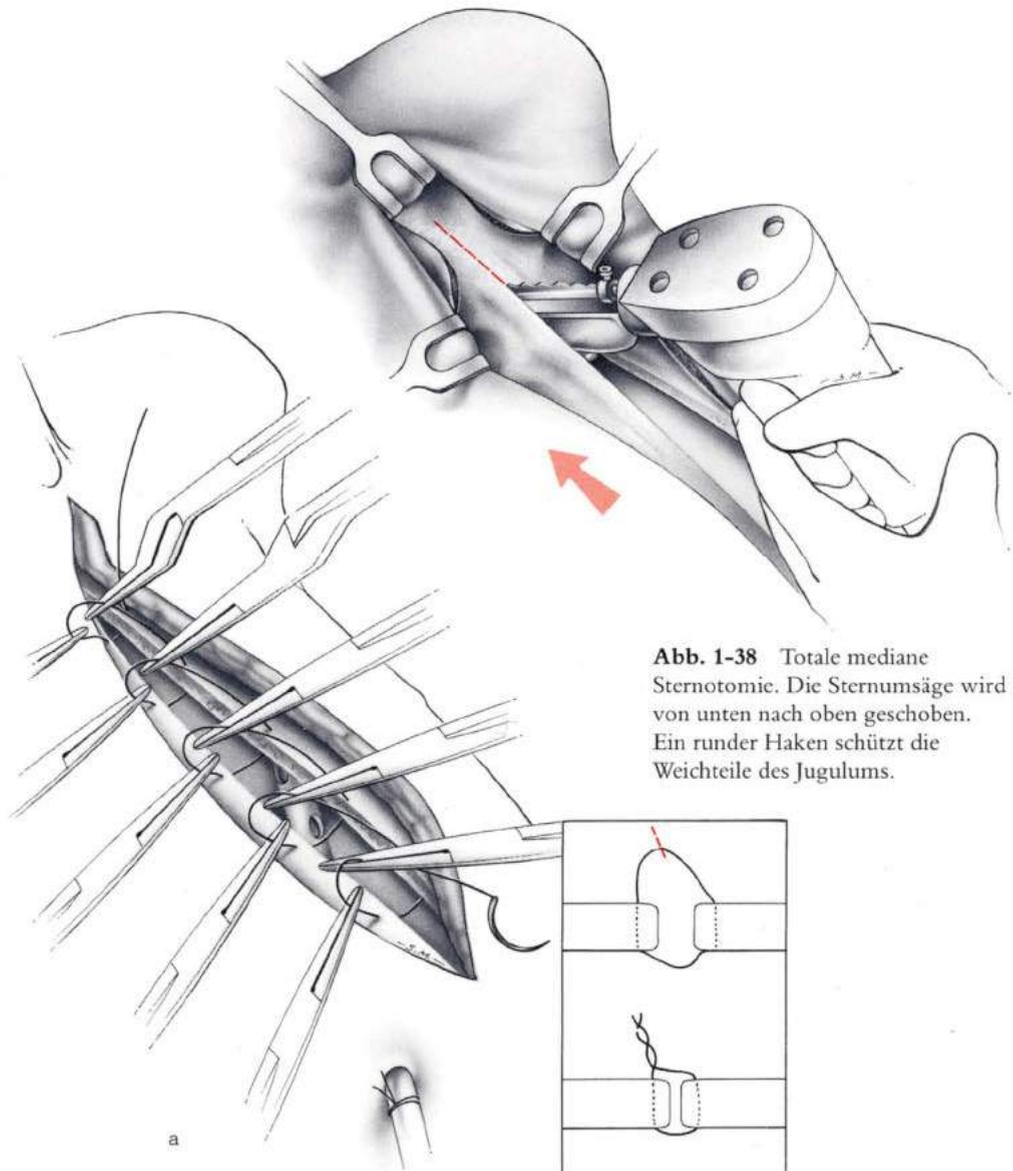


Abb. 1-38 Totale mediane Sternotomie. Die Sternumsäge wird von unten nach oben geschoben. Ein runder Haken schützt die Weichteile des Jugulums.

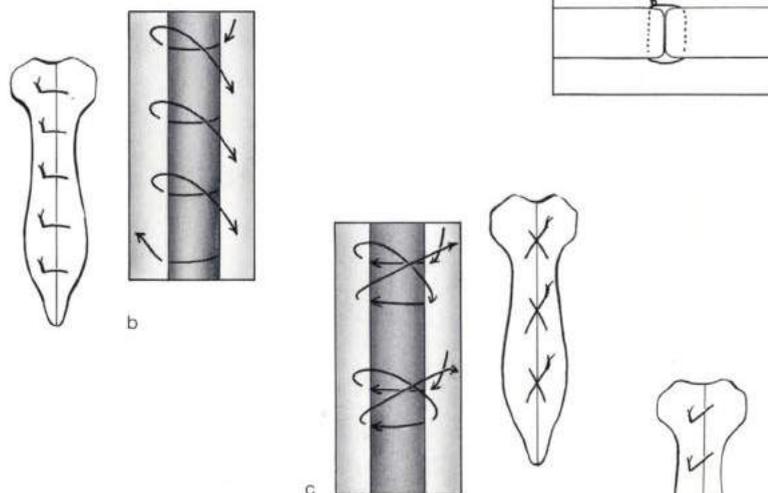
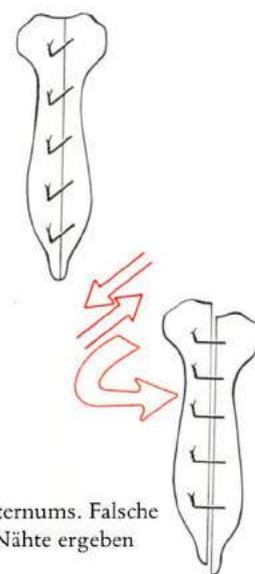


Abb. 1-39a und b Verschuß des Sternums. Einzeldrahtnähte, eventuell fortlaufend gestochen; der ventrale Teil der lockeren Drahtschlinge wird vor dem Verdrehen durchtrennt.
Abb. 1-39c Verschuß des Sternums. Achternäht-Technik.

Abb. 1-40 Verschuß des Sternums. Falsche Technik. Schräg gestochene Nähte ergeben keine sichere Adaptation!



Obere partielle Sternotomie

Die obere partielle Sternotomie eignet sich für Eingriffe im oberen vorderen Mediastinum, zum Beispiel für die Thymektomie bei Myasthenie, wo der postoperativen Sternumstabilität besondere Bedeutung zukommt. Als Ergänzung zum medianen Hautschnitt über dem Manubrium kann ein T-förmig aufgesetzter Kragenschnitt fingerbreit oberhalb des Jugulums den Zugang beträchtlich verbessern (Abb. 1-41).

Nach stumpfer Fingermobilisierung retrosternal vom Jugulum aus wird entweder mit der oszillierenden Säge (Abb. 1-41) oder dem Lebsche-Meißel das Manubrium median gespalten. Durch nahe dem Jugulum eingesetzte Einzinker werden die Knochenränder auseinandergezogen (Abb. 1-42) und ein kleiner, starker Thoraxspreizer eingesetzt (Abb. 1-43). Meist frakturiert während des Spreizvorganges die Corpus-Manubrium-Verbindung einer Seite.

Der Verschluss der partiellen Sternotomie erfolgt mit 1 bis 2 Sternumnähten mit resorbierbarem Nahtmaterial oder Draht, eine retrosternale Redon-Drainage wird im Jugulum rechts durch Stich ausgeleitet.

Untere partielle Sternotomie

Die untere partielle Sternotomie kann bei Patienten mit chronischer oder rezidivierender Perikardtamponade als Zugang gewählt werden.

Es wird ein medianer Hautschnitt über dem unteren Teil des Sternums bis in das Epigastrium gesetzt. Nach Durchtrennung des vorderen Periosts mit Diathermie wird der Processus xiphoideus mit kräftiger Schere gespalten und nach stumpfer, retrosternaler Fingermobilisierung mit der Schere oder der oszillierenden Säge das Corpus sterni median durchtrennt. Mit kräftigem Thoraxspreizer werden die Sternumränder etwa 5–8 cm auseinandergedrängt, wodurch die Vorderwand des Herzbeutels freiliegt.

Der Verschluss dieser unteren partiellen Sternotomie erfolgt nach

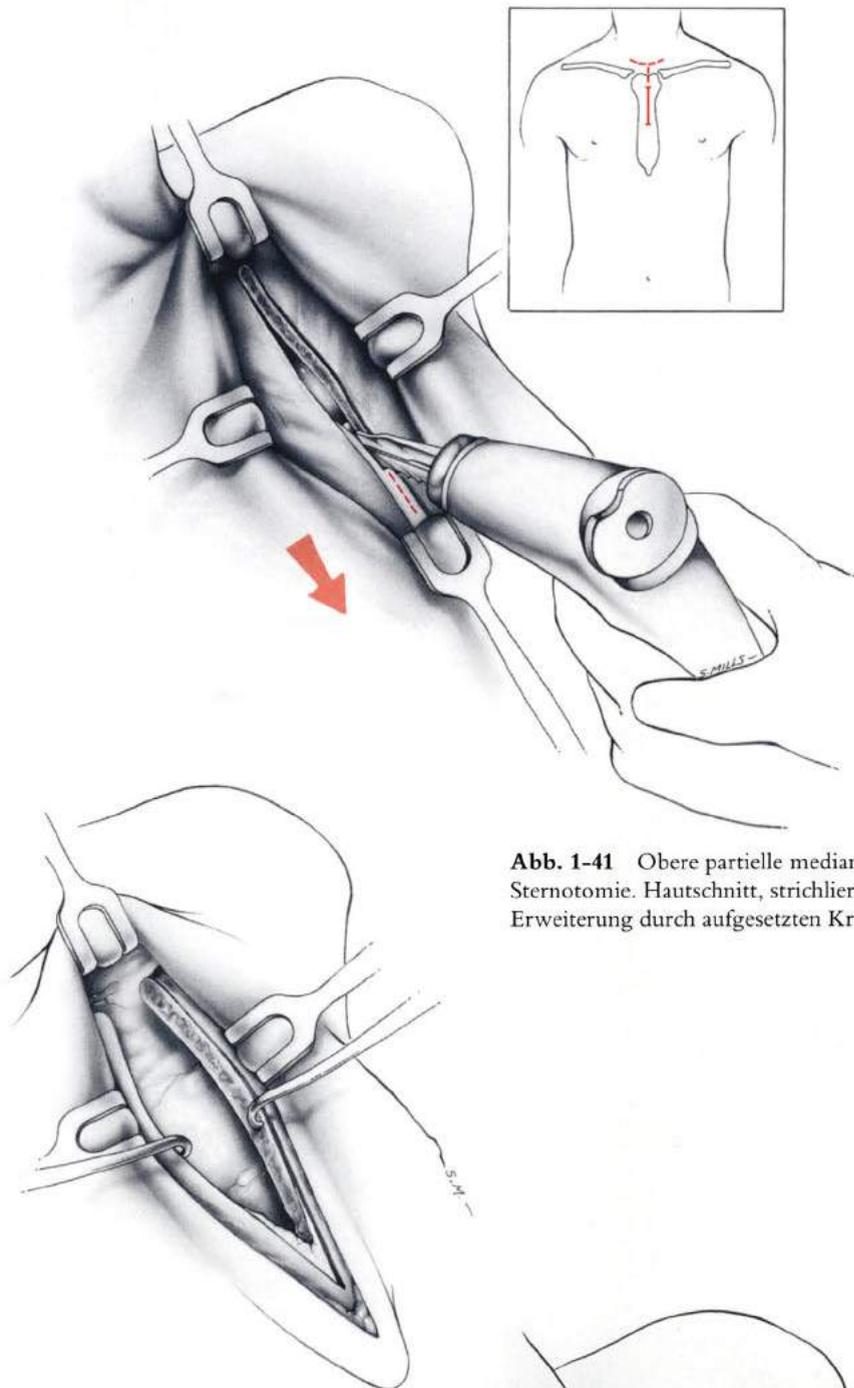


Abb. 1-41 Obere partielle mediane Sternotomie. Hautschnitt, strichliert eventuelle Erweiterung durch aufgesetzten Kragenschnitt.

Abb. 1-42 Obere partielle mediane Sternotomie. Auseinanderziehen der Sternumränder mit kräftigem Einzinkerhaken.

Einlegen eines retrosternalen Drains, welcher im unteren Wundpol ausgeleitet wird, durch 2 Sternumnähte aus Draht oder resorbierbarem Nahtmaterial.

Der Vorteil ist – wie bei der oberen partiellen Sternotomie – die Erhaltung der Brustkorbstabilität, wodurch die Atmung postoperativ weitgehend schmerzfrei ermöglicht wird.

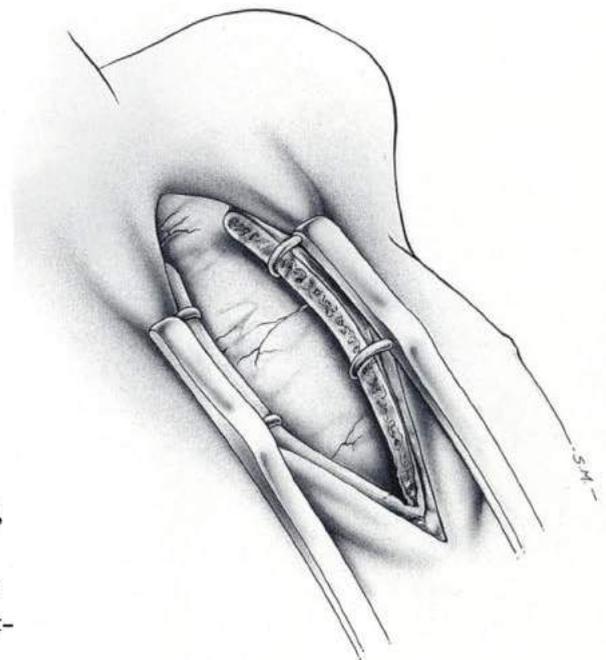


Abb. 1-43 Obere partielle mediane Sternotomie. Der Sternumspreizer ist eingesetzt, das obere Mediastinum liegt frei.

Bilaterale transsternale Thorakotomie

Die bilaterale transsternale Thorakotomie vereinigt guten Zugang zu Mediastinum und beiden Lungen mit kosmetisch günstigen Narbenverhältnissen. Der Eingriff ist aber aufwendiger – insbesondere im Hinblick auf die zur Blutstillung erforderliche Zeit – und durch die bilaterale Thorakotomie für den Patienten belastender.

Der Hautschnitt verläuft, in der Submammärfalte einer Seite beginnend, bogig nach oben zur Sternummitte und wieder absteigend zur gegenseitigen Submammärfalte (Abb. 1-44). Auf die Durchtrennung der unteren medialen Teile des M. pectoralis major beiderseits folgt eine Mobilisierung des oberen Weichteilmantels von der knöchernen Brustwand. Im gewünschten Interkostalraum (3. bis 5. ICR) wird auf einer Seite die Pleurahöhle eröffnet. Parasternal werden die Mammariagefäße aufgesucht und zwischen Klemmen und Ligaturen durchtrennt (Abb. 1-45).

Nach entsprechendem Vorgehen auf der Gegenseite wird das Brustbein mit einer Knochenschere (Abb. 1-46) quer oder winkelig durchtrennt; die winkelige Durchtrennung hat den Vorteil, daß durch die Sternumnaht eine stabilere, nicht seitenverschiebliche Verbindung geschaffen wird. Die Eröffnung des Interkostalraumes kann je nach durchzuführender Operation rechts oder links in verschiedener Höhe erfolgen; entsprechend wird das Sternum dann schräg winkelig durchtrennt. Nach Einsetzen von Thoraxspreizern beiderseits sollten zunächst die Mammariagefäße noch durch Durchstichligatur gesichert werden.

Der Verschluß der Thorakotomie erfolgt durch 2 Sternumnähte (bei winkelliger Durchtrennung erfolgt die Adaptierung ohne Seitenverschiebung) und je nach Ausdehnung des Schnittes nach lateral durch eine oder zwei Perikostalnähte beiderseits (Abb. 1-47). Selbstverständlich müssen beide Thoraxhöhlen in üblicher Weise drainiert werden; eine retrosternale Drainage erübrigt sich.

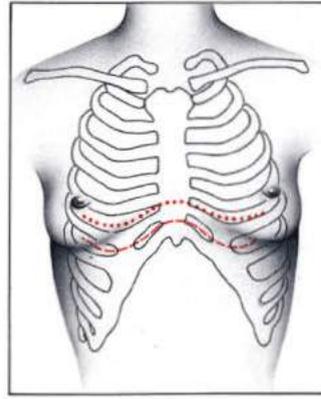


Abb. 1-44 Bilaterale transsternale Thorakotomie. Hautschnitt (strichlierte Linie), Interkostalschnitt und Sternumdurchtrennung (punktlierte Linie).

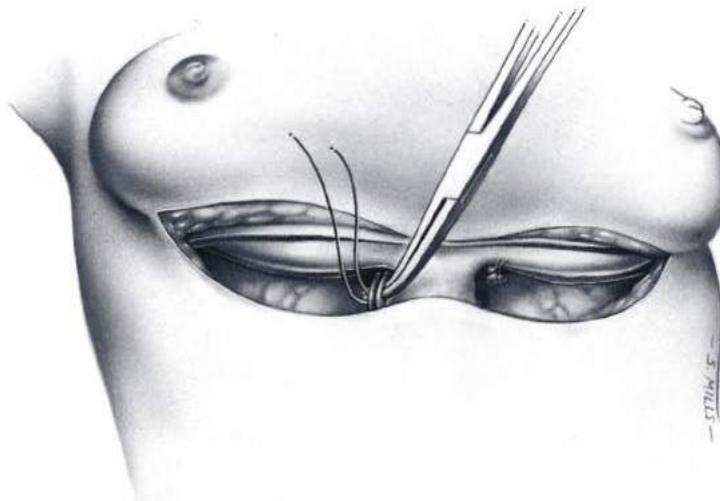


Abb. 1-45 Bilaterale transsternale Thorakotomie. Unterfahrung der Mammariagefäße rechts.

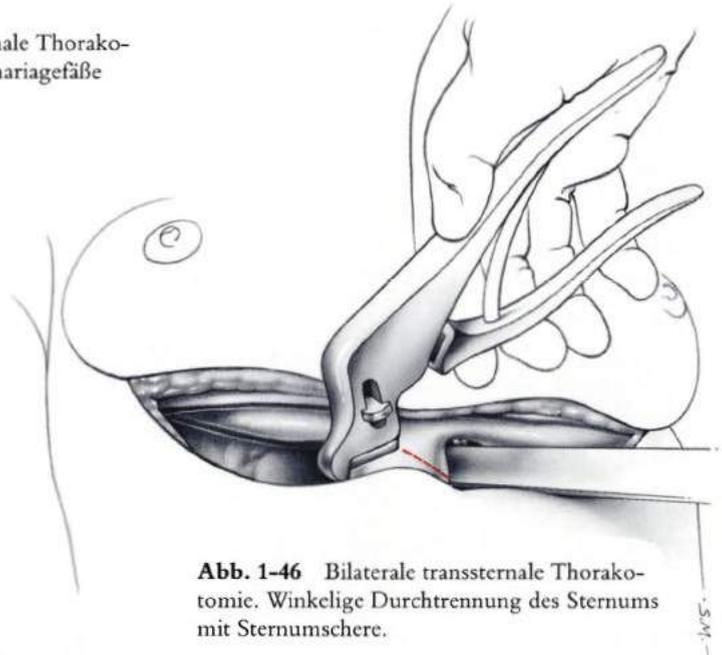


Abb. 1-46 Bilaterale transsternale Thorakotomie. Winkelige Durchtrennung des Sternums mit Sternumschere.

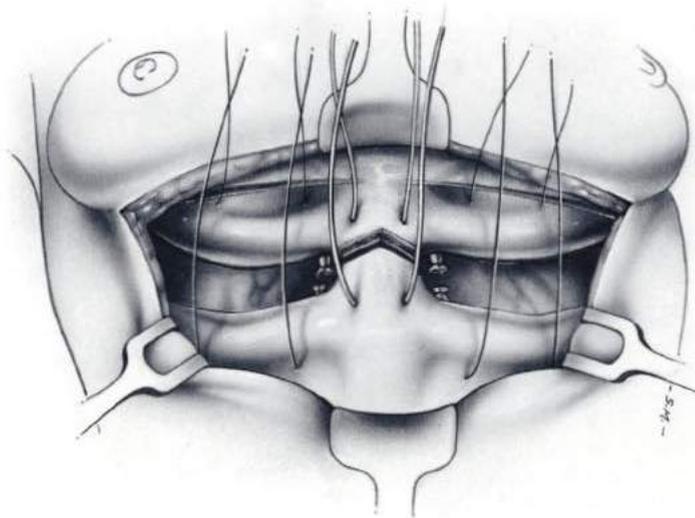


Abb. 1-47 Verschluß der bilateralen transsternalen Thorakotomie. 2 Sternumdrähte, 2 Perikostalnähte auf jeder Seite.

Mediastinotomien

Diese Eingriffe haben heute fast nur mehr im Zusammenhang mit eitrigen Erkrankungen des Mittelfellraumes und zur Entlastung eines Mediastinal-empysems Bedeutung.

Kollare Mediastinotomie

Die kollare Mediastinotomie ist bei massivem Mediastinalempysem als akut lebensrettende Maßnahme indiziert.

Der Eingriff – er entspricht in seiner Technik dem Zugang für die Mediastinoskopie (siehe Kapitel 5, Abschnitt „Kollare Mediastinotomie“) – kann in Lokalanästhesie vorgenommen werden, wobei die Infiltration von Haut und Subkutis ausreicht.

Etwa 1 Querfinger oberhalb des Brustbeinrandes wird in der Jugularregion ein mehrere Zentimeter langer Kragenschnitt angelegt. Nach Durchtrennung der Fascia colli superficialis in der Medianebene – dabei muß meist eine knapp oberhalb des Sternumrandes quer verlaufende, gestaute Vene des Arcus venosus juguli zwischen Klemmen durchtrennt werden – wird die darunterliegende Linea alba colli längs inzidiert. Nun kann der Zeigefinger hinter das Brustbein eingeführt werden; die unter Druck stehende Luft entweicht aus dem Mediastinum. Die Wunde wird durch einen Drain offengehalten, der Verband sollte den Luftaustritt keinesfalls behindern.

Parasternale Mediastinotomie

Die parasternale Mediastinotomie kann außer zur Entlastung von Eiterherden im vorderen Mediastinum und für Tumorbiopsien, bei tiefer Anlage links auch für die Implantation von myokardialen Herzschrittmacherelektroden verwendet werden.

Der Hautschnitt verläuft parasternal beginnend leicht bogenförmig nach unten außen. Der sternale Ansatz der Rippenknorpel der entsprechenden Höhe wird freigelegt, 2 bis 3 Rippenknorpel werden reseziert. Die Mammariagefäße werden oben und unten durch Umstechung unterbunden; blutende Interkostalgefäße werden ligiert oder umstochen. Die Pleura wird stumpf zur Seite abgeschoben, und der Zugang zum Mediastinum ist frei.

Bei vorgesehener Implantation von Schrittmacherelektroden wird der Herzbeutel inzidiert und an einer gefäßfreien Stelle der einsehbaren linken Herzkammerwand eine Schraubelektrode eingebracht. Die Elektrode muß nach intraperikardialer Schleifenbildung subkutan zur Schrittmacherloge geführt werden. Die Herzbeutelinzision wird nicht verschlossen.

Paravertebrale Mediastinotomie

Die paravertebrale Mediastinotomie ist bei paraösophageal gelegenen Abszessen nach Ösophagusverletzung oder zur Drainage von prävertebralen spondylitischen Abszessen indiziert.

Beachte:

Die präoperative genaue Höhenbestimmung (Röntgen, CT) ist von größter Bedeutung.

Der Zugang sollte, um Verletzungen der deszendierenden Aorta zu vermeiden, möglichst von rechts her erfolgen.

Der Patient wird in Seitenlage überstreckt oder in Bauchlage gelagert. Der Hautschnitt verläuft etwa 2 Querfinger paravertebral, unten, entsprechend dem Verlauf der zu resezierenden Rippe, bogig abbiegend. Durchtrennung der Muskelansätze paravertebral (M. trapezius und M. rhomboideus, weiter unten M. latissimus dorsi). Der M. longissimus wird nach Längsspaltung der Fascia lumbodorsalis mit Haken nach medial gehalten; darunter kommen die Querfortsätze mit den Kostotransversalgelenken zum Vorschein. Nun erfolgt die subperiostale Durchtrennung der Rippe etwas lateral des Angulus, das Kostotransversalgelenk wird mit kräftigem Skalpell oder Meißel durchtrennt, und nach weiterem Abschieben des Periosts in Richtung Rippenköpfchen kann durch drehende Bewegung der proximale Rippenanteil entfernt werden. Der Querfortsatz wird nun mit dem Luer abgetragen. Damit ist der Weg zum hinteren Mediastinum nach Inzision des Rippenhalsperiosts frei. Bei erforderlicher Resektion mehrerer Rippen sollte die dazwischenliegende Interkostalmuskulatur mit dem Gefäßnervenbündel zwischen Ligaturen durchtrennt werden.

Weiterführende Literatur

1. Baumgartl, F., E. Hoffmann: Allgemeine Technik der Operationen am und im Thorax. In: Bier, Braun, Kümmell: Chirurgische Operationslehre, 8. Aufl., Bd. III/1. Barth, Leipzig 1971
2. Denck, H.: Eingriffe an der Brustwand. In: Breitner, B.: Chirurgische Operationslehre, Bd. II, Beitrag 6. Urban & Schwarzenberg, Wien 1955
3. Derra, E.: Handbuch der Thoraxchirurgie. Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1959
4. Derra, E., H. Franke: Die Chirurgie des Herzens und seiner großen Gefäße. In: Gschnitzer, F., E. Kern, L. Schweiberer (Hrsg.): Breitner, B.: Chirurgische Operationslehre, Bd. III, Beitrag 1. Urban & Schwarzenberg 1983
5. Goodman, G., G. M. Palatianos, H. Bolooki: Technique of closure of median sternotomy with transsternal figure-of-eight wires. J. cardiovasc. Surg. 27 (1986) 512
6. Humphrey, E. W., D. Lawrence McKeown: Manual of Pulmonary Surgery. Springer, New York-Heidelberg-Berlin 1982
7. Kleinschmidt, O.: In: Kirschner, M.: Allgemeine und spezielle Operationslehre, Bd. III, 3. Teil. Springer, Berlin 1940
8. Kraft-Kinz, J., G. Friehs: Eingriffe am Mediastinum. In: Gschnitzer, F., E. Kern, L. Schweiberer (Hrsg.): Breitner, B.: Chirurgische Operationslehre, Bd. VI, Beitrag 7. Urban & Schwarzenberg, München-Berlin-Wien 1975
9. Pichlmaier, H.: Thoraxchirurgie. In: Pichlmaier, H., F. W. Schildberg (Hrsg.): Kirschner, M.: Allgemeine und spezielle Operationslehre, Bd. VI, Teil 1. Springer, Berlin-Heidelberg-New York-London-Paris-Tokyo 1987
10. Sanfellippo, P. M., G. K. Danielson: Complications associated with median sternotomy. J. thorac. cardiovasc. Surg. 63 (1972) 419
11. Taber, R. E., J. Madaras: Prevention of sternotomy wound disruptions by use of figure of eight pericostal sutures. Ann. thorac. Surg. 8 (1969) 367
12. Wolfart, W., U. Seith: Eingriffe an den Lungen. In: Breitner, B.: Chirurgische Operationslehre, Bd. II, Beitrag 7. Urban & Schwarzenberg, Wien 1955

2 Eingriffe bei Erkrankungen der Lungen und des Bronchialsystems sowie der Pleura

Chirurgie der Lungen und der Bronchien*

D. Kaiser

Präoperative Maßnahmen	27
<i>Abklärung des Operationsrisikos</i>	27
Pulmonales Risiko	27
Kardiales Risiko	28
Allgemeine Risikofaktoren	28
<i>Interventionelle Diagnostik</i>	28
Bronchoskopie	28
Flexible Bronchoskopie 29 – Starre Bronchoskopie 30	
Bronchographie	31
Transthorakale Punktion	32
Stanzbiopsie mit der Spreiznadel nach Hausser 33 – Feinnadelbiopsie 33	
Pleurapunktion	33
Pleurastanzbiopsie	34
Thorakoskopie	35
Thorakoskopie nach Jakobäus 35 – Chirurgische Thorakoskopie 35	
Offene Lungenbiopsie	36
<i>Vorbehandlung bei Risikopatienten</i>	37
Krankengymnastik	37
Medikamentöse Therapie	37
Topographische Anatomie	38
<i>Lappenaufbau der Lunge</i>	38
<i>Segmentaufbau der Lunge</i>	39
<i>Bronchialbaum</i>	40
Rechter Bronchialbaum	40
Linker Bronchialbaum	40
Varianten des Bronchialbaums	40
Varianten des rechten Bronchialbaums 40 – Varianten des linken Bronchialbaums 41	
<i>Lungenhilus</i>	41
<i>Pulmonalarterien</i>	42
Rechte Pulmonalarterie	42
Linke Pulmonalarterie	42
Varianten der Pulmonalarterien	43
Varianten der rechten Pulmonalarterie 43 – Varianten der linken Pulmonal- arterie 43	
<i>Pulmonalvenen</i>	44
Rechte Pulmonalvene	44
Linke Pulmonalvene	44
Varianten der Pulmonalvenen	45
Varianten der rechten Pulmonalvene 45 – Varianten der linken Pulmonalvene 45	

* Neubearbeitung des Beitrags 7 „Eingriffe an den Lungen“ der Breitnerschen Operationslehre, Band II, 1. Aufl., von Prof. Dr. Wilhelm Wolfart und PD Ursula Seith

<i>Bronchialarterien</i>	46
Varianten der Bronchialarterienversorgung	46
<i>Lymphabflußwege</i>	46
Allgemeine Operationstechnik	47
<i>Intubation</i>	47
<i>Operationsinstrumentarium</i>	48
<i>Nahtmaterialien</i>	48
<i>Lösung von Adhäsionen</i>	49
<i>Extrapleurales Vorgehen</i>	50
<i>Gefäßpräparation und Gefäßversorgung</i>	50
Gefäßpräparation	50
Gefäßligatur	51
Sicherung des Pulmonalarterienstammes	51
Offene Segmentarterienresektion	52
Zentraler Gefäßverschluß durch Naht	52
Gefäßanastomose	53
Beherrschung einer Blutung	53
<i>Präparation der Bronchien</i>	54
Bronchusstumpfverschluß	54
Bronchusverschluß nach Overholt 55 – Bronchusverschluß nach Klinkenbergh 55 – Bronchusverschluß nach Sweet und Nissen 55 – Bronchusverschluß mit der Nahtmaschine 56	
Dichtigkeitsprüfung des Bronchusstumpfes	57
Deckung des Bronchusstumpfes	57
Deckung mit Pleura 57 – Deckung mit gestieltem Muskellappen 57	
<i>Bronchusanastomose</i>	57
<i>Versorgung des Lungenparenchyms</i>	59
Spezielle Operationstechnik	60
<i>Vorbemerkungen</i>	60
<i>Rechtsseitige Resektionen</i>	60
Pneumonektomie rechts	60
Intraperikardiale Gefäßversorgung rechts 64	
Resektion des rechten Oberlappens	66
Klassisches Vorgehen 66 – Vorgehen bei zentralem Tumorsitz 69	
Resektion des Mittellappens	70
Obere Bilobektomie	72
Resektion des rechten Unterlappens	73
Untere Bilobektomie	75
<i>Linksseitige Resektionen</i>	77
Pneumonektomie links	77
Intraperikardiale Gefäßversorgung links 79	
Resektion des linken Oberlappens	80
Klassisches Vorgehen 80 – Vorgehen bei verlötetem Interlobium oder fehlender Hauptspalte 82 – Vorgehen bei zentralem Tumorsitz 83	
Resektion des linken Unterlappens	84
<i>Segmentresektionen</i>	86
Vorbemerkungen	86
Resektion der rechten Oberlappensegmente	86
Resektion des apikalen Oberlappensegmentes rechts 87 – Resektion des posterioren Oberlappensegmentes rechts 88 – Resektion des anterioren Oberlappensegmentes rechts 89	
Resektion der Mittellappensegmente	90
Resektion der rechten Unterlappensegmente	90
Resektion der Unterlappenspitze rechts 90 – Resektion der basalen Unterlappensegmente rechts 92 – Resektion einzelner basaler Unterlappensegmente rechts 93	

Resektion der linken Oberlappensegmente	93
Resektion des apikalen Oberlappensegmentes links 94 – Resektion des posterioren Oberlappensegmentes links 95 – Resektion des apikoposterioren Oberlappensegmentes links 96 – Resektion des anterioren Oberlappensegmentes links 97 – Resektion der apikalen Segmentgruppe des linken Oberlappens 98 – Resektion der Lingula 99	
Resektion der linken Unterlappensegmente	100
Resektion der Unterlappenspitze links 100 – Resektion der basalen Unterlappensegmente links 101 – Resektion einzelner basaler Unterlappensegmente links 102	
<i>Keilresektion</i>	102
Klassische Keilresektion	102
Keilresektion mittels Nahtmaschine GIA TM	103
Keilresektion mittels Nahtmaschinen TA TM 90 und TA TM 55	103
<i>Klemmenresektion</i>	104
<i>Pulmotomie</i>	104
<i>Bronchoplastische Resektionen</i>	105
Bronchotomie	105
Bronchusteilresektion und Bronchusteilersatz	105
Manschetten(Sleeve)-Resektionen	106
Hauptbronchusmanschettenresektion 106 – Oberlappenmanschettenresektion rechts 107 – Mittellappenmanschettenresektion 108 – Unterlappenmanschettenresektion rechts 109 – Untere Manschettenbilobektomie rechts 110 – Oberlappenmanschettenresektion links 111 – Unterlappenmanschettenresektion links 112	
<i>Pleurolobektomie und Pleuropneumonektomie</i>	114
Pleurolobektomie	114
Pleuropneumonektomie	114
<i>Nachresektionen</i>	115
<i>Reinterventionen wegen früher postoperativer Komplikationen</i>	115
Reintervention wegen Nachblutung	115
Reintervention wegen akuter Bronchusstumpfsuffizienz	116
Nach Segmentresektion 116 – Nach Lappenresektion 116 – Nach Pneumonektomie 118	
Reintervention wegen Bronchusanastomoseninsuffizienz	118
Reintervention wegen Parenchymfisteln	118
<i>Pleuraempyem nach Pneumonektomie</i>	119
Ohne Bronchusfistel	119
Mit Bronchusfistel	119
<i>Resthöhle nach Lobektomie</i>	120
Sterile Resthöhle ohne Bronchusfistel	120
Infizierte Resthöhle ohne Bronchusfistel	120
Infizierte Resthöhle mit Bronchusfistel	120
<i>Anlage eines Thoraxfensters zur Tamponade</i>	120
<i>Jalousieplastik nach Heller</i>	122
<i>Muskellappenplastik</i>	124
Verwendung des M. erector trunci	124
Verwendung der Skapularmuskulatur	125
Muskellappenplastik nach Kirschner	125
Operationsverfahren bei speziellen Erkrankungen	126
<i>Spontanpneumothorax</i>	126
<i>Großbullöses Emphysem</i>	127
<i>Echinokokkuszysten</i>	127
Zystenenukleation	128
Perizystektomie nach Perez-Fontana	128
<i>Ausbrecherkrebs</i>	129
<i>Pancoast-Tumoren</i>	129
<i>Lungenmetastasen</i>	131
Weiterführende Literatur	132

Chirurgische Behandlung pleuraler Veränderungen

H. Denck

Entlastungseingriffe an der Pleura	133
<i>Vorbemerkungen</i>	133
<i>Indikation und Methodenwahl</i>	133
<i>Pleurapunktion</i>	134
<i>Thoraxdrainage</i>	135
Indikation und Methodenwahl	135
Besonderheiten postoperativer Drainagen nach thoraxchirurgischen Eingriffen ...	137
Nachsorge und Drainageentfernung	137
Fehler und Gefahren der Bülow-Drainage	138
Fehler bei der Indikationsstellung 138 – Mangelhaftes Instrumentarium 138	
Komplikationen der Pleuradrainage	138
Entfernung der Drainage	138
Dekortikation	139
<i>Indikation</i>	139
<i>Operatives Vorgehen</i>	139
<i>Postoperative Komplikationen</i>	142
Chylothorax	142
Nachblutung	142
Weiterführende Literatur	142

Chirurgie der Lungen und der Bronchien

D. Kaiser

Meiner Ehefrau Simone und meinen
Kindern gewidmet

Präoperative Maßnahmen

Abklärung des Operationsrisikos

Pulmonales Risiko

Die Überlebenschancen eines Patienten nach einem lungenresezierenden Eingriff werden vor allem durch die ihm postoperativ verbleibende Restfunktion limitiert. Diese möglichst exakt zu prognostizieren ist eine wesentliche Voraussetzung, um das funktionelle Operationsrisiko beurteilen und das entsprechende Operationsverfahren auswählen zu können.

Als Basisuntersuchung zur Beurteilung des pulmonalen Risikos gilt die Spirometrie oder noch besser die Ganzkörperplethysmographie.

Die FEV₁ bietet von allen Lungenfunktionsparametern die größte statistische Sicherheit hinsichtlich einer Aussage über das Ausmaß der Atemwegsobstruktion und der Restriktion, die Instabilität der Atemwege sowie die Kooperationsbereitschaft des Patienten.

Bei Patienten mit zentralen malignen Tumoren oder bei Patienten mit entzündlichen Pleuraerkrankungen nehmen auch nicht befallene Lungenbezirke nicht mehr am Gasaustausch teil. Mittels quantitativer regionaler Auswertung der Lungenperfusionsszintigraphie gelingt es, durch Verknüpfung mit der FEV₁ die postoperativ zu erwartende Restfunktion nach folgender Formel abzuschätzen:

$$\text{FEV 1 postoperativ} = \frac{\text{FEV 1 präoperativ} \cdot (100 - A - k \cdot B)}{100} \quad [1]$$

Hierbei stellt

A die Perfusion des zu resezierenden Lungenanteils in Prozent der Gesamtlunge dar.

B entspricht der Perfusion des auf der zu operierenden Seite verbleibenden Lungenanteils in Prozent der Gesamtlunge.

Der Faktor $k = 0,37$ wird in die Formel eingearbeitet, da in der postoperativen Phase die verbleibenden Lungenanteile B auf der operierten Seite durch den Operationsschmerz, die intraoperative Traumatisierung sowie die liegenden Pleuradrainagen in ihrer Funktion deutlich eingeschränkt sind.

Beachte:

Bei einem postoperativ zu erwartenden FEV₁ von > 1 l bis 1,4 l ist das pulmonale Operationsrisiko erhöht. Für Lobektomien und Pneumonektomien gelten Patienten mit einer postoperativ zu erwartenden FEV₁ von < 1 l als inoperabel. Segment- und Keilresektionen sind bei einer postoperativ zu erwartenden FEV₁ von 0,8–0,9 l im Einzelfall noch vertretbar.

Die Blutgasanalyse in Ruhe gibt Auskunft über den Säurebasenhaushalt und über das Vorliegen einer Hypoxämie oder Hyperkapnie. Die operativen Meßwerte sind zur Bewertung der intraoperativen und postoperativen Analysen wichtig. Belastungsuntersuchungen mit Messung der Blutgase und *spiroergometrische Untersuchungen* offenbaren die kardiopulmonalen Leistungsreserven. Eine Globalinsuffizienz mit einem PCO₂ von > 50 Torr und einem PO₂ von < 50 Torr bedeutet in der Regel Inoperabilität, kann aber bei sonst für die vorgesehene Operation ausreichenden Lungenfunktionsparametern lediglich Zeichen eines Rechts-Links-Shunts im zu operierenden Bereich sein und stellt dann keine Kontraindikation dar.

Bei Patienten mit erhöhtem pulmonalem Risiko ist eine *ganzkörperplethysmographische Untersuchung* mit Messung der Atemwegswiderstände und des Residualvolumens erforderlich. Gegebenenfalls muß diese Untersuchung nach Verabreichung von Bronchospasmolytika wiederholt werden.

Eine *Pulmonalarteriendruckmessung* in Ruhe und unter Belastung ist zur Beurteilung des kardiopulmonalen Risikos in manchen Fällen sinnvoll. Bei Patienten mit Verdacht auf eine Rechtsherzbelastung gilt sie als obligat. Pulmonalarterienmitteldrucke bis 45 mmHg unter leichter Belastung stellen bei entsprechender Medikation keine Kontraindikation zur Pneumonektomie dar.

Kardiales Risiko

Ein *Ruhe-EKG* zählt zu den Basisuntersuchungen. Bei Verdacht auf eine Koronarinsuffizienz oder bei Rhythmusstörungen ist ein *Belastungs-EKG* erforderlich.

Das *Echokardiogramm* gibt Auskunft über Kontraktilitätsstörungen des Herzens und vermittelt Informationen für weitere gezielte kardiologische Untersuchungen.

Patienten mit instabiler Angina pectoris sind durch eine *Koronarangiographie* abzuklären und können durch Koronardilatation oder eine Bypassoperation in einen operablen Zustand gebracht werden.

Allgemeine Risikofaktoren

Eine hämodynamisch wirksame *Karotisstenose* ist vor einem geplanten thoraxchirurgischen Eingriff angiographisch abzuklären und eventuell operativ zu beseitigen, da bei intraoperativ oder postoperativ auftretenden hypoxischen Zuständen eine zerebrale Ischämie droht.

Stoffwechselerkrankungen wie Diabetes mellitus oder Hyperthyreose gelten ebenso als zusätzliche Risikofaktoren wie eine *Hypertonie*. Eine präoperative medikamentöse Behandlung ist erforderlich.

Interventionelle Diagnostik

Bronchoskopie

Neben der Sicherung der Morphologie eines endobronchialen Tumors bietet die Bronchoskopie die Möglichkeit, die Operationstaktik zu planen. Außerdem läßt sie Varianten des Bronchialbaums erkennen, die für die Intubation mit einem Doppellumentubus wesentlich sind.

Beachte:

Der Operateur muß diese Untersuchung deswegen präoperativ selbst vornehmen.

Durch gezielte Absaugung von Bronchialsekret mit bakteriologischer Austestung können pathogene Keime und ihre Sensibilität auf Antibiotika nachgewiesen werden. Der bronchoskopisch erhobene Befund wird nach der Untersuchung sofort dokumentiert. Man benutzt hierzu am besten ein Formblatt, in das der Bronchialbaum und die typischen Verzweigungsbilder in der Position eingedruckt sind, wie sie sich dem Untersucher bei der Begutachtung darbieten (Abb. 2-1). Hierauf werden die von der Norm abweichenden Befunde eingetragen und die Stellen der Gewebeentnahme markiert.

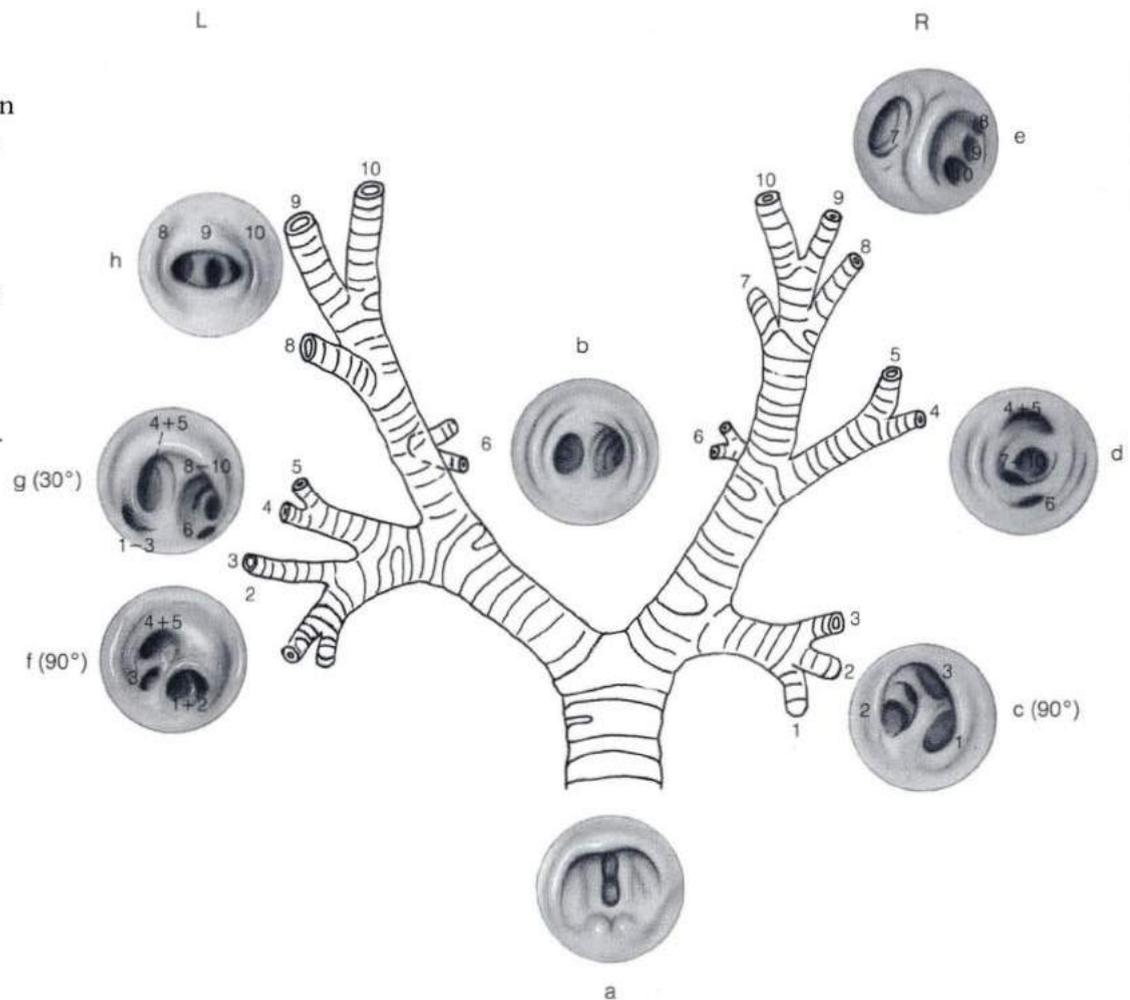


Abb. 2-1 Verzweigung des Bronchialbaumes im Blickwinkel der Bronchoskopie.

- a) Kehlkopf mit Stimmbändern.
- b) Trachealbifurkation.
- c) Einblick in den rechten Oberlappen mit seitlicher Optik (90°). 1. apikales Segmentostium, 2. posteriores Segmentostium, 3. anteriores Segmentostium.
- d) Einblick in den Bronchus intermedius mit Geradeausblickoptik (0°). 4. laterales Segmentostium des Mittellappens, 5. mediales Segmentostium des Mittellappens, 6. apikales Segmentostium des Unterlappens.
- e) Einblick in den rechten Unterlappenbereich mit Geradeausblickoptik (0°). 7. mediobasales

- Segmentostium, 8. anterobasales Segmentostium, 9. laterobasales Segmentostium, 10. posterobasales Segmentostium.
- f) Einblick mit seitlicher Optik in den linken Oberlappenabgang. 1. + 2. apikoposteriores Segmentostium, 3. anteriores Segmentostium, 4. superiores Segmentostium der Lingula, 5. inferiores Segmentostium der Lingula.
- g) Einblick in den linken Bronchus mit der Schrägvorausblickoptik (30°). 6. apikales Segmentostium des Unterlappens.
- h) Einblick in die basale Unterlappenaufzweigung links mit der Geradeausblickoptik (0°). 8. anterobasales Segmentostium, 9. laterobasales Segmentostium, 10. posterobasales Segmentostium.

Flexible Bronchoskopie

Es stehen flexible Bronchoskope mit einem Durchmesser von 3,6 und 4,9 mm zur Verfügung (Abb. 2-2). Die Optik läßt sich bis 180° biegen, so daß die Inspektion und Biopsie von Prozessen in den Segmentbronchien 2. und 3. Ordnung problemlos möglich ist. Über einen Instrumentierkanal können weiter peripher gelegene Tumoren unter Durchleuchtung mit der flexiblen Biopsiezange angesteuert und biopsiert werden. Ebenso läßt sich mittels gezielter Absaugung durch einen dünnen Katheter oder mit einer Bürste eine zytologische Gewebetypisierung erreichen.

Die Untersuchung kann am narotisierten und oral intubierten Patienten präoperativ über den liegenden Tubus durchgeführt werden, wobei die Beatmung über einen Adapter im Nebenanschluß erfolgt (Abb. 2-3).

Soll die Untersuchung in örtlicher Betäubung vorgenommen werden, inhaliert der mittels eines Sedativums und Atropin prämedizierte Patient über einen Pari®-Inhalator 2 ml 1%iges Novesine®. Hierdurch wird eine ausreichende Oberflächenanästhesie der Schleimhaut des Tracheo-bronchialsystems erreicht. Nachdem der Nasenrachenraum mittels eines Zerstäubers zusätzlich mit 2 ml 1%igem Novesine® betäubt ist, wird das Bronchoskop über die Nase eingeführt. Wenn nötig, werden über den Instrumentierkanal noch 2 ml Lokalanästhetikum nachgespritzt.

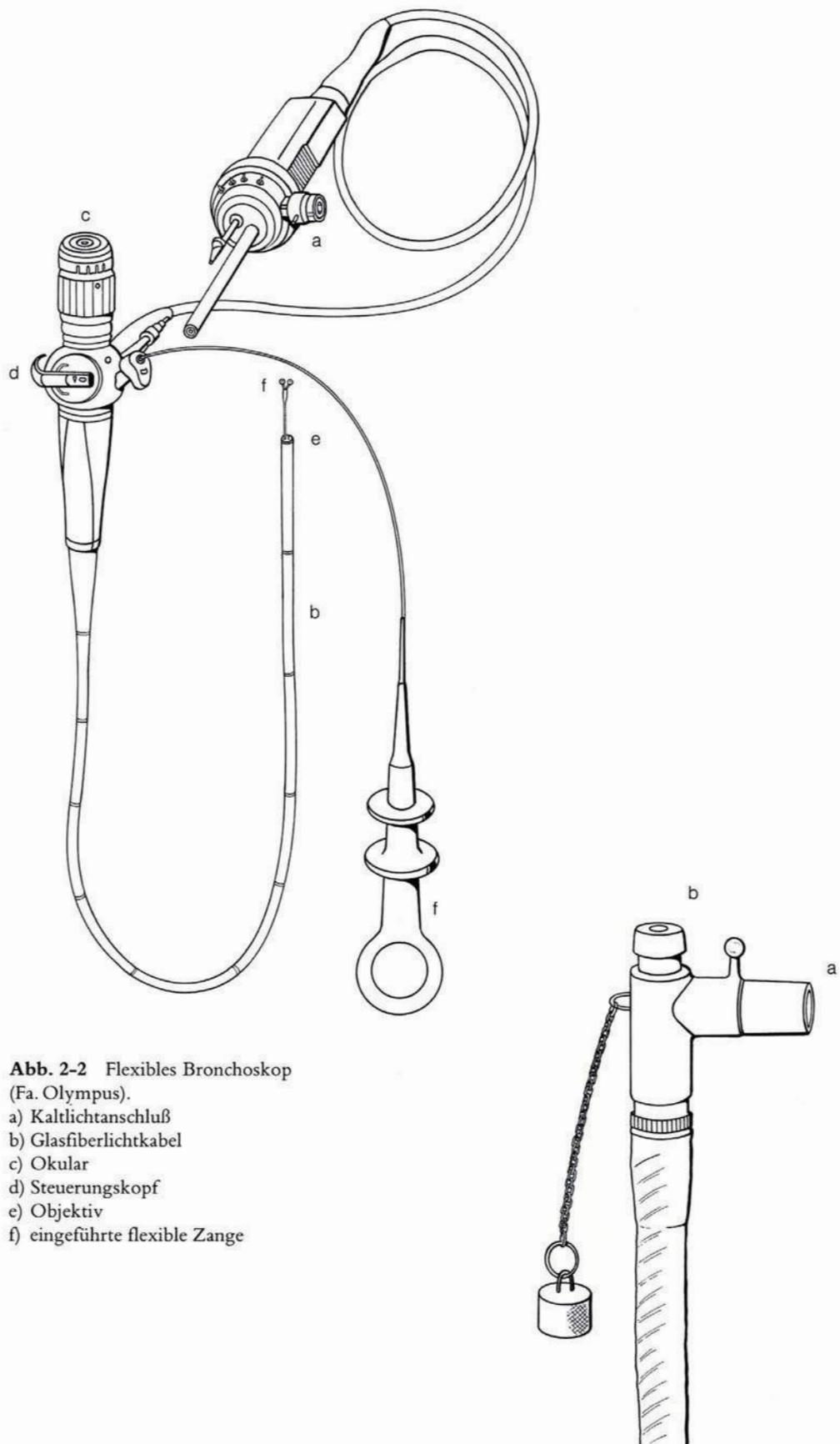


Abb. 2-2 Flexibles Bronchoskop (Fa. Olympus).

- a) Kaltlichtanschluß
- b) Glasfaserlichtkabel
- c) Okular
- d) Steuerkopf
- e) Objektiv
- f) eingeführte flexible Zange

Abb. 2-3 Tubus mit seitlichem Beatmungsstutzen (a) und Gummidichtung (b) zum Einführen des flexiblen Bronchoskops.

Starre Bronchoskopie

Das starre Universalbronchoskop ist ein Metallrohr von 7,5 mm (6,5–8,5 mm) Durchmesser und einer Länge von 40–43 cm. Es besitzt einen großlumigen Instrumentierkanal mit einem darin verlaufenden Lichtträger (Abb. 2-4a). Die Inspektion erfolgt über Optiken mit einem Blickwinkel von 0°, 30° und 90° (Abb. 2-4b). Mit steuerbaren Instrumenten gelingt es auch, aus den Oberlappen-segmenten Biopsien zu entnehmen (Abb. 2-4c). Außerdem kann das flexible Bronchoskop als Zusatzinstrument über das starre Bronchoskop eingeführt werden, um weiter peripher gelegene Prozesse gezielt anzugehen.

Die Untersuchung mit dem starren Bronchoskop ist heutzutage nur noch in Narkose üblich. Bei dem mittels eines Sedativums und Atropin prämedizierten Patienten wird die Narkose durch ein intravenös gespritztes Narkotikum eingeleitet und mit Lysthenon® eine kurzzeitige Relaxation herbeigeführt. Durch Sauerstoffbeatmung über eine Maske erzielt man eine möglichst hohe Sauerstoffsättigung.

Abb. 2-4a bis c
Zubehör zur starren Bronchoskopie.

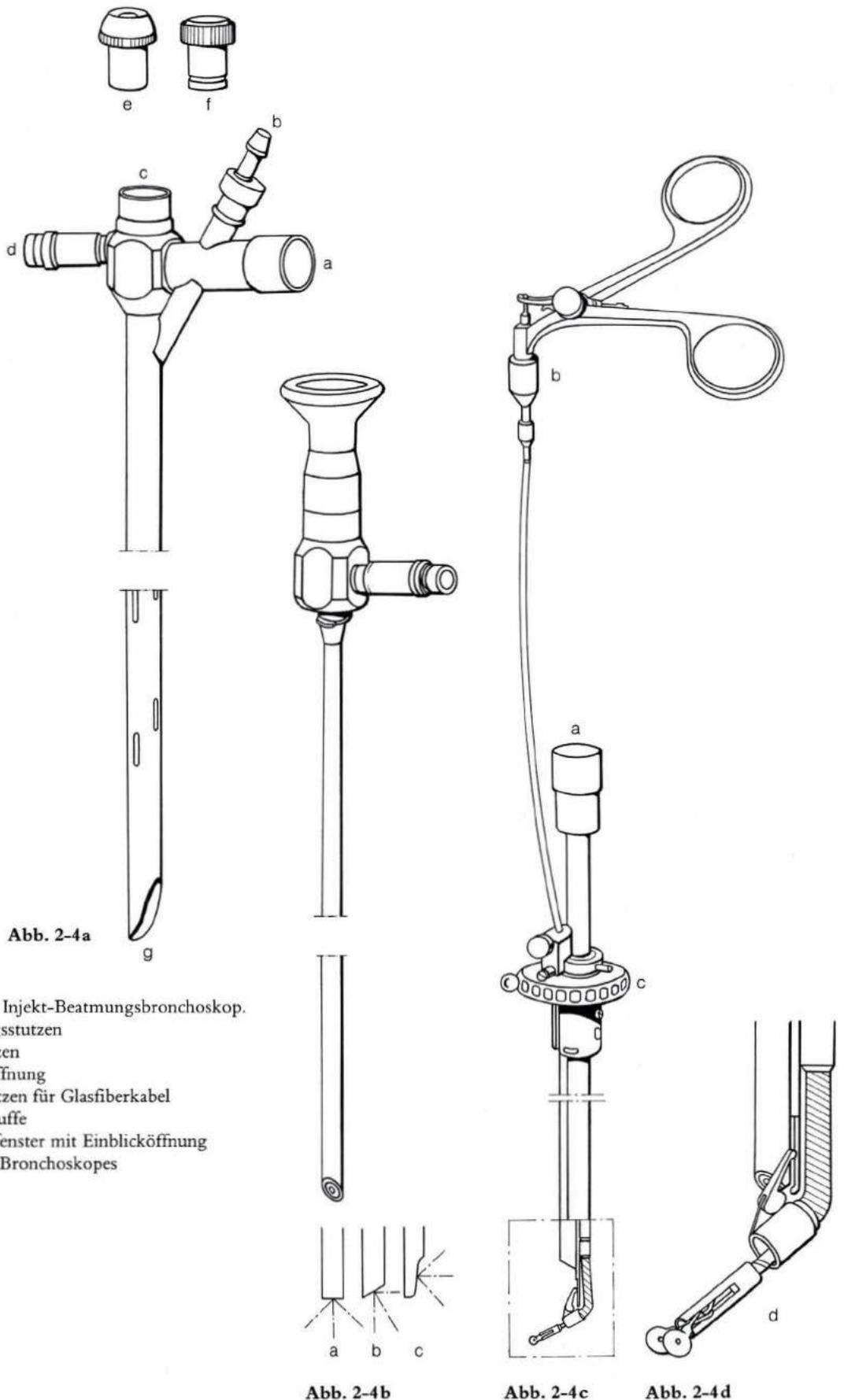


Abb. 2-4a Injekt-Beatmungsbronchoskop.
a) Beatmungsstutzen
b) Injektstutzen
c) Einblicköffnung
d) Ansatzstutzen für Glasfiderkabel
e) Gummimuffe
f) Abschlußfenster mit Einblicköffnung
g) Lippe des Bronchoskopes

Abb. 2-4b Blickrichtung und Bildwinkel der Bronchoskopieoptiken.
a) Geradeausblickoptik (0°)
b) Schrägvorausblickoptik (30°)
c) seitliche Optik (90°)

Abb. 2-4c Steuerungsinstrument mit flexibler Zange.
a) Einführungsstutzen für Optik
b) flexible Zange
c) Rad für Zangensteuerung
d) Probeexzisionszange in der distalen Führung des Steuerungsinstrumentes

Unter Reklination des Kopfes, eventuell unter Anhebung der Schulter durch eine Pflegekraft, wird das Bronchoskop mit der rechten Hand eingeführt. Mit dem Zeigefinger und Mittelfinger der linken Hand werden Unterkiefer und Oberkiefer gespreizt, während der Daumen als Hypomochlion beim Einführen des Rohres dient (Abb. 2-5).

Während der Untersuchung wird der Patient durch einen seitlichen Stutzen über das Bronchoskop mit reinem Sauerstoff beatmet, in der Regel am offenen System mit einem Injekt-Timer, Modell Freiburg, Fa. Storz, Tuttlingen (Abb. 2-6).

Bei der Sauerstoffinjekttechnik wird bei offenem Rohr nach dem Venturi-Prinzip Sauerstoff über eine Düse eingeblasen. Hierdurch erreicht man sehr hohe Sauerstoffpartialdrucke. Bei Risikofällen werden so Komplikationen auf ein Mindestmaß verringert. Ferner eignet sich die Injektmethode vorzüglich für die Durchführung länger dauernder endoskopischer operativer Eingriffe (Laser-Chirurgie).



Abb. 2-5 Technik der Einführung des starren Bronchoskops. Der Zeigefinger schient den Unterkiefer und der Mittelfinger den Oberkiefer. Durch Spreizen dieser Finger wird der Mund geöffnet. Der Daumen dient als Hypomochlion für das Bronchoskop.



Abb. 2-6 Injekt-Timer (Modell Freiburg der Fa. Storz, Tuttlingen).

Bronchographie

Die Bronchographie ist heute unter operationstaktischen Gesichtspunkten zur Festlegung des Resektionsausmaßes bei entzündlichen Defektheilungszuständen und bei der Indikationsstellung zur Resektion von Bronchiektasen von entscheidender Bedeutung.

Beachte:

Die Untersuchung wird sinnvollerweise im Rahmen einer Bronchoskopie durchgeführt, da vor Einbringen von Kontrastmittel in die Bronchien eine spezifische oder unspezifische eitrige Entzündung als Kontraindikation für diese Untersuchung auszuschließen ist. Das Kontrastmittel kann sowohl über das starre Bronchoskop mit einem kontrastgebenden Katheter (Abb. 2-7) als auch in Lokalanästhesie mit dem flexiblen Bronchoskop eingebracht werden.

Gebräuchliche Kontrastmittel sind Dionosil Aquosum[®], Bronchoabrodil[®] und Hytrast[®]. Überempfindlichkeiten werden nicht beobachtet. Vor Einbringen des Kontrastmittels müssen die Bronchien gründlich abgesaugt werden, um Artefakte bei der Füllung zu verhindern. Es sollte jeweils nur eine Seite mit Kontrastmittel gefüllt werden, wobei die funktionellen Reserven des Patienten zu berücksichtigen sind. Die einzelnen Lappenbronchien werden unter Durchleuchtung angesteuert und mit Kontrastmittel dargestellt.

Beachte:

Hier sind sowohl eine alveoläre Füllung durch Kontrastmittel als auch ein Überlaufen des Kontrastmittels auf die kontralaterale Seite zu vermeiden. Nach dem Eingriff ist das Bronchialsystem gründlich abzusaugen.

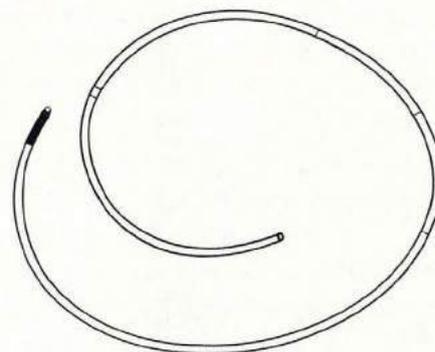


Abb. 2-7 Metraskatheter zur Bronchographie mit Metallspitze zur Röntgenkontrastierung.

Transthorakale Punktion

Eine Sicherung der Morphologie von endobronchial nicht erreichbaren Prozessen gelingt meist durch transthorakale Punktion unter Durchleuchtung oder durch computertomographisch gesteuerte Feinnadelbiopsie.

Beachte:

Dieses Verfahren sollte nur bei inoperablen Patienten zur Tumorsicherung dienen, da es über den Punktionkanal durch eine Verschleppung von Tumorzellen zu Impfmastasen kommen kann.

Operable Patienten sollten vielmehr primär ohne morphologische Sicherung thorakotomiert werden. Weitere Kontraindikationen zu einer transthorakalen Punktion sind abszedierende Prozesse bei freiem Pleuraspalt, Verdacht auf Echinokokkuszyste, Gerinnungsstörungen sowie eine stark eingeschränkte Lungenfunktion.

Stanzbiopsie mit der Spreiznadel nach Hausser

Die Stanzbiopsie mit einer nach Hausser modifizierten Vim-Silvermann-Spreiznadel (Abb. 2-8) ergibt einen Gewebezylinder, welcher eine histologische Diagnosestellung ermöglicht. Wegen des dicken Durchmessers der Trokar-Hülse sind für diese Punktionstechnik nur thoraxwandnahe Prozesse mit verlotetem Pleuraspalt oder Ausbrechertumoren geeignet.

Nach örtlicher Betäubung (siehe Abschnitt „Pleurapunktion“) und Stichinzision der Haut wird die Hohlneedle mit eingelegtem Trokar bis zur gewünschten Stelle unter Durchleuchtung über den Oberrand der Rippe eingeführt (Abb. 2-9a bis d). In Expirationsstellung wird der Trokar gegen die Spreiznadel rasch gewechselt und diese ganz bis zum Anschlag eingeführt. Während die Nadel mit der Hand fixiert wird, schiebt man nun die Trokar-Hülse unter leichter Drehbewegung nach zentral über die Spreiznadel hinweg, so daß durch ihre scharfen Branchen ein Gewebezylinder aus dem Tumor herausgeschnitten wird. Danach

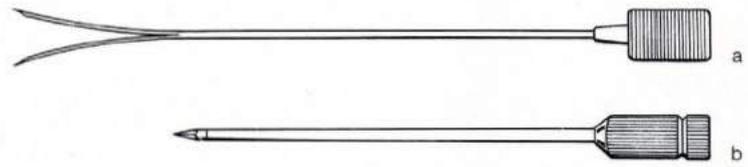


Abb. 2-8a und b

- a) Spreiznadel nach Hausser zur Gewebebiopsie.
b) Hierzu Hülse mit Trokar. Das Vorderende der Hülse ist zu einer ringförmigen Schneide konisch angeschliffen.

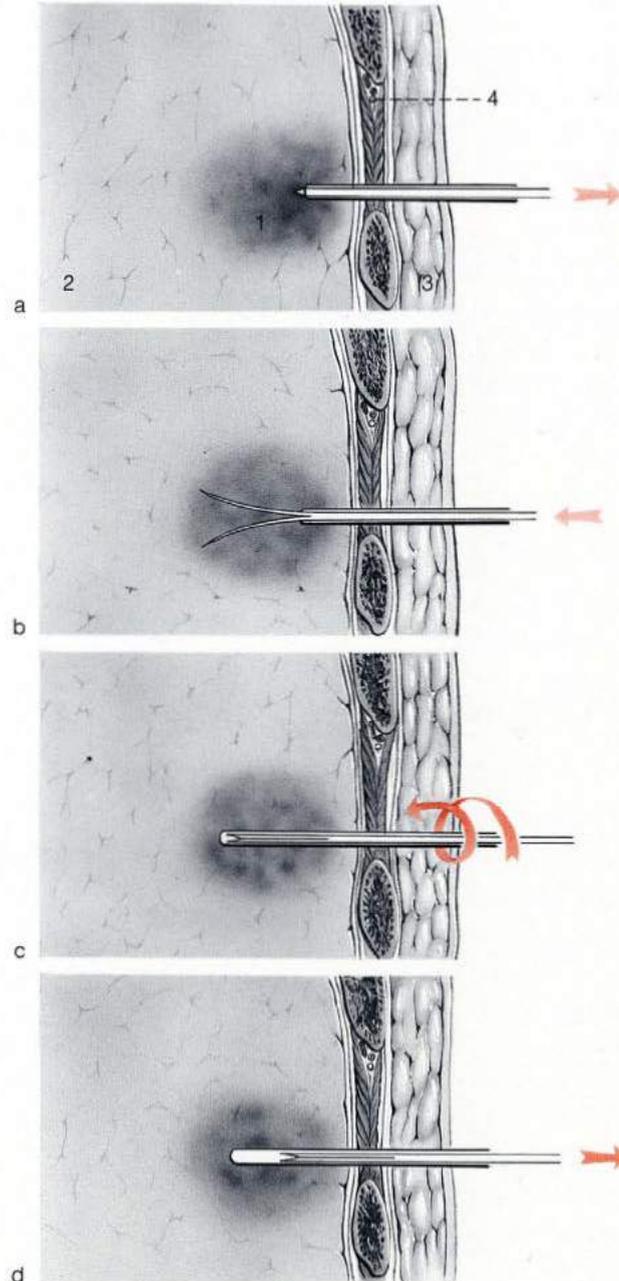


Abb. 2-9a bis d
Technik der Gewebebiopsie nach Hausser.

- a) Der Trokar wird mit der Hülse vor das Biopsieobjekt eingeführt und gegen die Spreiznadel ausgewechselt.
b) Die Spreiznadel ist bis über das Hülsenende vorgeschoben und klappt im Biopsieobjekt.
c) Unter drehenden Bewegungen wird die Hülse über die liegende Spreiznadel vorgeschoben und enthält in ihrem Hohlschliff den Gewebezylinder.
d) Die Spreiznadel ist etwas zurückgezogen und wird zusammen mit der Hülse herausgezogen.
- 1) Biopsieobjekt
 - 2) Lungengewebe
 - 3) Brustwand
 - 4) Gefäße und Nerv

werden Hülse und Spreiznadel gemeinsam entfernt.

Eine anschließende Durchleuchtung oder Thoraxaufnahme in Expiration muß sicherstellen, daß kein Pneumothorax entstanden ist.

Feinnadelbiopsie

Mittels Feinnadelpunktion können auch intrapulmonal gelegene Tumore ohne allzu großes Pneumothoraxrisiko punktiert werden. Es stehen Nadeln von 0,7–1 mm Durchmesser zur Verfügung (Abb. 2-10).

Nachdem die Lage der Nadel unter Durchleuchtung kontrolliert ist, wird mit einer Spritze ruckartig aspiriert (Abb. 2-11). Das gewonnene Material wird auf einen Objektträger ausgestrichen und luftgetrocknet. Durch diese Untersuchung ist eine zytologische Tumordiagnose möglich.

Pleurapunktion

Die Punktion der Pleurahöhle dient einmal der Materialgewinnung zu diagnostischen Zwecken, zum anderen der Entleerung der Pleurahöhle und der Wiederausdehnung der Lunge.

Die Wahl der Punktionsstelle richtet sich nach der Lokalisation des Ergusses. Der Eingriff wird am einfachsten am sitzenden Patienten durchgeführt.

Nach Desinfektion und steriler Abdeckung wird zunächst eine Hautquaddel mit Lokalanästhetikum gesetzt und danach das Gewebe in der Tiefe infiltriert. An die Unterkante der oberen Rippe und die Oberkante der unteren Rippe wird ein Depot von 1–2 ml Anästhetikum gesetzt, ebenso subpleural. Nach kurzer Wartezeit wird die Punktion des Pleuraergusses mit einer Kanüle von 1–2 mm Durchmesser durchgeführt. Um ein Eindringen von Luft in den Pleuraspalt zu verhindern, verwendet man Kanülen mit einem Drehhähnchen (Abb. 2-12).

Die Entlastungspunktion sollte möglichst nur mit kleinumigen Spitzen (10 ml) durchgeführt werden.

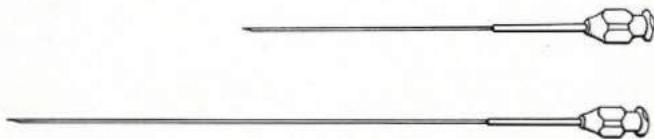


Abb. 2-10 Verschiedene Feinnadeln zur Punktion.

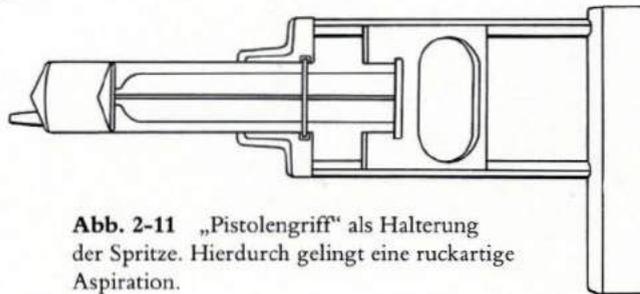


Abb. 2-11 „Pistolengriff“ als Halterung der Spritze. Hierdurch gelingt eine ruckartige Aspiration.

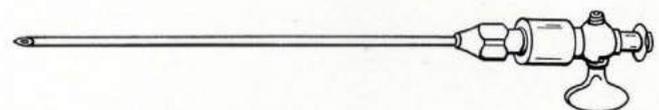


Abb. 2-12 Kanüle mit Drehhähnchen zur Pleurapunktion.

Pleurastanzbiopsie

Führt die zytologische Untersuchung des Pleuraexsudates nicht zu einer Diagnosesicherung, empfiehlt sich bei Verdacht auf maligne Pleuraveränderungen die Durchführung einer Pleurastanzbiopsie. Bei freiem Pleuraspalt finden die Kürettennadeln nach Cope, Abrams oder Ramel Anwendung (Abb. 2-13a und b).

Nach Lokalanästhesie und Stichinzision der Haut wird eine relativ stumpfe Hohlneedle mit dem Trokar-Inlet eingeführt (Abb. 2-14a). Das Inlet wird durch eine die Hohlneedle überragende, vorne abgestumpfte und geschlossene Nadel mit einer seitlich angeordneten, nach rückwärts gerichteten, kerbenartigen Schneideeinrichtung ausgetauscht (Abb. 2-14b). Nach leichtem Abwinkeln der Nadel nach kranial wird sie zurückgezogen, wobei durch die Schneidekerbe ein Pleurafetzen herausgeschnitten wird (Abb. 2-14c). Um eine Verletzung der Interkostalgefäße zu vermeiden, wird die Nadel immer am Oberrand der Rippe eingeführt und die Kerbe nach seitlich gerichtet (Abb. 2-14d).

Mit der Tru-Cut®-Biopsienadel der Fa. Travenol steht ein Einmalsystem zur Verfügung, welches sich für Pleurastanzen eignet. Ein Wechsel des Mandrins gegen die Nadel erübrigt sich hierbei (Abb. 2-13c).

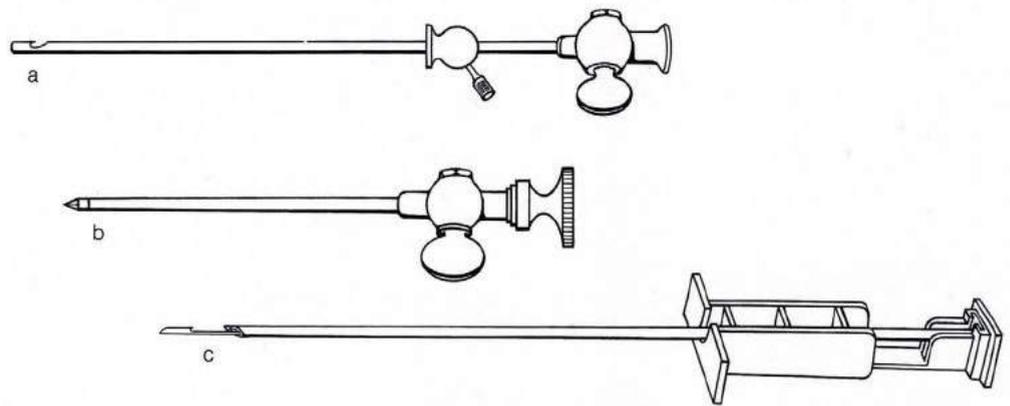


Abb. 2-13a bis c Punktionskanülen für Pleurabiopsie.

- a) Kürettennadel nach Ramel
b) hierzu Hülse mit Trokar
c) Tru-Cut®-Biopsienadel Travenol®

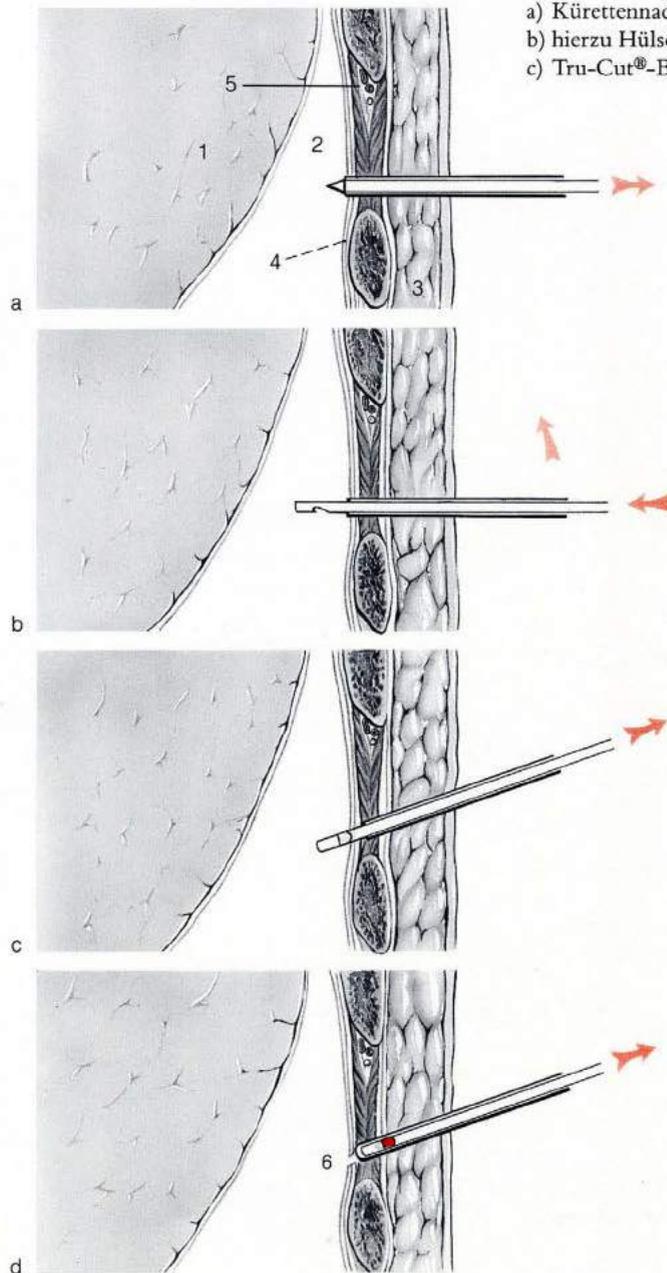


Abb. 2-14a bis d Technik der Pleurabiopsie mit der Nadel nach Ramel.

- a) Hülse mit Trokar ist bis in den Pleuraraum eingeführt.
b) Der Trokar ist entfernt und durch die Biopsienadel ersetzt.
c) Die Biopsienadel wird seitlich um 90° gedreht und zurückgezogen.
d) Beim Zurückziehen in die Hülse wird ein Stück Pleuragewebe herausgeschnitten.
1) Lungengewebe
2) pleuraler Raum mit Flüssigkeit
3) Brustwand
4) Pleura parietalis
5) Gefäß-Nervenbündel
6) Defekt der Pleura parietalis nach Biopsie

Thorakoskopie

Thorakoskopie nach Jakobäus

Nach ausreichender Prämedikation wird die Untersuchung am liegenden Patienten in örtlicher Betäubung auf einem in der Längsachse drehbaren Tisch durchgeführt. Voraussetzung für die Durchführung der Untersuchung ist die Anlage eines Pneumothorax von mindestens 100 ml. Hierzu wird in der vorderen Axillarlinie im 4. oder 5. ICR oder in der Medioklavikularlinie im 2. bzw. 3. ICR die Pneumothoraxnadel nach Denecke in den Interkostalraum eingestochen. Mit Hilfe des Pneumothoraxapparates wird Luft eingeleitet, die Anlage des Pneumothorax unter Durchleuchtung kontrolliert und gleichzeitig die Eingangsstelle zur Thorakoskopie festgelegt. Nach einer ausgiebigen örtlichen Betäubung (siehe Abschnitt „Pleurapunktion“) einschließlich des über und unter der Eingangsstelle gelegenen ICR wird die Haut mit dem Skalpell inzidiert.

Mit der Hülse und innen liegendem Trokar wird in den Pleuraraum eingegangen, der Trokar entfernt und durch den Thorakoskopschaft ersetzt (Abb. 2-15a und b). Mit Hilfe der Geradeaus- und Winkeloptiken lassen sich die Pleurahöhle, das Mediastinum, die Lungenoberfläche sowie das Zwerchfell inspizieren. Durch Lageveränderung des Patienten mit dem Drehtisch gelingt es, die Befunde optimal einzustellen und mittels Zangen unter Sicht zu biopsieren (Abb. 2-15c).

Nach Beendigung der Untersuchung führt man über die Trokar-Hülse eine Pleuradrainage (Charrière 20) ein, welche an eine Büllau-Flasche als Wasserschloß oder an eine Pumpe angeschlossen wird. Sie wird in der Regel bis zur Wiederausdehnung der Lunge für 24 bis 48 Stunden belassen.

Chirurgische Thorakoskopie

Diese Untersuchung wird in Intubationsnarkose – möglichst mit Doppellumentubus – am offenen Thorax und mit dem Mediastinoskop durchgeführt, wobei sich der Patient in Halbseitenlagerung befindet (Abb. 2-16).

Abb. 2-15a bis c Instrumentarium zur Thorakoskopie nach Jakobäus.



Abb. 2-15a Trokar mit Hülse.

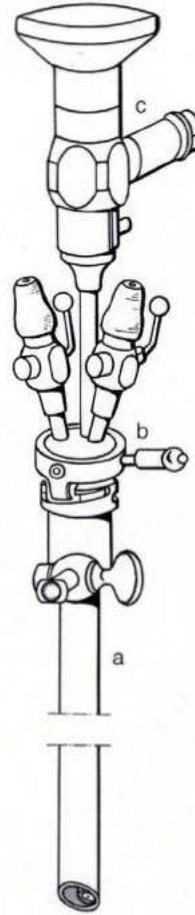


Abb. 2-15b Thorakoskop.
a) Thorakoskopschaft
b) Einsatz mit Instrumentierkanälen
c) Optik

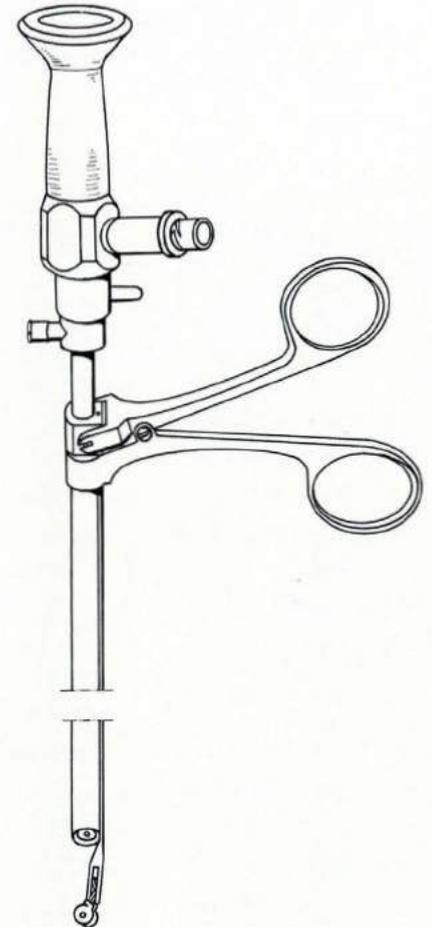


Abb. 2-15c Optische Zange.



Abb. 2-16 Chirurgische Thorakoskopie. Das Mediastinoskop ist durch eine Hautinzision in der vorderen Axillarlinie in den Thorax eingeführt.

In der mittleren oder vorderen Axillarlinie in Höhe des 3., 4. oder 5. ICR durchtrennt man Kutis und Subkutis in 3–4 cm Länge. Nach stumpfem Auseinanderdrängen der Thoraxwandmuskulatur mittels Langenbeck-Haken werden die Interkostalmuskulatur und die Pleura parietalis inzidiert und das Mediastinoskop eingeführt. Bei einseitiger Beatmung kollabiert die Lunge, und die Pleurahöhle kann gut besichtigt werden. Sind Verklebungen zwischen Pleura visceralis und parietalis vorhanden, lassen sich diese mit dem Präparier-sauger gut lösen, wobei die Technik der Präparation jener bei der Mediastinoskopie gleicht. Durch einen speziellen Adapter können der Schaft des Thorakoskops mit seinen Optiken verwendet werden (Abb. 2-17), so daß eine ebenso gute Übersicht gelingt wie bei der Thorakoskopie nach Jakobäus.

Der Vorteil der chirurgischen Thorakoskopie liegt in dem relativ großen Instrumentierkanal des Mediastinoskopes, welcher das Einführen von großen Saugern oder elektrischen Schlingen ermöglicht. Sie kann auch bei verklebtem Pleuraspalt, wo die Thorakoskopie nach Jakobäus unmöglich ist, durch entsprechende Präparation durchgeführt werden. Mit Hilfe der chirurgischen Thorakoskopie können gekammerte Pleuraempyeme und nicht evakuierbare Hämatothoraces ausgeräumt sowie beim Spontanpneumothoraxrezidiv Luftfisteln verschlossen und so eine große Zahl von indizierten Thorakotomien umgangen werden.

Nach Zurückziehen des Mediastinoskops erfolgt der schichtweise Wundverschluß. Außerhalb der Thorakoskopiewunde wird eine Pleuradrainage (Charrière 24) herausgeleitet und in der Regel für 24 bis 48 Stunden belassen.

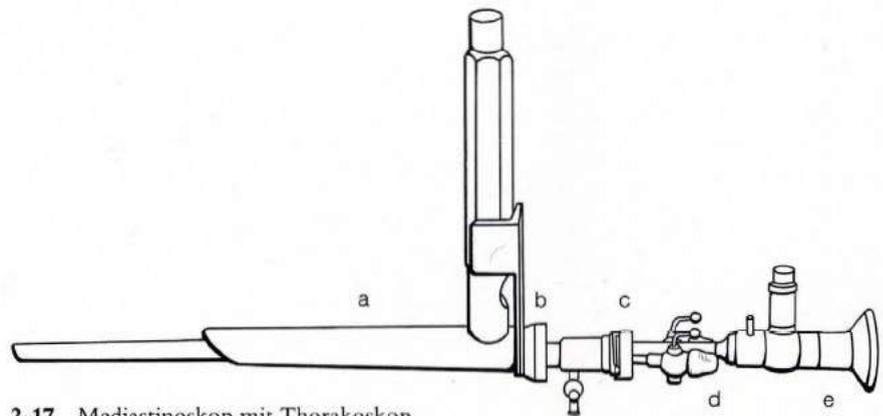


Abb. 2-17 Mediastinoskop mit Thorakoskop und Adapter zur chirurgischen Thorakoskopie.

- a) Mediastinoskop
- b) Adapter
- c) Thorakoskopschaft mit Optik
- d) Einlaßkanal
- e) Optik

Offene Lungenbiopsie

Der Eingriff wird durchgeführt bei diffusen Lungenerkrankungen ungeklärter Ätiologie, wie z. B. bei Lungenfibrosen, und dient der Gewinnung von repräsentativem Lungengewebe für die histologische Diagnostik.

Die Operation erfolgt in Intubationsnarkose in Halbseitenlagerung. In der vorderen Axillarlinie wird in Höhe der Mamille ein 4–5 cm langer Hautschnitt im Verlauf des Interkostalraumes gelegt. Nach Durchtrennen des Subkutangewebes wird die Thoraxwandmuskulatur mit Langenbeck-Haken auseinanderge-drängt, bis die Interkostalmuskulatur sichtbar wird. Diese durchtrennt man ebenso wie die Pleura parietalis. Nach Einsetzen eines Pneumolysensperrers nach Gaubatz oder eines kleinen Kinderthoraxsperrers kann man die Lungenoberfläche inspizieren und oberflächlich palpieren. Von dieser Schnittführung kann rechts aus allen 3 Lappen und links aus beiden Lappen Gewebe gewonnen werden. Bei freiem Pleuraspalt lassen sich die

zu untersuchenden Parenchymbezirke mit der Pinzette fassen und in das Operationsfeld vorziehen. Nach Setzen einer atraumatischen Klemme wird wie bei der Klemmenresektion oder Keilresektion vorgegangen (siehe Abschnitt „Klemmenresektion“ und Abschnitt „Klassische Keilresektion“). Wichtig ist, daß die Resektate aus einem größeren repräsentativen Lungenbezirk stammen. Die Resektion der Lingualspitze ist nicht repräsentativ.

Beachte:

Für die Untersuchung sollten Biopsien von allen Lungenlappen entnommen werden. Die Resektate sollten eine Kantenlänge von mindestens 2 cm haben.

Das Gewebe ist sowohl auf Pilze als auch feingeweblich histologisch zu untersuchen.

Über die Thoraxwunde wird eine Pleuradrainage für 24 bis 48 Stunden herausgeleitet. Danach adaptiert man die Interkostalmuskulatur unter Mitfassen der Pleura parietalis. Der übrige Wundverschluß erfolgt schichtweise.

Vorbehandlung bei Risikopatienten

Krankengymnastik

Wichtig ist, daß die Patienten präoperativ einem krankengymnastischen Training unterzogen werden. Hier muß die Technik des Atmens und ganz besonders die Technik des Hustens beigebracht werden.

Durch Handkontakt lernt der Patient, seine Brustkorb- und Bauchbewegungen wahrzunehmen, wobei ihm die Atemtechnik erklärt wird. Tiefe Inspiration zur besseren Belüftung der basalen Lungenanteile wird geübt. Ebenso lernt der Patient, seine operierte Seite mit der Hand zu schienen, um so bei der Expektoration weniger Schmerzen zu haben.

Das Bronchialsystem von Patienten mit eitrigen Lungenerkrankungen (Bronchiektasen) muß durch Lagerungs- und Drainageübungen gesäubert werden, wobei die Sekretmengen pro 24 Stunden zu messen und zu dokumentieren sind. Ebenso muß die Säuberung des Bronchialsystems vor dem operativen Eingriff bronchoskopisch kontrolliert werden. Bei Patienten mit erhöhtem Residualvolumen sollte mittels Lippenbremse oder noch besser durch Vorschalten einer Stenose am Überdruckinhalationsgerät die Überblähung reduziert werden. Bei Rauchern ist auf rechtzeitige Nikotinkarenz, d. h. mindestens 2 Wochen vor dem geplanten Op-Termin, zu achten.

Schließlich ist den Patienten in einem ausgiebigen Informationsgespräch zu erklären, welche Situationen nach der Operation auf der Intensivstation auf sie zukommen.

Medikamentöse Therapie

Pathogene Keime im Bronchialsystem, welche am besten durch eine gezielte bronchoskopische Absaugung nachgewiesen werden, müssen resistenzgerecht antibiotisch behandelt werden. Das Behandlungsergebnis ist durch erneute Sekretuntersuchung zu kontrollieren. Von besonderer Bedeutung ist diese Vorbehandlung bei Patienten mit eitrigen Lungenerkrankungen, insbesondere Bronchiektasen.

Patienten mit obstruktiven Ventilationsstörungen sind bronchospasmolytisch und sekretolytisch vorzubehandeln. Die Applikation der Medikamente kann auch durch Inhalatoren erfolgen. Wesentlich ist, daß der Erfolg der Behandlung spirometrisch kontrolliert wird.

Kardiale Rhythmusstörungen, Herzinsuffizienz, Hypertonie sind ebenso präoperativ zu behandeln wie ein Diabetes mellitus.

Topographische Anatomie

Lappenaufbau der Lunge

Die einzelnen Lungenflügel werden durch Spalten mehr oder weniger vollständig in einzelne Lappen aufgeteilt. Auf der rechten Seite teilt die schräg von dorsokranial nach ventrokaudal verlaufende Hauptspalte (Fissura interlobaris obliqua [a]) in ihrem dorsalen Anteil den Oberlappen vom Unterlappen und in ihrem ventralen Verlauf den Mittellappen vom Unterlappen. Die Nebenspalte (Fissura interlobaris transversa [b]) trennt den Oberlappen vom Mittellappen (Abb. 2-18).

Der linke Lungenflügel besteht lediglich aus Oberlappen und Unterlappen, welche durch die Fissura interlobaris getrennt werden. Die Fissuren sind oft nur unvollständig ausgebildet oder können, wie die Fissura interlobaris transversa, auch ganz fehlen. Andererseits können zusätzliche Spalten bestehen, welche die Unterlappenspitze (c) oder auf der linken Seite die Lingula (d) als zusätzliche Lappen erscheinen lassen (Abb. 2-18).

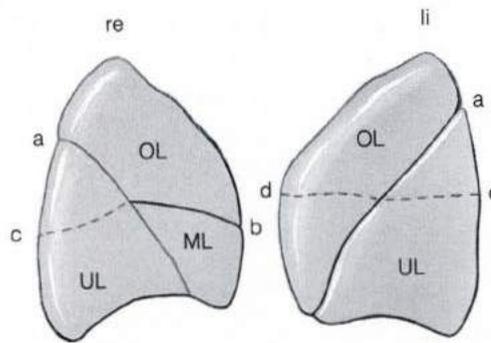


Abb. 2-18 Lappenaufbau mit den Spalten beider Lungenflügel.
 a) Fissura interlobaris obliqua
 b) Fissura interlobaris transversa
 c) zusätzliche Fissur, welche die Unterlappenspitze vom Unterlappen trennt
 d) zusätzliche Fissur, welche die Lingula vom Oberlappen abtrennt
 OL = Oberlappen; ML = Mittellappen;
 UL = Unterlappen.

Tab. 2-1 Internationale Einteilung bronchopulmonaler Segmente.

Rechte Lunge	
<i>Oberlappen</i>	1 apikales Segment 2 posteriores Segment 3 anteriores Segment
<i>Mittellappen</i>	4 laterales Segment 5 mediales Segment
<i>Unterlappen</i>	6 apikales Segment 7 mediobasales (kardiales) Segment 8 anterobasales Segment 9 laterobasales Segment 10 posterobasales Segment
Linke Lunge	
<i>Oberlappen</i>	1 apikales Segment 2 posteriores Segment (1 und 2 = apikoposteriores Segment) 3 anteriores Segment 4 superiores Segment der Lingula 5 inferiores Segment der Lingula
<i>Unterlappen</i>	6 apikales Segment 7 fehlt 8 anterobasales Segment 9 laterobasales Segment 10 posterobasales Segment

Segmentaufbau der Lunge

Die anatomische Einheit der Lunge stellt das bronchopulmonale Segment dar, an dem sich jede Teilresektion von Lungengewebe zu orientieren hat. Die bronchopulmonalen Segmente besitzen einen für sie typischen Aufbau hinsichtlich der Bronchial- und Gefäßverhältnisse. Der Segmentbronchus tritt zentral in sein Parenchymgebiet ein. Er wird begleitet von der zugehörigen Segmentarterie. Die Orientierung bei der Präparation erfolgt daher über die Darstellung und Identifizierung dieser Segmentarterie, entsprechend deren Verlauf der zugehörige Bronchus aufgesucht wird. Die Parenchymgrenze zum Nachbarsegment ist gekennzeichnet durch den intersegmentalen Verlauf der pulmonalen Vene.

In der Ebene zwischen 2 Segmenten sammeln sie das aus der Lunge zum linken Vorhof zurückströmende Blut. Randständige Segmente, wie z. B. das apikale Oberlappensegment oder die Unterlappenspitze, führen einen Teil ihres Blutes über eine Segmentvene ab, die keine Beziehung zum Nachbarsegment besitzt.

Heute ist die in Tabelle 2-1 sowie Abbildung 2-19 und 2-20 dargestellte internationale Numerierung und Bezeichnung der bronchopulmonalen Segmente gebräuchlich.

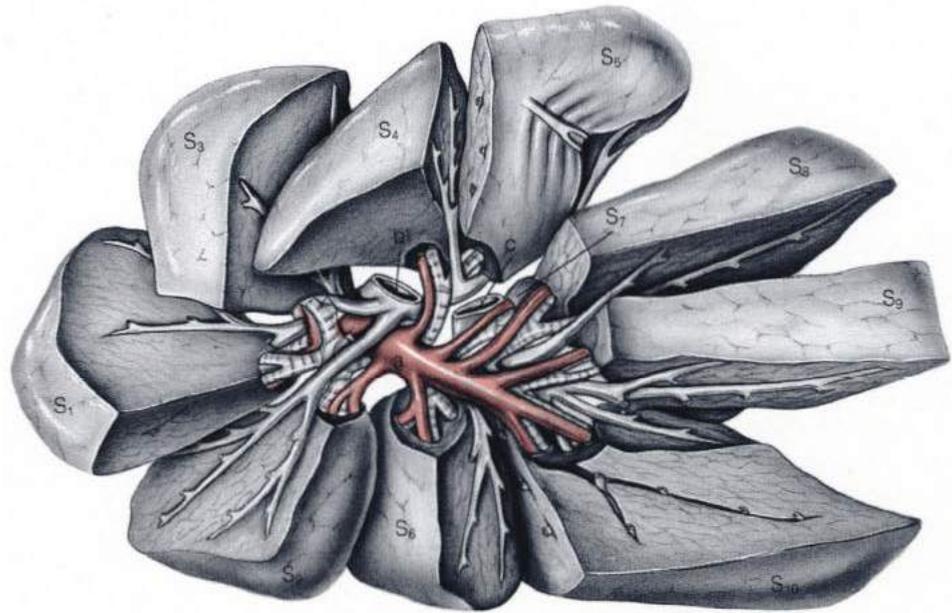


Abb. 2-19 Rechte Lunge aus der Sicht des Operateurs bei posterolateralem Zugang. Die Segmenttrennungsflächen sind präpariert (modifiziert nach Töndury [25]). Zu erkennen ist der Verlauf der Segmentarterie (rot) zusammen mit dem Segmentbronchus sowie der intersegmentalen Verlauf der Segmentvenen (grau).

1–10 Einzelne Lungensegmente

- a) A. pulmonalis
- b) V. pulmonalis superior
- c) V. pulmonalis inferior

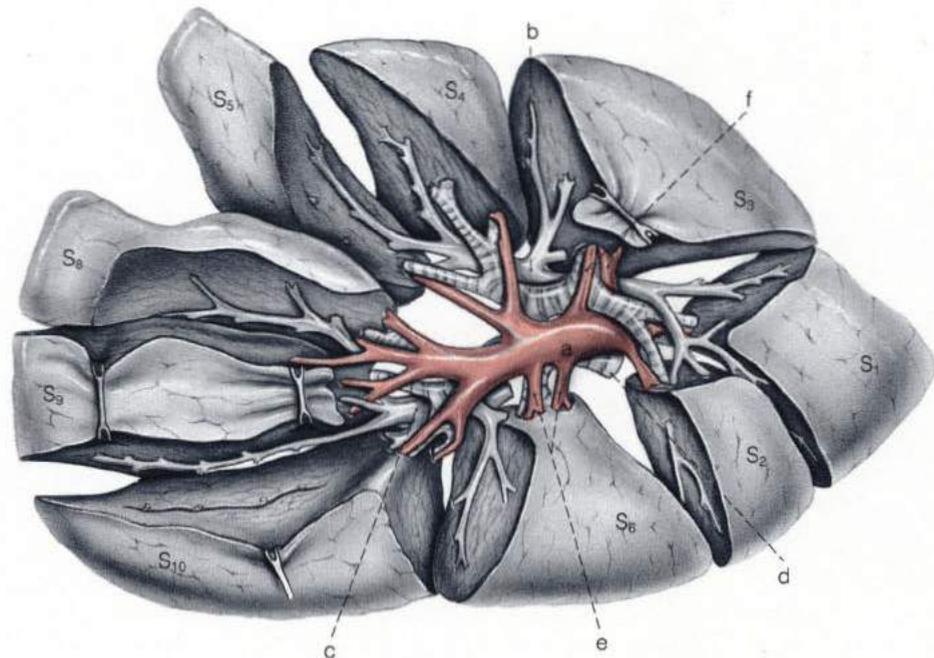


Abb. 2-20 Die linke Lunge, aus der Sicht des Operateurs bei posterolateralem Zugang mit Präparation der Segmenttrennungsfläche (modifiziert nach Töndury [25]) dargestellt. Man erkennt den intersegmentalen Verlauf der peripheren Pulmonalvenenäste. Mit 1–10 sind die Lungensegmente bezeichnet. Als Variante ist hier das Unterlappenspitzensegment (6) von 2 Arterien versorgt (e). Das anteriore Segment ist durch einen mediastinalen und einen interlobären Ast versorgt (f).

- a) Stamm der A. pulmonalis (rot)
- b) V. pulmonalis superior
- c) V. pulmonalis inferior
- d) Hauptbronchus
- e) 2 Arterien des Unterlappenspitzensegments
- f) mediastinaler und interlobärer Ast des anterioren Segments

Bronchialbaum

Rechter Bronchialbaum

Der rechte Hauptbronchus (a) zweigt relativ steil aus der Trachea ab und ist sehr kurz (Abb. 2-21). Nach lateral gibt er den Oberlappenstammbronchus ab (b), der sich in Form einer Trifurkation in das apikale (1), das posteriore (2) und anteriore (3) Segment aufteilt. Distal des Oberlappenabganges setzt sich der Bronchus in den Zwischenbronchus fort (c), der sich in den Mittellappen- (d) und Unterlappenstammbronchus (e) aufzweigt. Der Mittellappen teilt sich nach vorn in sein mediales (5) und in sein laterales (4) Segment.

Gegenüber dem Mittellappenostium zweigt nach hinten der Unterlappen- spitzenbronchus (6) ab, der sich in 2 oder 3 Subsegmente teilt. Der Unterlappenbronchus gibt nach medial das mediobasale oder kardiale Segment (7) ab und teilt sich schließlich in 3 weitere basale Segmentbronchien, nämlich den anterobasalen (8) sowie die latero- und posterobasalen (9 und 10). Letztere können einen gemeinsamen Stamm besitzen.

Linker Bronchialbaum

Der linke Hauptbronchus zweigt etwa mit einem Winkel von 45° von der Trachea ab und ist deutlich länger als der rechte Bronchus (f) (Abb. 2-21). Nach 5 cm geht links der Oberlappenbronchus ab (g), der sich in den Stamm der Lingula (i) und den Stamm der apikalen Segmentgruppe (h) verzweigt. Der Stamm der Lingula teilt sich in das obere (4) und das untere (5) Lingulasegment. Aus dem Stamm der apikalen Segmentgruppe entspringt nach vorne der anteriore Segmentbronchus (3) und nach kranial der gemeinsame Bronchus des apikoposterioren Segments (1 und 2). Der linke Unterlappenbronchus stellt die direkte Fortsetzung des linken Hauptbronchus dar (k). Nach dorsal zweigt kurz hinter dem Oberlappenabgang das Unterlappenspitzensegment ab (6), während sich der restliche Stamm nach Abgabe des anterobasalen

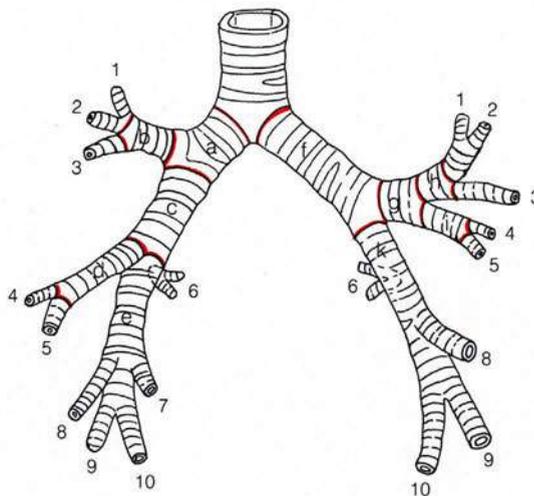


Abb. 2-21 Das Bronchialsystem mit Segmentbronchien (Bezeichnungen siehe Text).
 a) rechter Hauptbronchus
 b) Oberlappenstammbronchus
 c) Zwischenbronchus
 d) Mittellappenstammbronchus
 e) Unterlappenstammbronchus rechts
 f) linker Hauptbronchus
 g) Oberlappenstammbronchus
 h) Stamm der apikalen Segmentgruppe
 i) Stamm der Lingula
 k) linker Unterlappenbronchus

Segmentbronchus (8) in den laterobasalen (9) und den posterobasalen (10) Segmentbronchus meist über einen gemeinsamen Stamm aufzweigt. Der mediobasale Segmentbronchus Nr. 7 fehlt links.

Varianten des Bronchialbaums

Varianten des rechten Bronchialbaums

Ein aus der Trachea oder in Höhe der Bifurkation entspringender Bronchus kann entweder dem ganzen Oberlappenbronchus (a, d) oder nur dem apikalen Oberlappensegment (b, c) entsprechen (Abb. 2-22). Durch einen gemeinsamen Abgang von Mittellappen und Oberlappen kann eine Situation wie links entstehen (e). Der anteriore Oberlappensegmentbronchus kann aus dem Mittellappenbronchus entspringen (f), und die Unterlappenspitze kann durch 2 Segmentbronchien versorgt werden (g).

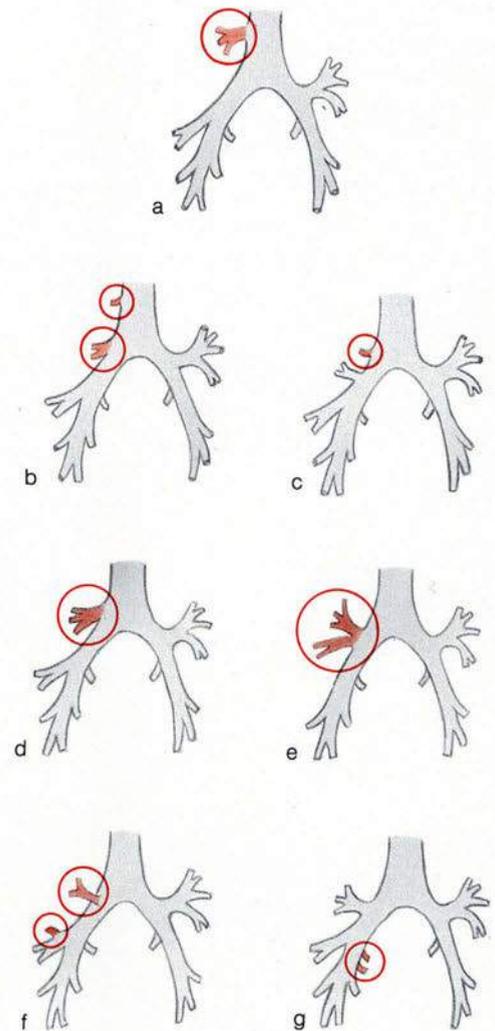


Abb. 2-22a bis g Die häufigsten Varianten des rechten Bronchialbaums (modifiziert nach Brunner [5], Bezeichnungen siehe Text).

Varianten des linken Bronchialbaums

Auf der linken Seite finden sich die häufigsten Varianten im Segmentaufzweigungsbereich des Oberlappens (Abb. 2-23). So liegt in 26% eine Trifurkationsaufteilung in apikoposteriores Segment, anteriores Segment und Lingulasegment vor (h). Auch der Stamm der apikalen Segmente kann eine Trifurkationsaufteilung besitzen (i). Wie rechts besteht die Möglichkeit eines zusätzlichen Subsegmentbronchus der Unterlappenspitze, der aus dem Unterlappenbronchus entspringt (j). In seltenen Fällen kann der Unterlappenspitzenbronchus aus dem Hauptbronchus proximal des Oberlappenabganges entspringen (k).

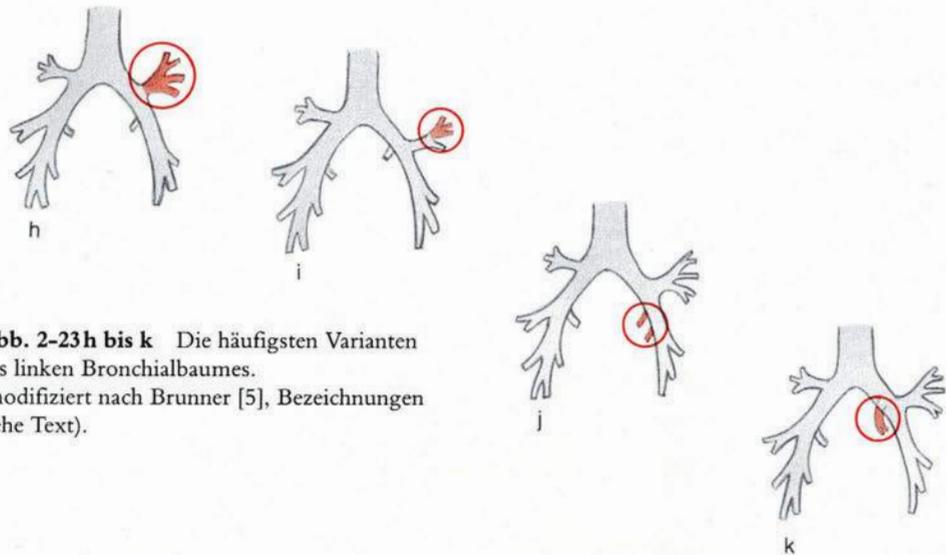


Abb. 2-23h bis k Die häufigsten Varianten des linken Bronchialbaumes. (modifiziert nach Brunner [5], Bezeichnungen siehe Text).

Lungenhilus

Die Hilusstrukturen, bestehend aus A. pulmonalis, Hauptbronchus sowie V. pulmonalis superior und V. pulmonalis inferior, werden rechts und links von verschiedenen Gefäßstrukturen umgrenzt.

Auf der *rechten* Seite wird die mediastinale Topographie von der V. cava superior bzw. vom rechten Vorhof bestimmt. Hinter ihnen treten die Pulmonalgefäße hervor.

Nach kranial wird der Hilus durch den Bogen der V. azygos und nach dorsal durch den aufsteigenden Ast der V. azygos bzw. den Ösophagus begrenzt (Abb. 2-24).

Links stößt man mediastinal vorne direkt auf die Lungengefäße. Der obere Hiluspol wird links vom Aortenbogen begrenzt, der über den linken Hauptbronchus zieht und damit die Präparation der Bifurkation deutlich erschweren kann. Auf den Ramus recurrens des N. vagus ist zu achten. Hinten wird der linke Hilus von der Aorta descendens begrenzt (Abb. 2-25).

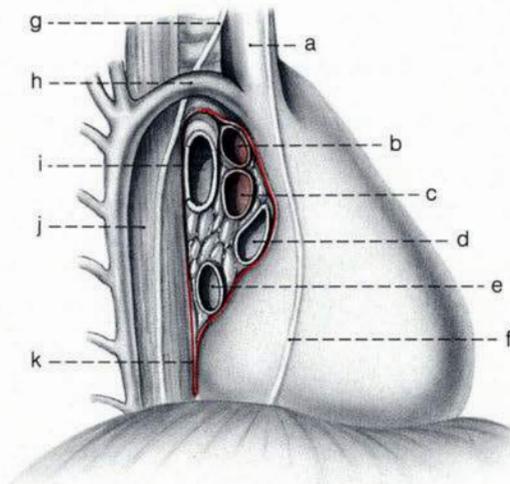


Abb. 2-24 Schnitt durch den rechten Lungenhilus (rot: Umschlagsfalte der Pleura mediastinalis).

- a) V. cava superior
- b) Truncus anterior a. pulmonalis
- c) A. pulmonalis
- d) V. pulmonalis superior
- e) V. pulmonalis inferior
- f) N. phrenicus
- g) N. vagus
- h) V. azygos
- i) rechter Hauptbronchus
- j) Ösophagus
- k) Lig. pulmonale

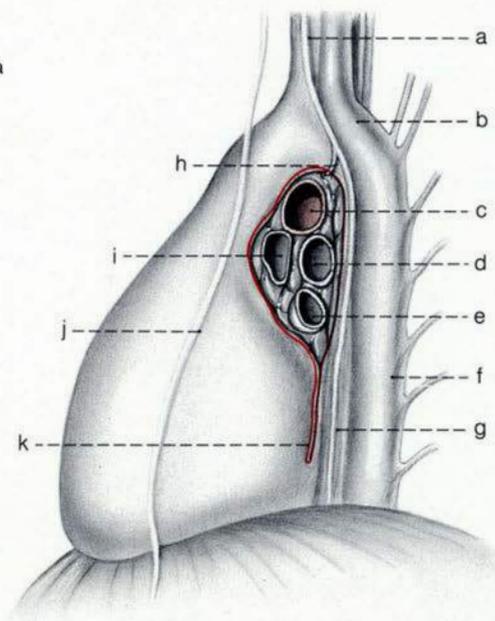


Abb. 2-25 Schnitt durch den linken Lungenhilus (rot: Umschlagsfalte der Pleura mediastinalis).

- a) N. vagus
- b) Aortenbogen
- c) A. pulmonalis
- d) linker Hauptbronchus
- e) V. pulmonalis inferior
- f) Aorta descendens
- g) Ösophagus
- h) R. recurrens des N. vagus
- i) V. pulmonalis superior
- j) N. phrenicus
- k) Lig. pulmonale

Pulmonalarterien

Der Pulmonalarterienstamm entspringt aus dem rechten Ventrikel vor und links der Aorta ascendens, steigt nach kranial, bis er sich in den linken und rechten Pulmonalarterienast aufzweigt (Abb. 2-26).

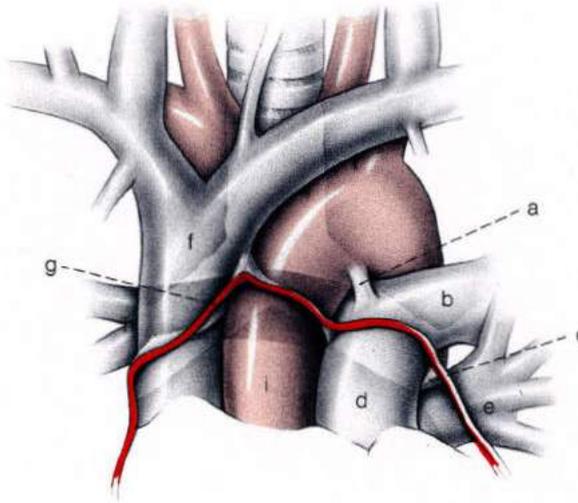


Abb. 2-26 Große Gefäße, aus dem Herzen entspringend (rot: Resektionsrand des Perikards).

- a) Lig. ductus Botalli
- b) linke Pulmonalarterie
- c) Marshallsche Falte
- d) Truncus pulmonalis
- e) V. pulmonalis superior
- f) V. cava superior
- g) perikardialer Umschlag
- h) rechte Pulmonalarterie
- i) Aorta ascendens

Rechte Pulmonalarterie

Die rechte Pulmonalarterie verläuft größtenteils extraperikardial hinter der Aorta ascendens und der V. cava superior (Abb. 2-26).

Sehr früh gibt sie noch im Mediastinum den Truncus anterior ab, der an die Oberseite des Oberlappenbronchus zieht und sich in eine Pars superior und eine Pars inferior aufteilt (Abb. 2-27). Während die Pars inferior die Versorgung des anterioren Segmentes (A_3) übernimmt, kann der superiore Anteil neben der Versorgung des apikalen Segmentes (A_1) auch einen Ast zum posterioren Segment abgeben (A_2). An ihrer Eintrittsstelle in das Lungenparenchym wird die Pulmonalarterie von der V. pulmonalis superior überquert (Abb. 2-31) und gibt kurz nach ihrem Verschwinden im Lungenparenchym einen variablen Ast zum posterioren Segment ab (A_2 asc.). An dem Kreuzungspunkt der Fissura interlobaris obliqua mit der Fissura interlobaris transversa zweigt von der Vorderseite der Pars interlobaris arteriae pulmonalis die Mittellappenarterie ab. Etwa in derselben Höhe entspringt die Unterlappenspitzenarterie, bevor sich die Pars basalis arteriae pulmonalis in ihre Segmentarterien aufzweigt.

Linke Pulmonalarterie

Der linke Ast der Pulmonalarterie gibt von seinem Unterrand in Höhe der perikardialen Umschlagsfalte eine Perikardfalte zur Einmündungsstelle der oberen Pulmonalvene ab, die sogenannte Marshall-Falte. Sie muß bei der intraperikardialen Präparation der linken Pulmonalarterie inzidiert werden (Abb. 2-26). Nach ihrem Verlassen des Herzbeutels zieht die linke Pulmonalarterie den linken Hauptbronchus überquerend um den Oberlappenbronchus kranial herum und tritt von hinten in den Interlobärspace ein. An ihrem Austritt aus dem Perikard besteht zwischen der A. pulmonalis und dem Aortenbogen ein narbiger Verwachsungsstrang, das Lig. Botalli (Abb. 2-26).

Die arterielle Gefäßversorgung des linken Oberlappens ist sehr variabel. Nach Boyden [2] kann der linke Oberlappen durch 4 bis 8 Arterien versorgt werden (Abb. 2-28).

In der Regel entspringt die apikale Arterie (A_1) am höchsten Punkt des linken Pulmonalarterienbogens, während die anteriore Arterie (A_3) mehr ventral ihren Ursprung hat. Die posteriore Segmentarterie (A_2) zweigt vor Eintritt der Arterie in den Lappenspace ab. Distal davon entspringt auch die Unterlappenspitzenarterie nach dorsal. Die Lingularversorgung zweigt aus der Pars interlobaris arteriae pulmonalis nach ventral ab (A_4 und A_5). Danach verzweigt sich die Pars basalis arteriae pulmonalis entsprechend dem Verlauf der Segmentbronchien in ihre Äste (A_8 , A_9 , A_{10}).

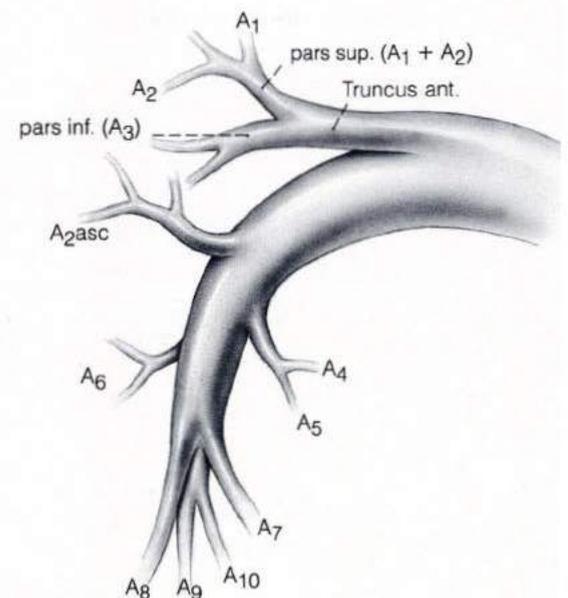


Abb. 2-27 Gefäßverzweigungen der rechten Pulmonalarterie (Bezeichnungen siehe Text).

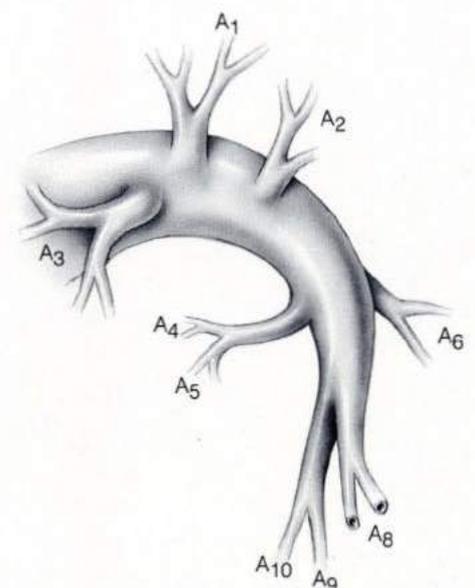


Abb. 2-28 Verzweigung der linken Pulmonalarterie (Bezeichnungen siehe Text).

Varianten der Pulmonalarterien

Varianten der rechten Pulmonalarterie

Die Aufzweigung der rechten Pulmonalarterie zeigt, wenn auch nicht so häufig wie die linke, zahlreiche Variationsmöglichkeiten (Abb. 2-29). Dies hat seine Ursache in der Doppelversorgung des rechten Oberlappens durch sogenannte rekurrierende Arterien aus dem Truncus anterior (A_1, A_2, A_3) und den sogenannten ascendierenden Arterien aus der Pars interlobaris (A_2, A_3).

Ein Truncus anterior findet sich in 86% der Fälle (siehe Abb. 2-27), während in 14% der Fälle (Boyden [2]) 2 Äste ($A_{1/2}$ und A_3) getrennt aus dem mediastinalen Anteil der Pulmonalarterie entspringen (Abb. 2-29a). Während sich der Truncus anterior meist in Form einer Bifurkation aufzweigt, kann sich auch eine Trifurkation (A_{1-3}) mit variabler Segmentversorgung finden (Abb. 2-29b). In 8% der Fälle findet sich keine Gefäßversorgung des Oberlappens aus dem interlobären Teil der Pulmonalarterie (Abb. 2-29b). Wichtig ist, daß ascendierende Arterien zu S_2 (A_2 asc.) einen gemeinsamen Ursprung mit A_6 haben können (Abb. 2-29c). Ebenso kann eine ascendierende Arterie zu S_3 (A_3 asc.) aus A_5 entspringen (Abb. 2-29d). In 14% ist eine ascendierende Arterie A_2 mit einem gemeinsamen Stamm einer ascendierenden Arterie A_3 verbunden (Abb. 2-29e). In 30% findet sich eine ascendierende A_2 und eine ascendierende A_3 .

Die Mittellappenversorgung kann nach Boyden [2] in 52% durch getrennte Arterien erfolgen, wobei die distale Arterie (A_5) unterhalb des Ursprungs von A_6 abzweigt (Abb. 2-29b). Zusätzlich können Äste zum Mittellappen aus A_7 oder einem gemeinsamen Stamm von A_7 und A_8 entspringen (Abb. 2-29g). In 20% der Fälle findet sich mehr als eine Arterie, welche S_6 versorgt (Abb. 2-29f). Die Variationen der Aufteilung der Pars basalis sind weniger von klinischer Relevanz.

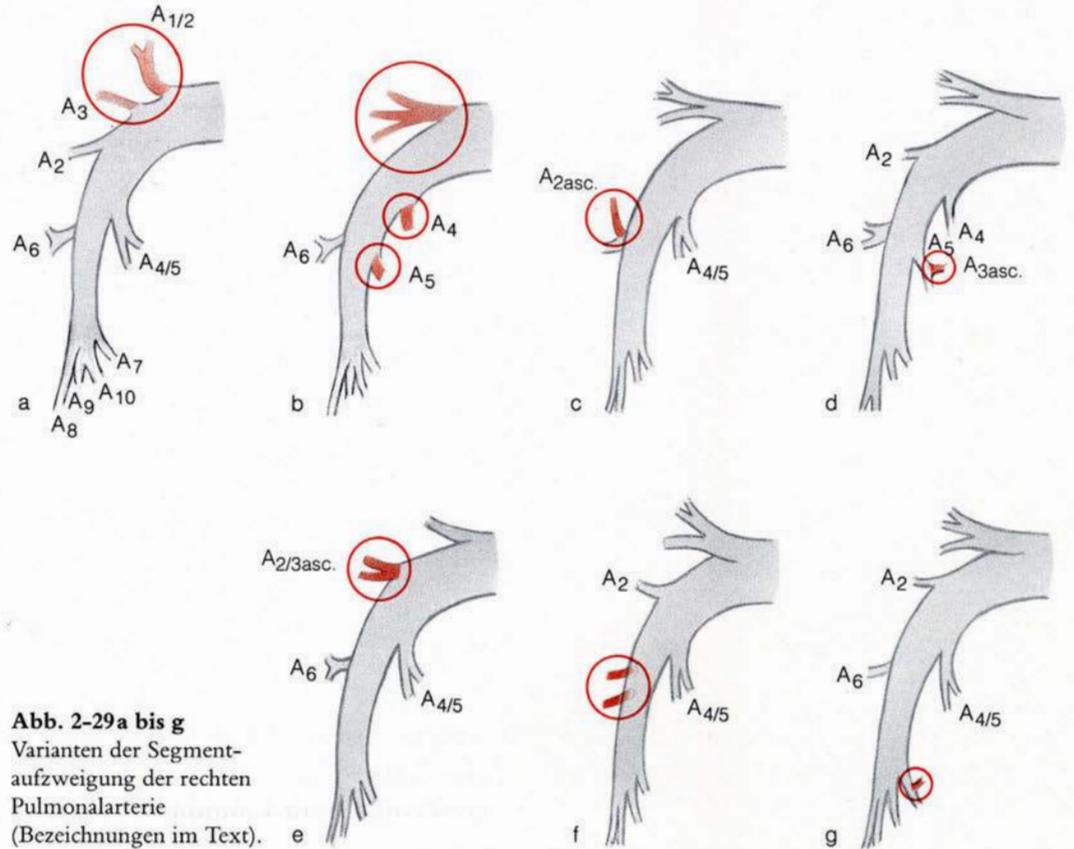


Abb. 2-29a bis g Varianten der Segmentaufzweigung der rechten Pulmonalarterie (Bezeichnungen im Text).

Varianten der linken Pulmonalarterie

Die Varianten der linken Oberlappengefäßversorgung sind vielseitig, so daß eine typische Gefäßversorgung ebenso schwierig zu beschreiben ist wie typische Varianten. Dennoch seien einige der häufigsten Variationsmöglichkeiten genannt.

Posteriore (A_2) und apikale Arterie (A_1) können einen gemeinsamen Stamm besitzen (Abb. 2-30a). Das anteriore Segment kann sowohl von mediastinal aus der A. pulmonalis (A_3) als auch zusätzlich aus dem interlobären Teil (A_3 int.) versorgt werden (Abb. 2-30a). Der interlobäre Ast kann dabei mit den Lingulasegmenten einen gemeinsamen Stamm besitzen (Abb. 2-30b). Auch die Lingula kann zusätzlich von vorne (Abb. 2-30c) oder nur von vorne versorgt werden (Abb. 2-30d). Die Unterlappenspitze kann ihr Blut durch zwei direkte Äste aus der Pulmonalarterie beziehen (Abb. 2-30d).

Wegen der Variabilität der Segmentarterienabgänge empfiehlt es sich, die ganze Segmentaufzweigung eines Lappens vor der Resektion zu präparieren.

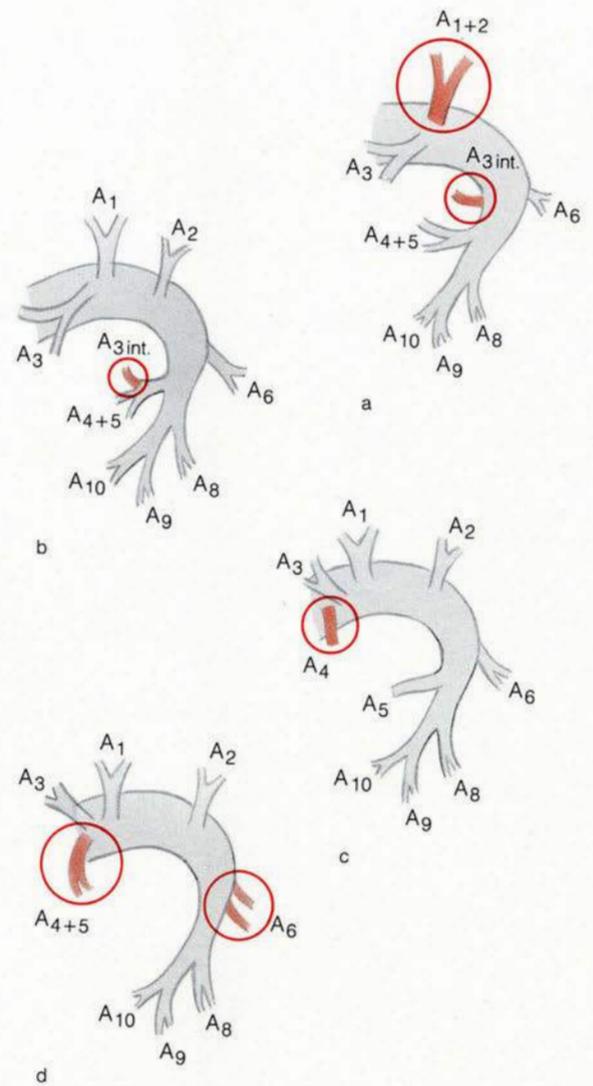


Abb. 2-30a bis d Varianten der Segmentaufzweigungen der linken Pulmonalarterie (Bezeichnungen im Text).

Pulmonalvenen

Die Venen sammeln mit wenigen Ausnahmen durch ihren intersegmentalen Verlauf das Blut aus mehreren Segmenten und führen es zum Hilus.

Rechte Pulmonalvene

Auf der rechten Seite unterscheiden wir eine obere und eine untere Vene. Die obere Vene liegt kaudal, aber vor der Pulmonalarterie (siehe Abb. 2-24). In der Regel besteht sie aus 4 Ästen (Abb. 2-31). Der obere Ast führt Blut aus dem apikalen Segment. Er kreuzt den arteriellen Truncus anterior ventral. Der mittlere Ast führt Blut aus dem posterioren Segment, während der 3. Ast das anteriore Segment drainiert. Sie liegen kulissenförmig übereinander. Der 4. und distale Ast drainiert den Mittellappen.

Die untere Vene mündet unterhalb und hinter der oberen Vene in den rechten Vorhof (siehe Abb. 2-24). Sie hat 2 Hauptzuflüsse, von denen der obere aus der Unterlappenspitze stammt (Abb. 2-31).

Der größere kaudale Stamm entsteht aus dem Zusammenfluß der V. basalis superior, welche S₈ und S₉ drainiert, sowie aus der V. basalis inferior, welche Blut aus S₇ und S₁₀ und zusätzlich noch aus S₉ führt (Abb. 2-31).

Linke Pulmonalvene

Links unterscheiden wir eine obere und untere Pulmonalvene, welche jeweils kaudal und vor der Pulmonalarterie liegen (siehe Abb. 2-25). Die obere Vene besteht aus 3 großen Stämmen (Abb. 2-32). Der kranialste Ast drainiert das apikoposteriore Segment (V_{1/2}), der mittlere Ast das anteriore (V₃) und der untere Ast die Lingulasegmente (V_{4/5}).

Die untere Vene nimmt Blut aus der Unterlappenspitze (V₆) und einem größeren Venenstamm, welcher das Blut der basalen Segmente führt, auf (Abb. 2-32). Diese V. basalis communis besteht aus 2 Stämmen, von denen der obere das Blut des antero- und laterobasalen Segmentes (V_{8/9}) und der untere das Blut des posterobasalen Segmentes (V₁₀) herzwärts leitet.

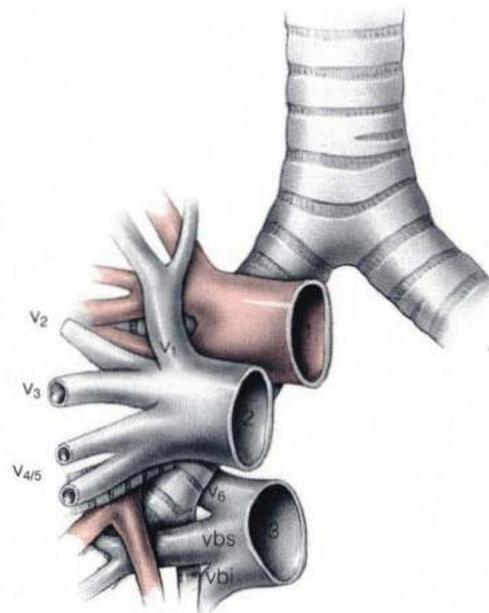


Abb. 2-31 Pulmonalvene rechts mit ihren Zuflüssen (Bezeichnungen im Text).

- 1) A. pulmonalis dextra
 - 2) obere Pulmonalvene
 - 3) untere Pulmonalvene
- V. b. s. = V. basalis superior
V. b. i. = V. basalis inferior

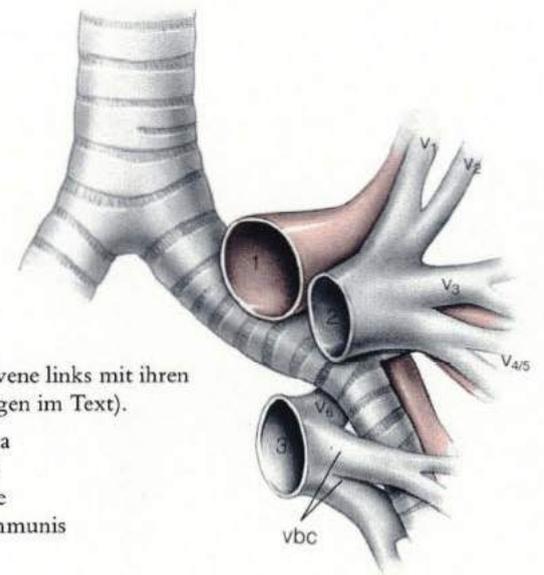


Abb. 2-32 Pulmonalvene links mit ihren Zuflüssen (Bezeichnungen im Text).

- 1) A. pulmonalis sinistra
 - 2) obere Pulmonalvene
 - 3) untere Pulmonalvene
- V. b. c. = V. basalis communis

Varianten der Pulmonalvenen

Varianten der rechten Pulmonalvene

Rechts trifft man die Abnormität einer gemeinsamen Pulmonalvene nur in 3% der Fälle an. Teile der rechten oberen Lungenvene können auch in die obere Hohlvene münden. Wir selbst sahen diese Anomalie einmal. Die Mittellappenvenen können sich auch als eigenständige Äste in die Oberlappenvene drainieren (Abb. 2-33a). Auch ein direkter Abfluß in den linken Vorhof ist möglich (Abb. 2-33b). Ebenso eine Drainage in die untere Pulmonalvene (Abb. 2-33c). Finden sich 2 Mittellappenvenen, kann V₅ in die untere Vene und V₄ in die obere Vene münden (Abb. 2-33d).

Ein Ast von V₆ kann in die posteriore Oberlappenvene münden, während die posteriore Oberlappenvene ihr Blut auch in die untere Lungenvene drainieren kann.

Varianten der linken Pulmonalvene

Die apikale Vene kann sich links direkt in die obere Pulmonalvene entleeren, ohne einen gemeinsamen Stamm mit der posterioren Vene zu bilden (Abb. 2-34a). Wenn die anteriore Vene sich in die apikoposteriore (Abb. 2-34b) oder in die Lingulavene drainiert, finden wir eine Aufzweigung vom Bifurkationstyp anstelle des Trifurkationstyps. In der Hälfte der Fälle bilden die Lingulavenen keinen gemeinsamen Stamm, sondern münden getrennt in die obere Vene (Abb. 2-34c). Dabei kann V₅ auch in die untere Vene abfließen (Abb. 2-34d). Schließlich kann auf der linken Seite in 25% eine gemeinsame linke Pulmonalvene vorkommen.

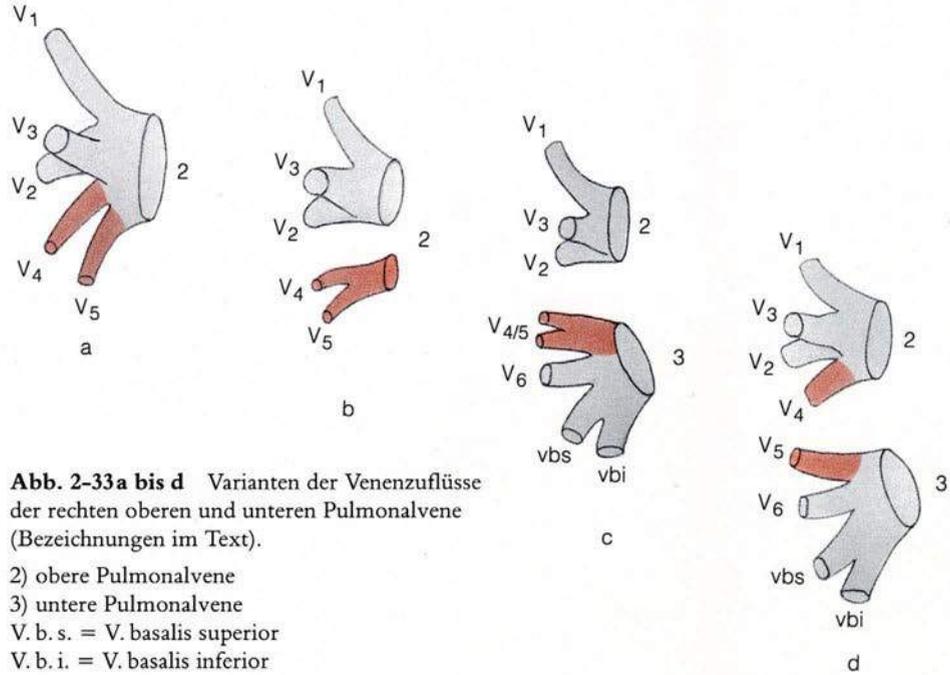


Abb. 2-33a bis d Varianten der Venenzuflüsse der rechten oberen und unteren Pulmonalvene (Bezeichnungen im Text).
 2) obere Pulmonalvene
 3) untere Pulmonalvene
 V. b. s. = V. basalis superior
 V. b. i. = V. basalis inferior

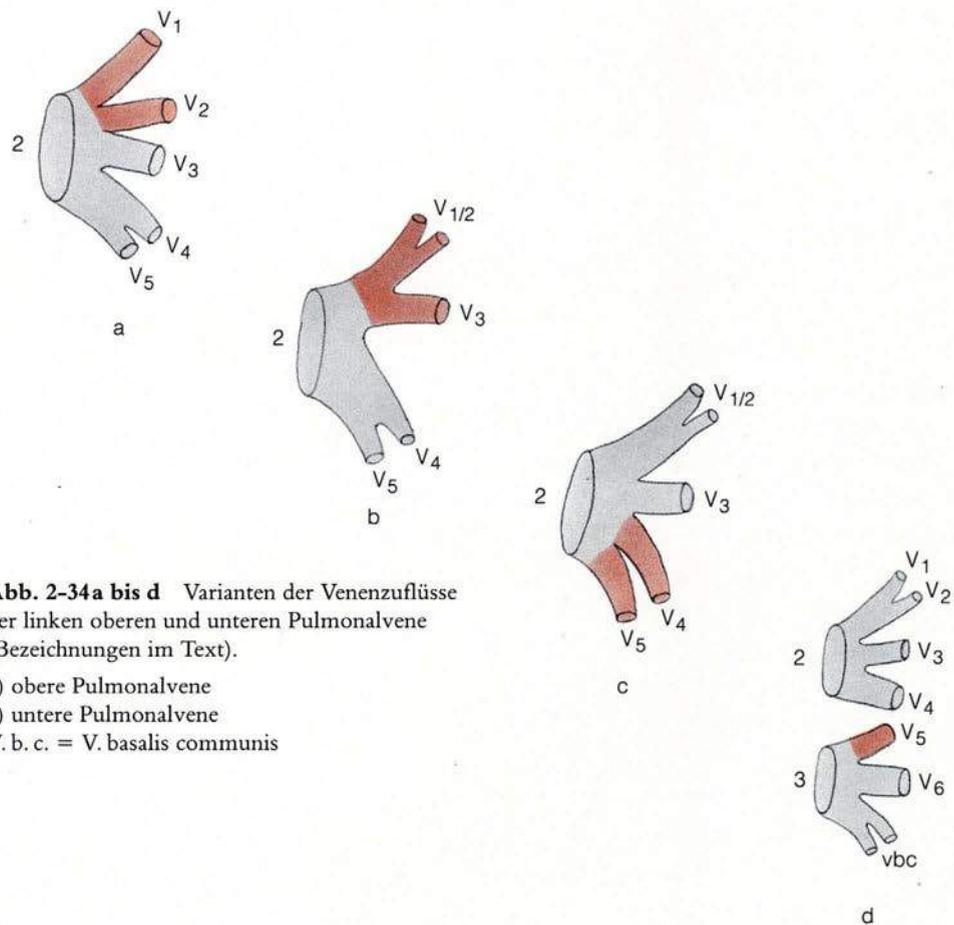


Abb. 2-34a bis d Varianten der Venenzuflüsse der linken oberen und unteren Pulmonalvene (Bezeichnungen im Text).
 2) obere Pulmonalvene
 3) untere Pulmonalvene
 V. b. c. = V. basalis communis

Bronchialarterien

Die Bronchialarterien entspringen entweder aus einer Interkostalarterie, dem Aortenbogen oder der Aorta descendens. Sie verlaufen in der Regel an der Hinterwand des Bronchus. Rechts verläuft eine Bronchialarterie, aus der dritten Interkostalarterie entspringend, an der Rückseite des rechten Hauptbronchus entlang und teilt sich in ihre Äste entsprechend der Lappenaufteilung. Eine zusätzliche Arterie kann aus dem Aortenbogen direkt entspringen und an der Vorderseite des rechten Hauptbronchus medial verlaufen (Abb. 2-35).

Links findet die Versorgung in der Regel durch 2 getrennte Bronchialarterien statt, welche aus der Aorta descendens entspringen. Der R. bronchialis superior zieht an der Rückseite des Hauptbronchus zum Oberlappen, während der R. bronchialis inferior zum Unterlappen hin verläuft (Abb. 2-35).

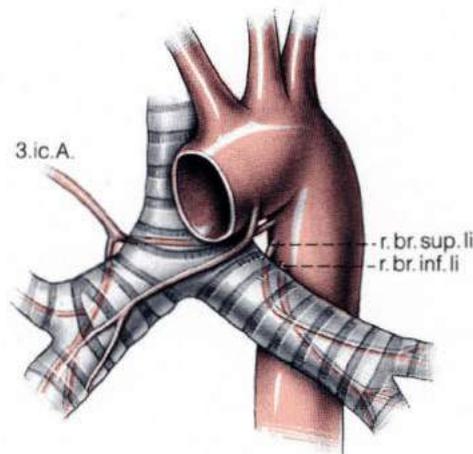


Abb. 2-35 Verlauf der Bronchialarterien (modifiziert nach Netter [19a]).
3. ic. A. = 3. Interkostalarterie
r. br. sup. li. = Ramus bronchialis superior links
r. br. inf. li. = Ramus bronchialis inferior links

Varianten der Bronchialarterienversorgung

Die rechts vorne am medialen Rand des rechten Hauptbronchus verlaufende Bronchialarterie kann einen gemeinsamen Ursprung mit dem R. inferior der linken Seite haben (Abb. 2-36a). Während sich beidseits nur je 1 Bronchialarterie finden kann (Abb. 2-36b), sind zusätzliche Versorgungsformen aus der Aorta descendens oder dem Truncus brachiocephalicus möglich (Abb. 2-36c). Bei der Bronchusresektion, vor allem bei Manschettenresektionen und bei Pneumonektomien, sind die Bronchialarterienäste möglichst zu schonen und nur in der Resektions Ebene zu durchstechen, so daß eine gute Durchblutung des Stumpfes gewährleistet ist. Bei jeder Bronchusresektion muß die Arterie isoliert durchstochen werden, da sie sich aus der Bronchusnaht retrahieren kann, was unweigerlich zu Nachblutungen führt.

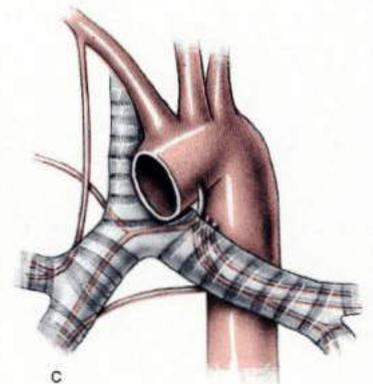
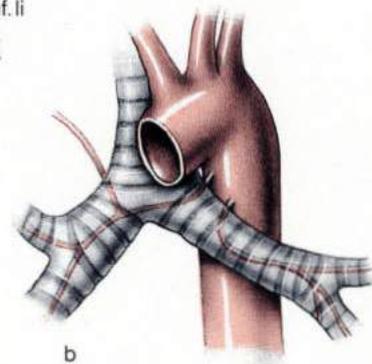
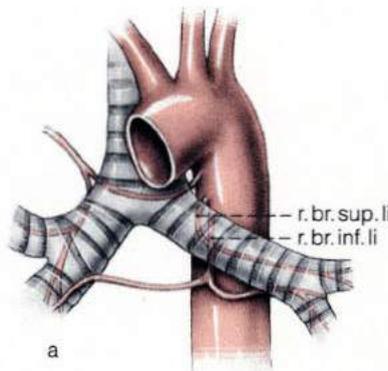


Abb. 2-36a bis c Verschiedene Varianten der Bronchialarterienversorgung (Beschreibung siehe Text; modifiziert nach Netter [19a]).
r. br. sup. li. = Ramus bronchialis superior links
r. br. inf. li. = Ramus bronchialis inferior links

Lymphabflußwege

Siehe Kapitel „4“.

Allgemeine Operationstechnik

Intubation

Lungenresektionen sind bei normaler endotrachealer Intubation möglich. Technisch einfacher gestaltet sich das operative Procedere allerdings bei Intubation mit einem Doppellumentubus, wobei jede Seite getrennt beatmet werden kann.

Bei der Chirurgie von Bronchiektasen und Lungenabszessen muß eine Doppellumenintubation auf jeden Fall vorgenommen werden, damit kein eitriges Sekret bei dem in Seitenlage operierten Patienten auf die gesunde Seite fließt. Auch bei bronchoplastischen Resektionen ist es von Vorteil, wenn die operierte Seite zeitweise nicht beatmet wird.

Bei Eingriffen an der rechten Seite wird der Carlens-Tubus und bei Eingriffen an der linken Seite der White-Tubus verwendet (Abb. 2-37). Da letzterer oft sehr unsicher zu plazieren ist, empfiehlt es sich, auch bei linksseitigen Resektionen mit dem Carlens-Tubus zu intubieren. Allerdings muß der Tubus bei der linksseitigen Pneumonektomie unmittelbar vor der Durchtrennung des Hauptbronchus in die Trachea zurückgezogen werden. Zur exakten Plazierung des Tubus kann ein Intubationsbronchoskop hilfreich sein.

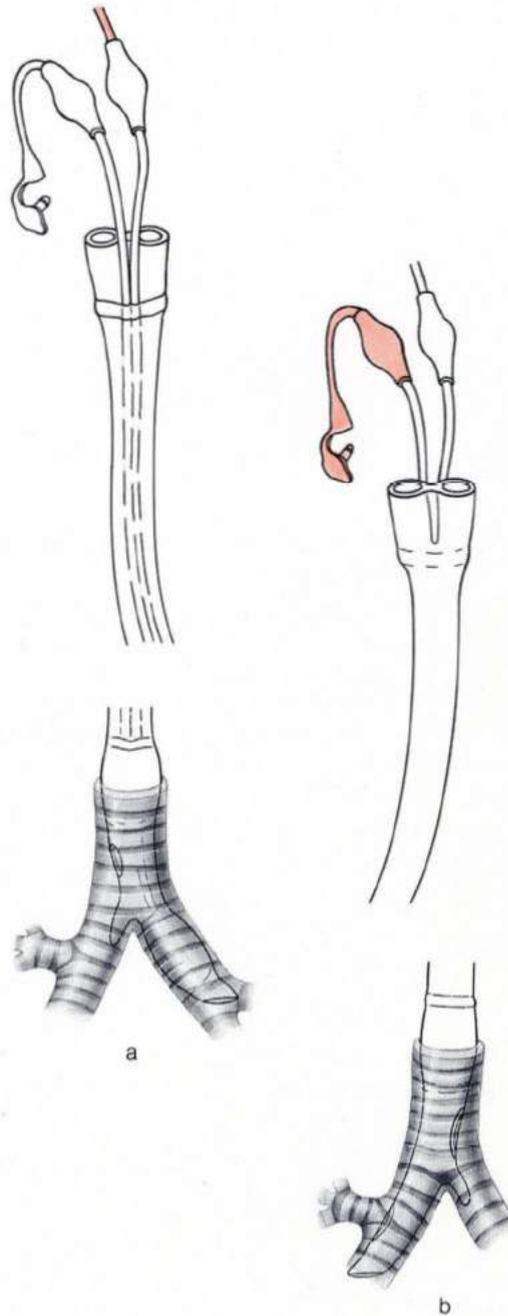


Abb. 2-37a und b Doppellumentuben nach Carlens für rechtsseitige Resektionen (a) und nach White für linksseitige Resektionen (b).

Tab. 2-2 Instrumente für die Lungenchirurgie.

Instrument	Zahl	Größe	Instrument	Zahl	Größe
Atraumatische Pinzette nach De Bakey	2	300/2,8	Anastomosenklemme nach Derra	3	170
	2	240/2,8	Ligaturklemme nach De Bakey (Maul gebogen)	1	160
	2	200/1,5 (Koagulation)	Mikulicz-Klemmen	6	200
Präparierschere nach Nelson/Metzenbaum (gebogen)	1	280	Rinne nach Brunner	1	300
	2	225	Unterbindungsnadel nach Brunner	1	300
Gefäßschere nach Potts	1	195	abgewinkeltes Skalpell (rechts und links)	je 1	220
Dissektionsklemmen nach Overholt 1,2,3,5	je 2	220	Nadelhalter nach Hegar	3	200
Dissektionsklemmen nach Overholt 1,2,3,5	je 1	280		2	250
Dissektionsklemme Baby-Mixer	1	180	Atraumatischer Gefäßnadelhalter	1	200
Lungenfaßzange nach Duval	1	200/20		1	250
	1	200/25	Lungenspatel nach Allison	2	255
Lungenfaßzange nach Williams	1	220 (Lymphknoten)	Präpariertupfer (klein, groß)	je 3	
	1	300	Stieltupfer (pflaumengroß)	3	
Gewebefaßzange nach Dabcock	1	220	Klammernahtinstrumente Fa. Autosuture	TA TM 30	Magazin blau 3,5
Bronchusklemme nach Price Thomas	2	220		TA TM 55	grün 4,8
Gefäßklemme nach Satinsky	2	265		GIA TM 50	weiß 2,5
Gefäßklemme nach De Bakey (stark gebogen)	1	270 (Vorhof)			blau 3,5
Gefäßklemme nach De Bakey (60° gewinkelt)	2	280			grün 4,8
Gefäßklemme für Tangentialverschluß (doppelt gewinkelt)	2	280	Klammernahtinstrument	TA TM 90	4,0
Aortenaneurysmenklemme nach De Bakey (leicht gebogen)	2	250	Hämoclips (mittel, mittelgroß)		
			Vascular tourniquet set		
			Vessel loops		

Operationsinstrumentarium

Tabelle 2-2 zeigt die für die Lungenchirurgie wesentlichen Instrumente.

Nahtmaterialien

Die zur Verwendung kommenden Nahtmaterialien zeigt Tabelle 2-3.

Tab. 2-3 Nahtmaterial.

Organ	Nahtmaterial	Stärke USP	Resorbierbar	Nicht resorbierbar
Lungenparenchym	Seide	2-0 bis 3-0		x
	Polyglycolsäure/Polyglactin, Polyglyconat	2-0 bis 4-0	x	
Segmentbronchus	Polyglycolsäure/Polyglactin/Polyglyconat	2-0	x	
	Klammermagazin TA 30	blaues Magazin		x
Lappenbronchus	Polyglycolsäure/Polyglactin/Polyglyconat	2-0 bis 0	x	
	Klammermagazin TA 30	blau		x
Hauptbronchus	Polyglycolsäure/Polyglactin/Polyglyconat	0 bis 1	x	
	Klammermagazin TA 55	grün		x
	Klammermagazin TA 30	grün		x
Bronchusstumpf-anastomosen	Polyglycolsäure/Polyglactin/Polyglyconat	2-0 bis 3-0	x	
Gefäße (Segment)	Zwirn	EP 3,5		x
	Polypropylen	3-0		x
	Polyglycolsäure/Polyglactin/Polyglyconat	2-0 bis 3-0	x	
Gefäße (Lappen)	Zwirn	EP 4		x
	Polypropylen	2-0 bis 3-0		x
	Polyglycolsäure/Polyglactin/Polyglyconat	2-0 bis 0	x	
Pulmonalarterienstamm	Zwirn	EP 5		x
	Polypropylen	2-0 bis 3-0		x
Vorhof	Polypropylen	2-0 bis 3-0		x
Gefäßanastomosen	Polypropylen	4-0 bis 5-0		x
Durchstechungen (Thoraxwand)	Seide	2-0 bis 3-0		x
	Polyglycolsäure/Polyglactin/Polyglyconat	2-0 bis 4-0	x	
Durchstechungen (Gefäße)	Polypropylen	3-0 bis 5-0		x

Lösung von Adhäsionen

Zarte Verklebungen der Lunge mit der Brustwand lassen sich oft gut lösen, indem man die Lunge mit einem Stieltupfer intrapleural abschiebt (Abb. 2-38). Teilweise gelingt es auch, mit den Fingern oder der ganzen Hand durch zarten Druck auf das Lungenparenchym die Lunge zu mobilisieren. Hierbei muß der Handrücken stets Kontakt zur parietalen Pleura halten, um Parenchymzerreißen zu vermeiden.

Bei der Präparation bilden sich bei stärkeren Verklebungen kräftige Stränge oder Segel, welche mit der Schere abschnittsweise zwischen Ligaturen zu durchtrennen sind.

Bei der Lösung des Oberlappens ist es sinnvoll, von hinten auf den Aortenbogen bzw. rechts auf die V. azygos hinzupräparieren (1) (Abb. 2-39). Danach wird die ventrale Lungenkante vom Mediastinum und nach kranial entlang der V. cava superior mobilisiert, bis der Oberlappen oberhalb des Lungenhilus mediastinal gelöst ist (1 und 2). Danach beginnt die Lösung des Oberlappens aus der Thoraxkuppel (3), wo sich oft derbe Verwachsungen finden können, so daß ein extrapleurales Vorgehen sinnvoll sein kann.

Bei der Lösung des Unterlappens bzw. Mittellappens befreit man diese zuerst von vorne vom Perikard und Zwerchfell (4) und präpariert dann in Richtung des Lig. pulmonale (5). Danach wird von hinten her der Unterlappen von der Thoraxwand abpräpariert (6) und von der Aorta descendens bzw. der V. azygos gelöst. Die Präparation gelingt oft stumpf mit den tastenden Fingern in Richtung Lig. pulmonale, bis hier die Verbindung zum ventralen Präparationsweg gefunden ist (5 und 6).

Zuletzt werden die oft sehr starken Verwachsungen des Unterlappens im Sinus phrenicocostalis und zum Zwerchfell gelöst, wobei auf den Unterlappen ein leichter Zug nach kranial ausgeübt wird (7).

Wird die Situation im Sinus phrenicocostalis unübersichtlich oder kommt es zu stärkeren Blutungen, ist es sinnvoll, senkrecht zur Thora-

kotomieinzision einen Hautschnitt nach kaudal zu legen. Nach Durchtrennung des Subkutangewebes und der Muskulatur wird der Thorax 2 bis 3 ICR tiefer eröffnet, wodurch die Übersicht deutlich verbessert wird (Abb. 2-40).

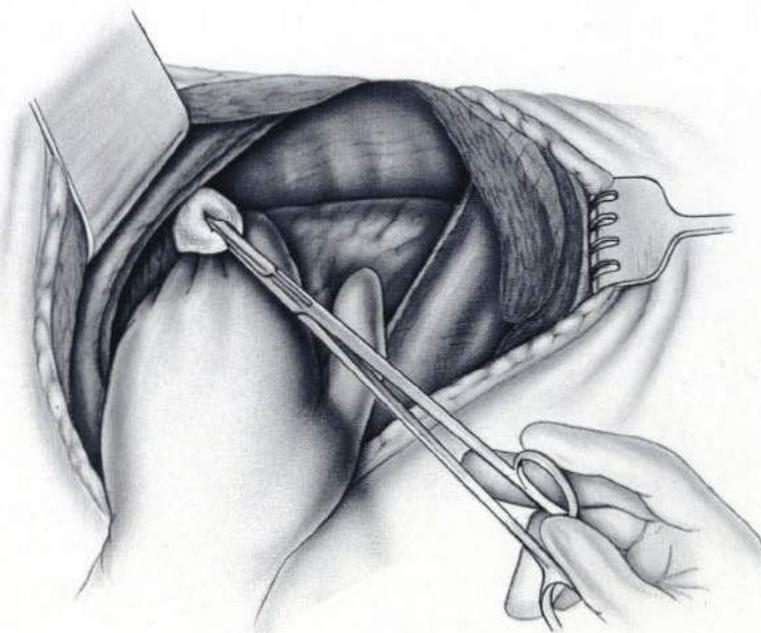


Abb. 2-38 Lösung von Adhäsionen zwischen Pleura visceralis und Pleura parietalis.

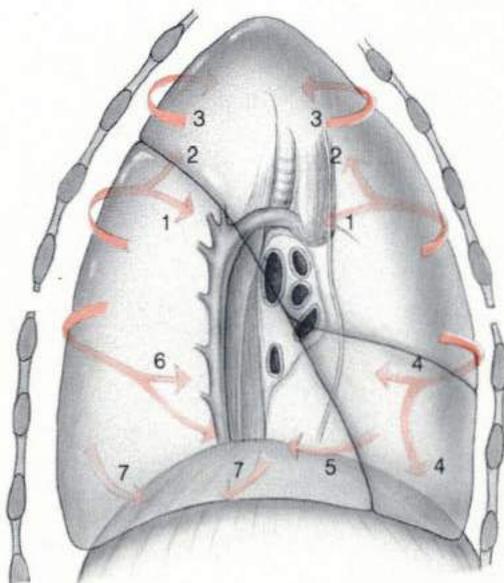


Abb. 2-39 Reihenfolge der Präparation bei der Lösung des rechten Oberlappens, Mittellappens und Unterlappens (Bezeichnungen im Text).

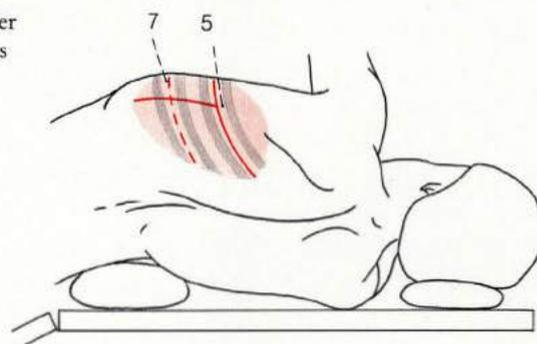


Abb. 2-40 Zweitthorakotomie (sogenannter Doppeldecker; gestrichelte Linie) nach senkrechter Erweiterung des Hautschnittes (ausgezogene Linie).

Extrapleurales Vorgehen

Stärkere Schwienen oder pleuranah gelegene Prozesse, bei denen zu befürchten ist, daß man bei der intrapleuralem Lösung in sie einbricht, sollten extrapleural gelöst werden.

Nach Durchtrennung der Interkostalmuskulatur wird die Pleura parietalis nach allen Seiten von der Thoraxwand abpräpariert, bevor der Thoraxsperrer eingesetzt wird. Danach erfolgt die Lösung im Bereich der Fascia endothoracica. Hierbei ist es wichtig, in der richtigen Schicht vorzugehen, um vor allem im Bereich der Pleurakuppel keine Gefäße zu verletzen.

Cave

Präparation innerhalb der Fascia endothoracica.

Ein Hinweis dafür, daß in der falschen Schicht präpariert wird, ist es, wenn sich Fasern der Interkostalmuskulatur auf der abpräparierten Pleuraschwiele finden. Bei der Präparation der Thoraxkuppel sind die V. subclavia bzw. die Arterie verletzungsgefährdet, so daß die Lösung hier immer unter Sicht vorgenommen werden sollte. Links ist oberhalb des Aortenbogens auf den hier verlaufenden Ductus thoracicus zu achten. Ebenso muß der N. vagus geschont werden, der seinen R. recurrens im Bereich des Aortenbogens abgibt (siehe Abb. 2-25).

Bei der extrapleuralem Lösung der Lunge kann es zu diffusen Blutungen aus der Thoraxwand kommen. Hierbei handelt es sich meist um kleine eröffnete Arterien. Diese Blutungen müssen mittels Durchstechungsligaturen versorgt werden. Bei diffusen Sickerblutungen bewährt sich der Infrarotkoagulator. Steht ein solcher nicht zur Verfügung, können derartige profuse Blutungen zum Stehen gebracht werden, indem man resorbierbares Kollagenvlies mit Fibrinkleber auf die Thoraxwand aufklebt.

Gefäßpräparation und Gefäßversorgung

Gefäßpräparation

Die Operabilität eines pulmonalen Prozesses hängt entscheidend von der Darstellbarkeit der Gefäße ab. Außer bei Karzinomen beginnt man im allgemeinen mit der Darstellung der Arterien. Für die Resektion von malignen Tumoren ist zu empfehlen, zuerst die Venen zu versorgen, um bereits in der ersten Phase des Eingriffs die hämatogene Aussaat von malignen Zellen bei der weiteren Präparation zu verhindern.

Die Gefäße sollen aus ihrer Gefäßscheide ausgeschält werden. Bei unverändertem Hilus ist dies leicht zu erreichen, indem man mit einer anatomischen Pinzette die Gefäßscheide anhebt und sie mit der Schere einschneidet (Abb. 2-41 a). Durch Spreizen der Scherenbranchen oder mit dem Dissektor wird die Öffnung erweitert (Abb. 2-41 b).

Die Gefäßscheide wird mit der Pinzette gefaßt und das Gefäß mit einem Präpariertüpfelchen durch leichten Druck auf das Gefäß mit rollenden Bewegungen aus seiner Scheide befreit (Abb. 2-42). Erst danach wird es mit einem Overholt unterfahren, da bei den zarten Gefäßwänden eine vermehrte Perforationsgefahr besteht, wenn man es versäumt, das Gefäß an seiner Hinterwand genügend freizupräparieren.

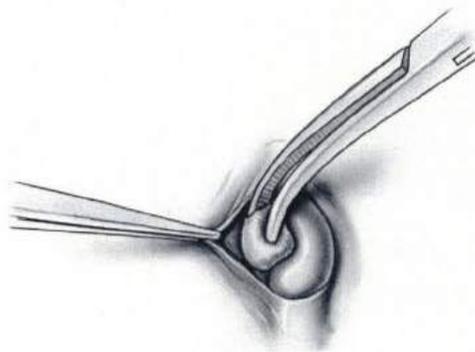


Abb. 2-42 Technik der Aushülsung des Gefäßes aus seiner Gefäßscheide mittels Präpariertüpfelchen.

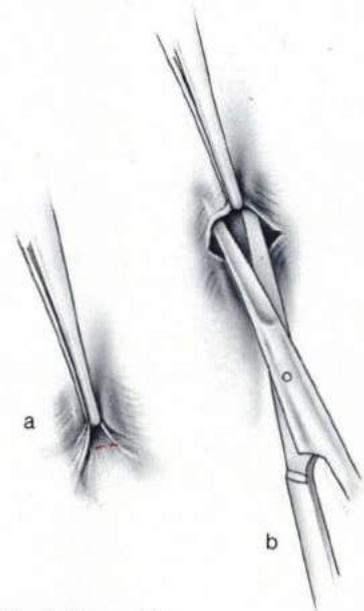


Abb. 2-41 a und b

Technik der Gefäßpräparation.

- Die Gefäßscheide ist mit einer feinen anatomischen Pinzette angehoben und wird quer eingeschnitten.
- Mit der Präparierschere wird in Verlaufsrichtung des Gefäßes eingegangen und gespreizt.

Gefäßligatur

Für Segmentäste genügt im allgemeinen eine einfache Ligatur mit resorbierbarem oder nicht resorbierbarem Nahtmaterial (siehe Tab. 2-3). Gefäße stärkeren Kalibers werden doppelt ligiert oder zusätzlich mit Durchstechungsligaturen versorgt, wobei die proximale Ligatur in die Durchstechungsligatur mit eingeknotet wird, um ein Abrutschen dieser Ligatur zu verhindern. Es ist sinnvoll, nach peripher hin die Segmentaufzweigungen vor allem bei den Pulmonalvenen in Einzelportionen zu ligieren, um somit genügend Strecke zu bekommen (Abb. 2-43).

Läßt sich nur eine verhältnismäßig kurze Gefäßstrecke darstellen, wird lungenwärts eine Klemme gesetzt und nach Unterschieben einer Kocher-Rinne das Gefäß mit dem Skalpell unmittelbar entlang der Klemme durchtrennt (Abb. 2-44). Nach Legen einer Durchstechungsligatur nach peripher wird die Klemme entfernt.

Sicherung des Pulmonalarterienstammes

Die Gefäßpräparation ist gerade an den Abgängen der Segmentarterien oft erschwert durch entzündliche Prozesse, Narben oder Lymphknotenpakete. Die Gefäßscheide ist dann mit der Umgebung verbacken. Nur durch sehr sorgfältige Präparation kann eine Verletzung der Gefäßwand vermieden werden. Bei erschwerter Präparationsverhältnissen im Segmentaufzweigungsbereich ist es sinnvoll, den Arterienhauptstamm zentral freizupräparieren. Das Unterfahren des Pulmonalisstammes mit der Overholt-Klemme darf nur unter Führung des tastenden Fingers von der Gegenseite geschehen. Ist das Gefäß zentral unterfahren, wird ein Tourniquet gelegt, der bei einer Blutung in der Peripherie zugezogen werden kann (Abb. 2-45).

Beachte:

Gelingt es nicht, den Gefäßstamm extraperikardial zu unterfahren, darf nicht gezögert werden, den Gefäßstamm nach Eröffnung des Perikards soweit intraperikardial freizupräparieren, daß jederzeit eine zentrale Klemme gesetzt werden kann.

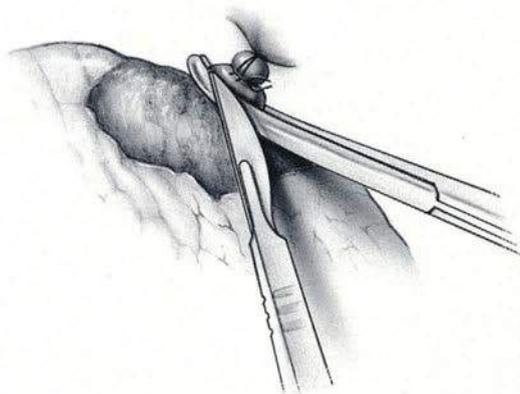


Abb. 2-44 Prinzip der Gefäßresektion nach dem Setzen einer peripheren Klemme.



Abb. 2-43 Prinzip der Durchstechungsligatur.

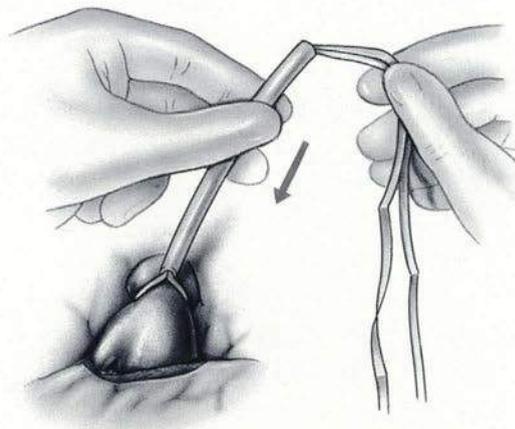


Abb. 2-45 Zentrale Anschlingung der linken Pulmonalarterie mittels Tourniquet.

Offene Segmentarterienresektion

Wächst der Tumor so nahe an den Pulmonalarterienstamm heran, daß eine Ligatur der Segmentarterie unmöglich ist, wird zentral und peripher mit einer atraumatischen Gefäßklemme abgeklemmt, so daß die Resektion offen vorgenommen werden kann (Abb. 2-46). Der Defekt in der Pulmonaliswand wird durch eine fortlaufende atraumatische, nicht resorbierbare Gefäßnaht der Stärke 5-0 verschlossen (Abb. 2-47).

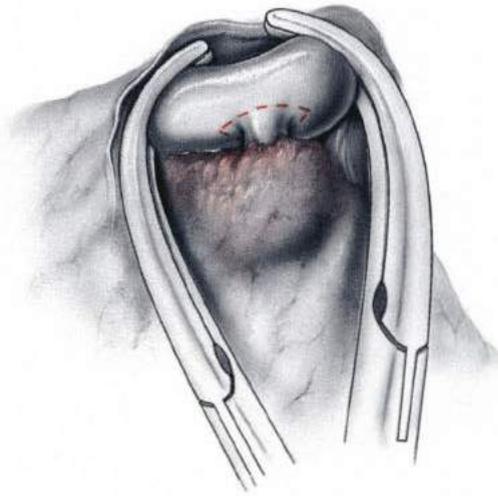


Abb. 2-46 Prinzip der offenen Segmentarterienresektion. Zentrale und periphere Ausklemmung des Pulmonalarterienstammes.



Abb. 2-47 Prinzip der offenen Segmentarterienresektion. Naht des Pulmonalarterienwanddefektes.

Zentraler Gefäßverschluß durch Naht

Große Pulmonalgefäße werden insbesondere bei intraperikardialer Absetzung am sichersten mittels Naht verschlossen.

Das Gefäß wird nach zentral mit einer Gefäßklemme abgeklemmt, ebenso nach distal. Entlang der distalen Klemme wird das Gefäß durchtrennt. Direkt distal der zentral sitzenden Gefäßklemme wird nun an einer Kante des Gefäßes eine nicht resorbierbare Naht der Stärke 3-0 geknotet und der Faden in U-Nahtstichen zur anderen Kante des Gefäßes geführt (Abb. 2-48a). Während der 1. Assistent das geknotete Fadenende und den nadeltragenden Fadenteil unter Zug hält, wird die Klemme vom Operateur vorsichtig geöffnet. Jetzt erfolgt die fortlaufende überschlagende Naht zurück (Abb. 2-48b). Hierdurch kommt es zu einer Raffung des Gefäßstumpfes. Die beiden Fadenenden werden verknotet.

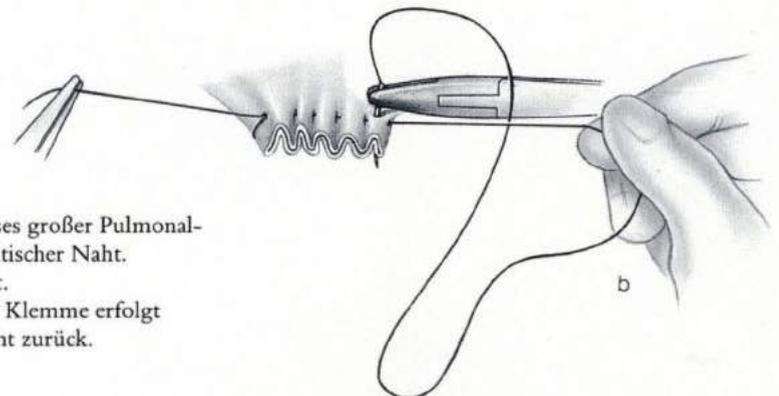
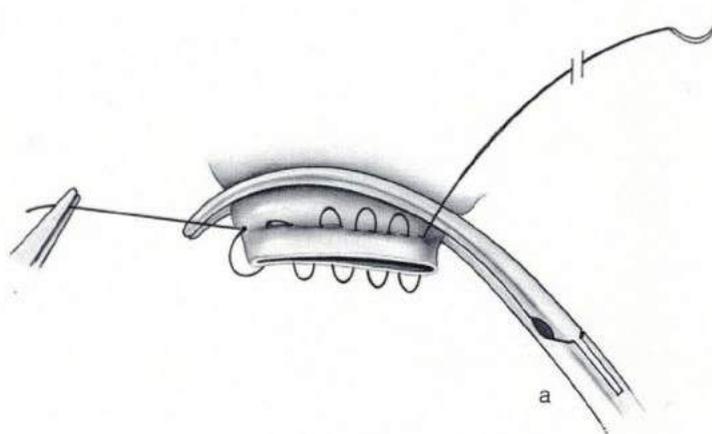


Abb. 2-48a und b Technik des Verschlusses großer Pulmonalgefäße mittels atraumatischer Naht.
a) U-Naht wird gelegt.
b) Nach Entfernen der Klemme erfolgt die fortlaufende Naht zurück.

Gefäßanastomose

Bei bronchoplastischen Resektionen wie der Oberlappenmanschettenresektion kann es erforderlich sein, ein Segment der Pulmonalarterie mitzuresezieren, wenn der Tumor auf diese übergegriffen hat. Nach zentralem und peripherem Abklemmen der Pulmonalarterie wird das tumorbefallene Pulmonalarteriensegment reseziert. Die Kontinuität des Gefäßes wird mit fortlaufender, nicht resorbierbarer Naht der Stärke 5-0 mit doppelt armiertem, atraumatischem Faden wiederhergestellt. Der doppelt armierte Faden wird geknotet, so daß 2 gleich lange Fadenenden verbleiben (Abb. 2-49a). Mittels eines gegenüberliegenden geknoteten Haltefadens wird die Anastomose ausgespannt. Mit dem einen nadelarmierten Faden wird die Hinterwand der Anastomose fortlaufend genäht und danach mit dem Haltefaden verknötet (Abb. 2-49b), welcher daraufhin abgeschnitten wird. Mit dem anderen Fadenende erfolgt die Naht der Vorderwand (Abb. 2-49c). Beide werden nach Fertigung der Anastomose miteinander verknötet.

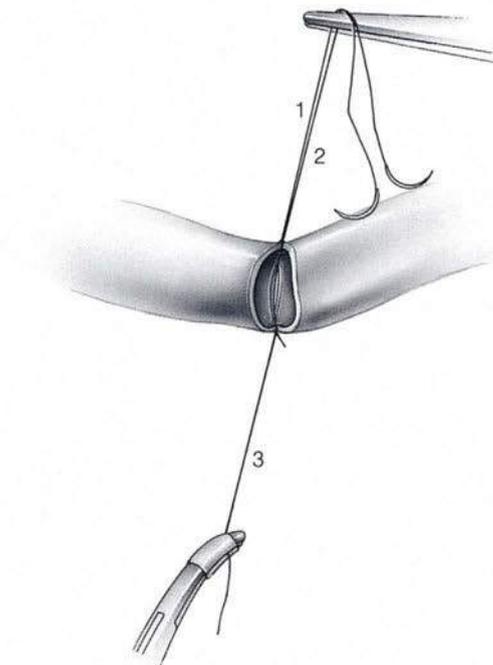


Abb. 2-49a Technik der Gefäßanastomose mit doppelt armiertem Faden. Der Faden wird geknotet, so daß 2 gleich lange Fadenenden entstehen (1, 2). Die Anastomose ist durch einen gegenüberliegenden Haltefaden ausgespannt (3).

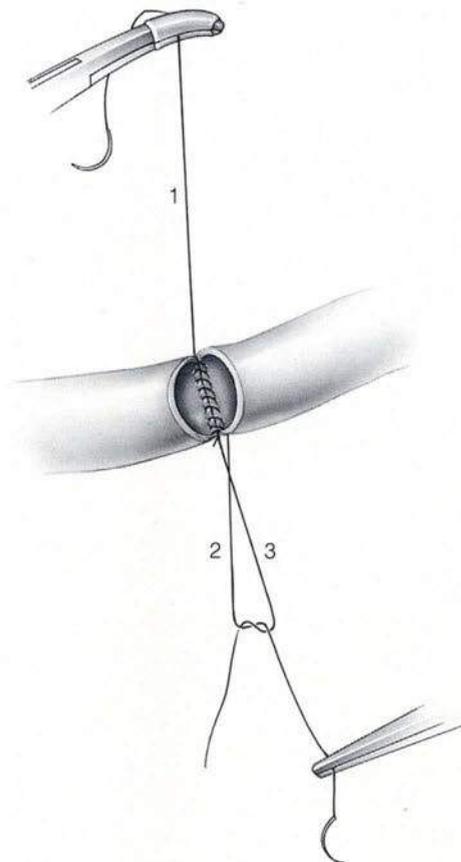


Abb. 2-49b Technik der Gefäßanastomose mit doppelt armiertem Faden. Die Rückwand der Anastomose ist genäht, der Faden (2) mit dem Haltefaden (3) verknötet.

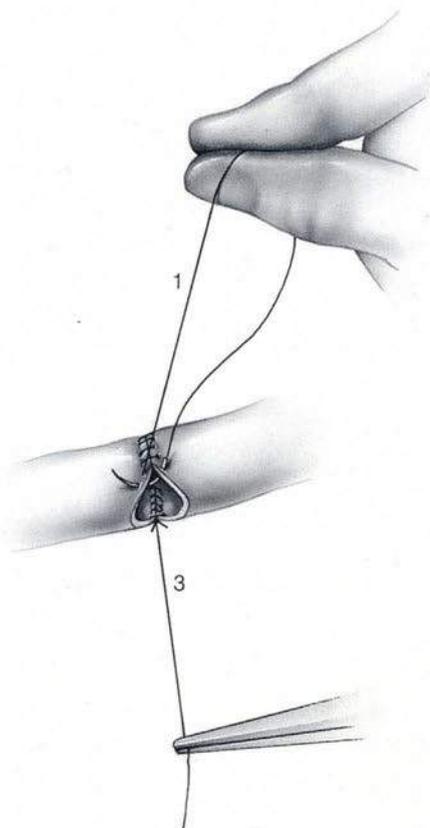


Abb. 2-49c Technik der Gefäßanastomose mit doppelt armiertem Faden. Mit dem 2. Fadenende (1) wird die Vorderwand genäht.

Beherrschung einer Blutung

Kommt es bei der Präparation zu einem kleinen Einriß der Gefäßwand der A. pulmonalis, so steht die Blutung oft endgültig nach 2- bis 3minütiger digitaler Kompression. Bei größeren Blutungen im Bereich des Hauptstammes muß die Blutung sofort digital komprimiert werden. Blindes Setzen von Klemmen führt in der Regel nur zur Vergrößerung des Risses in der leicht vulnerablen Gefäßwand. Wurde der Hilus vorher genügend freipräpariert, was deswegen als obligat anzusehen ist, kann vom 1. Assistenten das Perikard breit eröffnet werden, so daß die Pulmonalarterie zentral abgeklemmt werden kann, worauf die Blutung steht.

Präparation der Bronchien

Vor jeder Lungenresektion muß man sich durch eine Bronchoskopie von den endobronchialen Verhältnissen überzeugen, um bei Tumoren die Resektionsebene festlegen zu können und die Operationstaktik zu bestimmen. Der Sicherheitsabstand bei Resektionen von Karzinomen sollte mindestens 0,5 cm, besser 1 cm betragen. Da die Bronchusstumpfheilung wesentlich von einem einwandfreien Zustand der Schleimhaut abhängt, besteht der Sinn der präoperativen Bronchoskopie auch in der optischen und histologischen Untersuchung der Schleimhaut in der geplanten Resektionsebene. So müssen eine ulzerierende Schleimhauttuberkulose ebenso wie unspezifisch entzündliche Veränderungen vorbehandelt werden, da sie die Stumpfheilung in gleicher Weise gefährden wie eine Lymphangiosis carcinomatosa.

Die Darstellung des Bronchus eines zu resezierenden Lungenanteils erfolgt in der Regel erst im Anschluß an die Versorgung der Gefäße. Bei sehr zentral sitzenden Karzinomen ist es allerdings zweckmäßig, sich zuerst durch Palpation und gegebenenfalls Vorpräparation des Hauptbronchus zu überzeugen, ob er im gesunden Bereich abgesetzt werden kann. Die Präparation wird dabei dorsolateral begonnen. Unmittelbar am Rande des Lungenparenchyms wird die Pleura inzidiert. Benachbarte Strukturen, wie z. B. der Ösophagus, werden abgeschoben und Lymphknoten exstirpiert.

Nach Eröffnen der teilweise sehr derben peribronchialen Bindegewebsscheide kann der Bronchus meistens stumpf mit dem Finger bis zur Bifurkation freipräpariert werden. Hierbei ist darauf zu achten, daß der Bronchus möglichst wenig skelettiert wird, um die Ernährung des Stumpfes und damit seine einwandfreie postoperative Heilung zu sichern.

Bronchusstumpfverschluß

Die Problematik des Bronchusstumpfverschlusses zeigt sich bereits an den zahlreichen Techniken, die in der Literatur angegeben sind.

Beachte:

Die sichere Bronchusstumpfheilung ist entscheidend für den Enderfolg des gesamten operativen Eingriffs.

Vergleichbare Zahlen über den Prozentsatz an postoperativen Bronchusstumpffisteln liegen für die verschiedenen Methoden nicht vor. Es dürfte auch schwerlich gelingen, solche Zahlen zu erhalten, zumal die Entstehung einer Bronchusfistel zum Teil mitbedingt ist von der Grundkrankheit oder der Breite der Indikationsstellung zum operativen Eingriff.

Bei der Operation ist neben der schonenden Behandlung des peribronchialen Gewebes darauf zu achten, daß der Stumpf möglichst kurz gehalten wird, um eine Taschenbildung und damit Sekretretentionen und Abszedierungen zu verhindern.

Der Ablauf der Bronchusstumpfheilung wurde von Oehlert, Brendlein, Wenig und Wolfart experimentell untersucht [21]. Dabei stellte sich heraus, daß die bindegewebige Obliteration der Bronchiallichtung erst nach der 3. postoperativen Woche beginnt und in der 6. Woche abgeschlossen ist.

Beachte:

Die wichtigste Voraussetzung für eine sichere Bronchusstumpfheilung ist also eine möglichst feste und lange haltende Naht.

Für die Naht ist nur atraumatisches Material zu verwenden. Man muß sich darüber im klaren sein, daß die Bronchusstumpfheilung ein sekundärer Heilungsvorgang per granulationem ist.

Das Nahtmaterial selbst verursacht einen mehr oder weniger starken Fremdkörperreiz, so daß zusätzliche Fremdkörpergranulome entstehen, die zur Insuffizienz der Naht führen können. Resorbierbare Polyglykol-Materialien haben sich heute für den

Bronchusstumpfverschluß allgemein durchgesetzt. Sie bieten die Gewähr, daß die Resorption nicht vor der 4. postoperativen Woche einsetzt und führen durch ihre Gewebeverträglichkeit seltener zu Granulomen.

Es würde zu weit führen, hier auf alle bisher beschriebenen Techniken des Bronchusstumpfverschlusses einzugehen. Wir beschränken uns auf die grundlegenden und historisch relevanten Verfahren, von denen alle anderen ohne weiteres abgeleitet werden können.

Bronchusverschluß nach Overholt

Nach Overholt werden 2 Knorpelringe gegenüber der Pars membranacea gespalten. Danach werden Matratzennähte gelegt, welche teilweise die Pars membranacea mitfassen und nach Anziehen der Fäden zu einer Einstülpung derselben führen. Zusätzlich kann die Naht noch durch Einzelknopfnähte gesichert werden (Abb. 2-50 a bis c).

Bronchusverschluß nach Klinkenbergh

Nach Klinkenbergh werden von beiden Kanten des Bronchusstumpfes her unter der am Bronchusstumpf angesetzten Klemme gegensinnig je ein Nahtfaden fortlaufend geführt. Nachdem beide Fäden gelegt sind, wird die Klemme aus den durch die Fadenführung entstandenen Nahtschlingen herausgezogen und die Fadenenden miteinander verknüpft (Abb. 2-51 a bis c).

Bronchusverschluß nach Sweet und Nissen

Bei der von Sweet und Nissen beschriebenen Technik wird der Bronchus distal einer liegenden Klemme schrittweise durchtrennt, während der Defekt mit Einzelknopfnähten laufend vernäht wird. Diese Technik erlaubt einen kräftigen Zug am Operationspräparat, so daß der zu nähende Bronchusstumpf weiter in das Operationsfeld hervorgezogen wird, wodurch sich die Verhältnisse übersichtlicher gestalten (Abb. 2-52).

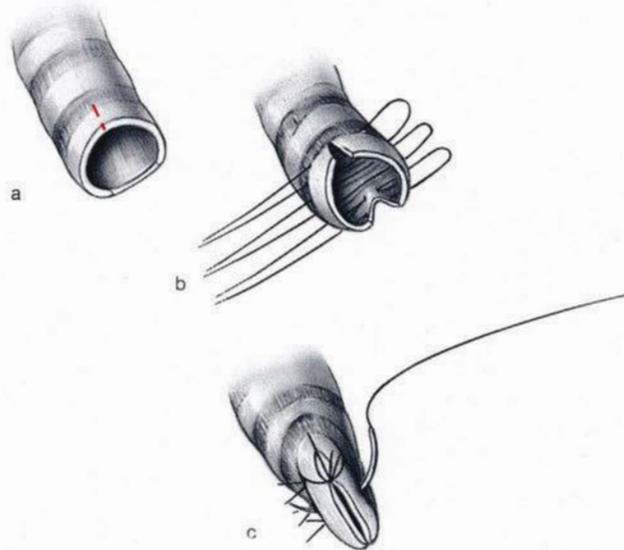


Abb. 2-50 a bis c

Bronchusstumpfverschluß nach Overholt.

- 2 Knorpelringe sind gegenüber der Pars membranacea inziert.
- Matratzennähte unter Mitfassen der Pars membranacea sind gelegt.
- Die Matratzennähte sind geknotet; es folgen Einzelknopfnähte.

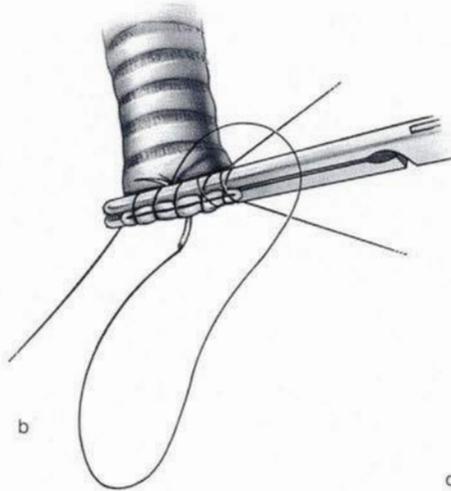


Abb. 2-51 a bis c

Bronchusnaht nach Klinkenbergh.

- Legen des 1. Nahtfadens fortlaufend über die liegende Bronchusklemme von einer Bronchuskante bis zur anderen.
- Legen des 2. Nahtfadens in der Gegenrichtung.
- Verknüpfung der Fadenenden an beiden Bronchuskanten nach Herausziehen der Bronchusklemme unter den Fadenschlingen.

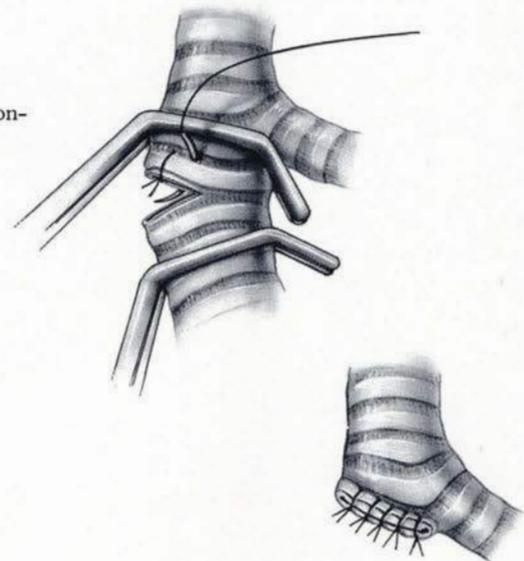


Abb. 2-52 Bronchusverschluß nach Sweet und Nissen (Beschreibung im Text).

Bronchusverschluß mit der Nahtmaschine

Seit 1972 haben wir ausgezeichnete Erfahrungen mit dem maschinellen Verschluß des Bronchusstumpfes durch eine doppelte Reihe von Metallklammern gemacht. Wir verwenden hierzu das Autosuture®-Klammernahtgerät TATM 30 für Lappen- und Segmentbronchien und das Gerät TATM 55 für den Verschluß von Hauptbronchien. Auch unter septischen Bedingungen sahen wir selbst bei Pneumonektomien nur ganz selten Stumpfsuffizienzen.

Je nach Dicke der Bronchialwand müssen dabei Klammersätze unterschiedlicher Klammerngröße gewählt werden (siehe auch Band III, Kapitel 2, Abschnitt „Klammernahtgeräte“). Die Maschine wird am präparierten Bronchus soweit wie möglich zentral angesetzt und die Branchen durch einen Hebelmechanismus verschlossen. Die Festigkeit des Zusammenschlusses richtet sich nach der Dicke des Bronchus. Durch Drücken des Griffes wird die Nahtreihe in Form einer doppelten Klammerreihe gelegt. Wichtig ist, daß sich die Pars membranacea direkt an den knorpeligen Wandteil des Bronchus anschmiegt. Nachdem der Bronchus entlang der Maschine mit dem Skalpell durchtrennt ist, kann das Präparat abgeworfen werden (Abb. 2-53). Hiernach wird die Maschine entfernt.

Es muß noch darauf hingewiesen werden, daß mit der Durchtrennung des Bronchus das Operationsgebiet unsteril ist. Der zentrale und periphere Stumpf müssen sofort mit Desinfektionslösung betupft werden. Die zur Durchtrennung verwendeten Instrumente sind abzuwerfen; ebenso ist ein Wechsel des bei der Bronchusstumpfversorgung verwendeten übrigen Instrumentariums, der Wundnahe Abdeckung sowie der Handschuhe nach Beendigung des Bronchusstumpfschlusses zu fordern.

Cave

Das Operationsgebiet ist nach der Bronchusdurchtrennung nicht mehr steril.

Dichtigkeitsprüfung des Bronchusstumpfes

Nach dem Verschluß des Bronchusstumpfes sollte die Luftdichtigkeit mittels Wasserprobe überprüft werden, wobei die wiederbelüftete Lunge vom Anästhesisten überbläht wird, um möglichst hohe Drucke zu erzeugen.

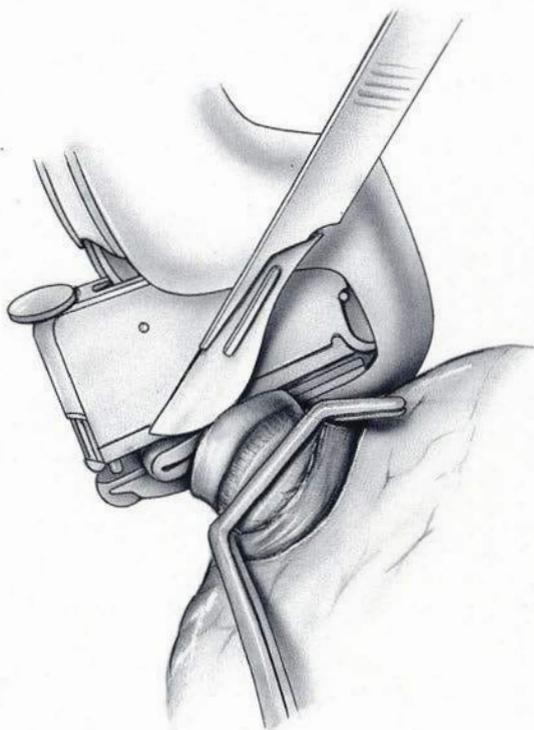


Abb. 2-53 Klammernahtmaschine der Fa. Autosuture und Technik der Bronchusdurchtrennung.

Deckung des Bronchusstumpfes

Deckung mit Pleura

Die Deckung des Bronchusstumpfes mit mediastinaler Pleura trägt wesentlich zur Sicherung der Bronchusstumpfheilung bei. Dies hat sicherlich seinen Grund in der Tatsache, daß die Pleura ein sehr reaktionsfreudiges Gewebe ist, das die Vernarbungsvorgänge im Operationsgebiet fördert. Segmentbronchusstümpfe liegen für eine pleurale Deckung oft zu peripher. Sie lassen sich aber gut mit umliegendem Lungenparenchym einhüllen.

Ist eine Stumpfdeckung bei Lobektomie oder Pneumonektomie mittels ortsständiger Pleura nicht möglich, empfiehlt es sich, einen gestielten Pleuralappen aus der Thoraxwand zu bilden (Abb. 2-54a und b). Er wird müzenartig mit 1,0 ml Fibrinkleber über den Bronchusstumpf geklebt.

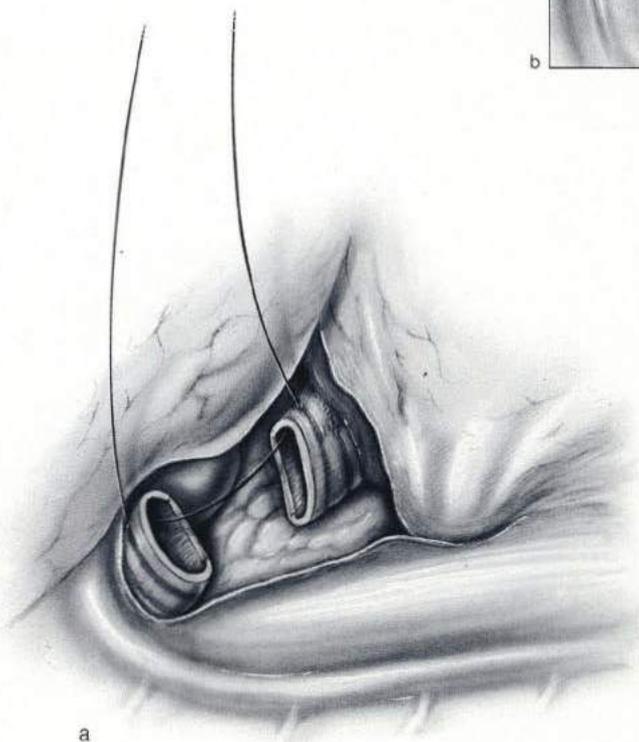
Deckung mit gestieltem Muskellappen

Bei besonders gefährdeten Bronchusstümpfen kann ein gestielter Interkostalmuskellappen, bestehend aus Pleura parietalis und Interkostalmuskulatur, gebildet und auf den Bronchusstumpf gesteppt werden (siehe Abb. 2-155).



Abb. 2-54a und b Bronchusstumpfdeckung mit gestieltem Pleuralappen nach unterer Bilobektomie rechts.

- Der Pleuralappen wird von der hinteren Thoraxwand gestielt.
- Mützenartig wird der gestielte Pleuralappen über den Bronchusstumpf geklebt oder genäht.

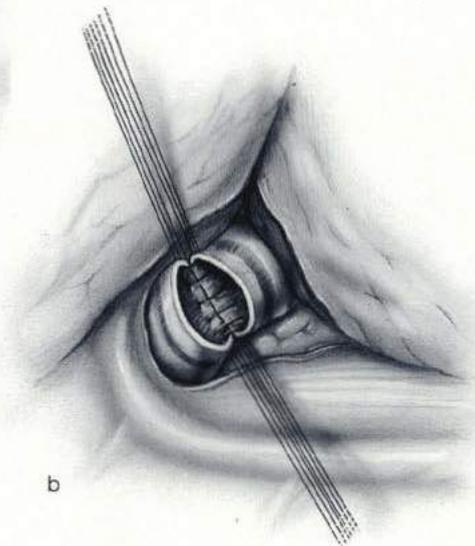


Bronchusanastomose

Die Anastomosen nach Bronchusmanschettenresektionen werden Stoß auf Stoß mit Einzelknopfnähten aus atraumatischem Polyglactin- oder Polyglykolsäure-Faden der Stärke 3-0 genäht. Der Faden wird um die Knorpelspanne herumgestochen, wobei die Schleimhaut mitgefaßt werden kann. Eine submuköse Nahtführung ist nicht erforderlich (Abb. 2-55a). Als erstes werden alle Nähte auf der dem Operateur abgewandten Seite gelegt (Abb. 2-55b).

Abb. 2-55a und b Technik der Bronchusanastomose.

- Umstechen der Knorpelspannen unter Mitfassen der Schleimhaut. Die Lumina liegen Stoß auf Stoß.
- Zuerst wird die dem Operateur abgewandte Seite der Anastomose genäht.



Durch Knoten dieser Nahtreihe stellt man die halbe Anastomose her. Die Knoten müssen exakt außerhalb des Bronchiallumens liegen. Der dem Operateur zugewandte Teil der Anastomose wird zum Schluß genäht (Abb. 2-55c).

Bestehende Lumendifferenzen der zu anastomosierenden Lumina werden ausgeglichen, indem das distale Lumen des Bronchus schräg angeschnitten wird (Abb. 2-56a) oder das proximale Lumen nach Exzision eines Keiles verkleinert wird (Abb. 2-56b).

Jede Bronchusanastomose sichern wir durch einen gestielten Pleuralappen, der mit Fibrinkleber auf die Anastomose zirkulär aufgeklebt wird (Abb. 2-57).

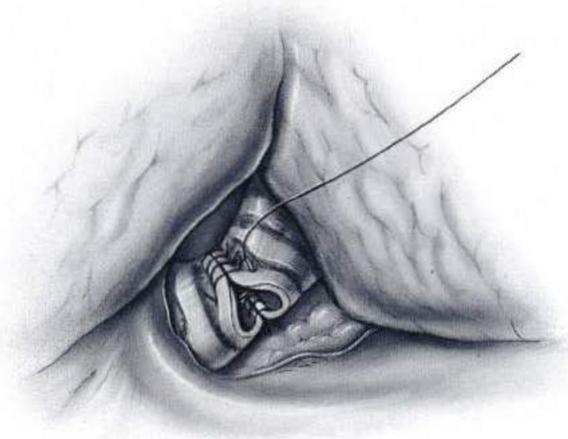


Abb. 2-55c Technik der Bronchusanastomose. Naht der Vorderwand mit Einzelknopfnähten.

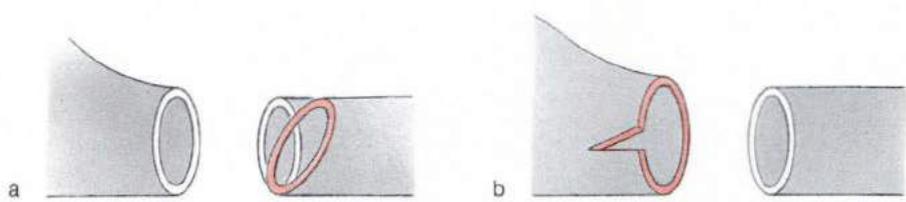


Abb. 2-56a und b Angleichen verschieden großer Lumina durch
a) schräge Resektion des kleineren Lumens,
b) Exzision eines Keiles aus dem größeren Lumen.

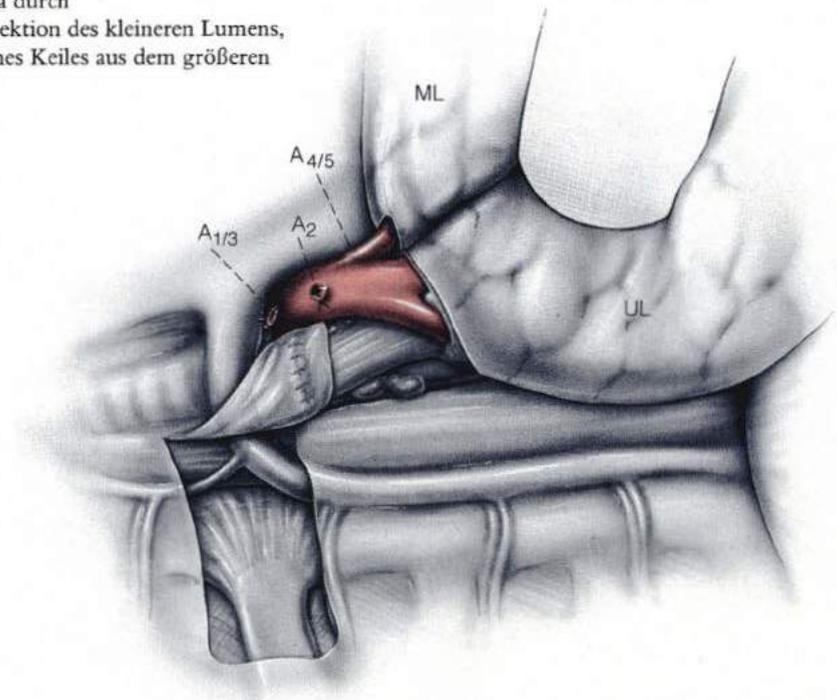


Abb. 2-57 Zustand nach Oberlappenmanschettenresektion rechts. Sicherung der Bronchusanastomose durch einen gestielten Pleuralappen, der zirkulär um die Naht mit Fibrinkleber aufgeklebt wird.

Versorgung des Lungenparenchyms

Nur in wenigen Fällen sind die Lappenspalten vollständig ausgebildet. So entstehen nicht nur bei Segmentresektionen, sondern auch bei Lappenresektionen parenchymatöse Trennungsflächen. Die Trennungsebenen sind zwischen den Lappen, genau wie die Ebenen zwischen den Lungensegmenten, von Venen durchzogen, welche das zum linken Vorhof zurückfließende Blut sammeln. Bei der Parenchymtrennung sind von dem zu resezierenden Lungenanteil kommende Äste durch Ligatur zu versorgen. Abgerissene Äste müssen unterbunden oder mit feiner, atraumatischer, resorbierbarer Naht der Stärke 3-0 umstochen werden. Ist die Trennungsfläche luftdicht, so kann man sie belassen, denn jede zusätzliche Vernähung bedeutet einen Volumenverlust der Restlunge und damit ein Hindernis für die Wiederausdehnung. Luftverlust aus Alveolen kann bis zu einem gewissen Grad hingenommen werden. Bei größeren Luftverlusten ist aber eine Raffung der Trennungsfläche durch Nähte erforderlich, da Luftfisteln häufig Resthöhlen infolge mangelnder Wiederausdehnung der Lunge verursachen. Diese können durch kleine Bronchialfisteln sekundär infiziert werden und zum Resthöhlenempyem führen.

Bei der Versorgung der Parenchymtrennungsflächen werden zunächst die sichtbaren Poren oberflächlich liegender kleiner Bronchialäste mit atraumatischer, resorbierbarer Naht der Stärke 3-0 umstochen.

Danach beginnt man am besten von einem peripher gelegenen Winkel der Trennungsfläche aus, mit atraumatischer Gefäßseide Stärke 3-0 oder Polyglactin-Faden durch fortlaufende Naht die pleuralen Ränder zu vereinigen. Der Stich sollte von außen nach innen sowie durchs Parenchym und von innen wieder nach außen zur Pleura geführt werden (Abb. 2-58). Die Spannung der Naht wird dabei von peripher nach zentral größer. Je weiter die zu adaptierenden pleuralen Ränder

auseinander liegen, desto größer wird die Gefahr, daß die Naht einreißt.

Man beginne dann am besten von einer anderen Stelle in der Peripherie eine zweite fortlaufende Nahtreihe, die sich zentral mit der ersten trifft.

In Abständen sollte das Parenchym in der Mitte zwischen den pleuralen Rändern mitgefaßt werden, um Hohlraumbildungen unter der Naht zu vermeiden.

Die Notwendigkeit einer solchen Parenchymversorgung hängt auch von der Struktur der Lunge ab. Bei jugendlichen, feinporigen Lungen ist die Gefahr der Ausbildung von postoperativen Parenchymfisteln wesentlich geringer als bei älteren Lungen mit emphysematösen Veränderungen. In diesem Falle bewährt es sich, die Stichkanäle zusätzlich mit Fibrinkleber zu versorgen. Bei Resektionen wegen Tuberkulose oder anderen infektiösen Prozessen achte man darauf, daß die Trennungsfläche sicher frei von Herden ist, da sonst die Möglichkeit besteht, daß sich im Bereich der Parenchymnaht Rezidive entwickeln.

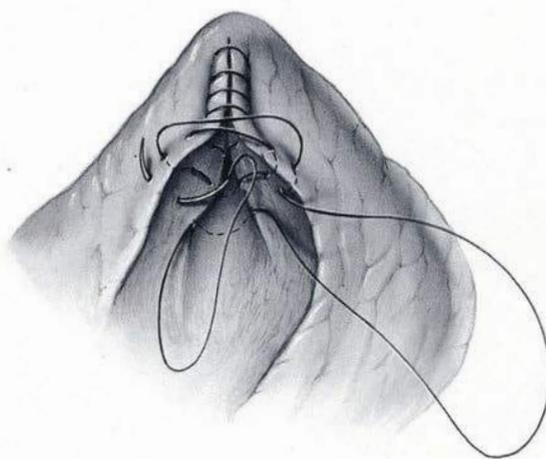


Abb. 2-58 Parenchymnaht. Mit atraumatischer Seide oder Polyglactin-Faden der Stärke 3-0 wird am Ende des Parenchymdefektes eingestochen und der Faden geknüpft. Das kurze Ende des Fadens wird als Haltefaden gelassen. Danach wird an den Parenchymrändern von außen nach innen und wieder von innen nach außen zur Lungenoberfläche abwechselnd zu beiden Seiten des Parenchymdefektes gestochen und dieser zusammengezogen. Die Naht soll an mehreren Stellen in der Mitte das Parenchym mitfassen, um Hohlraumbildungen zu vermeiden.

Spezielle Operationstechnik

Vorbemerkungen

In der Tumorchirurgie sollen heute, wenn möglich, die parenchymsparenden Resektionsverfahren wie Sleeve-Resektionen mit Reanastomosierung der Bronchien gewählt werden. Die Möglichkeit einer Manschettenresektion entscheidet sich jedoch nicht allein aufgrund des Bronchoskopiebefundes, sondern erst intraoperativ aufgrund der Beziehung des Tumors zu den großen Gefäßen. Somit ist es unabdingbar, vor Beginn von resezierenden Maßnahmen die einzelnen Hilusstrukturen wie Bronchus, Arterie und Vene zu präparieren. Die Entscheidung, ob eine Pneumonektomie notwendig ist oder nicht, wird deswegen von der Möglichkeit bestimmt, die Venen getrennt zu ligieren oder die Pars interlobaris arteriae pulmonalis zu erhalten. In Einzelfällen kann durch Mitnahme einer Gefäßmanschette und durch die Reanastomosierung der Pars basalis arteriae pulmonalis die Entscheidung zugunsten einer broncho- und gefäßplastischen Resektion noch erzwungen werden.

Ebenso kann erst nach Präparation der Hilusstrukturen eventuell unter breiter Eröffnung des Perikards die Entscheidung gefällt werden, ob ein zentral sitzendes Karzinom reseziert werden kann oder ob der Befund als inoperabel anzusehen ist.

Rechtsseitige Resektionen

Pneumonektomie rechts

Der Zugang erfolgt über den 5. ICR.

Durch Ziehen der Lunge nach dorsokaudal wird der vordere und obere Lungenhilus dargestellt. Die Pleura mediastinalis wird im Bereich der Einmündungsstelle der V. azygos in die V. cava superior mit der Pinzette gefaßt und mit der Schere inzidiert (Abb. 2-59, Pfeil).

Die Inzision wird am Rande des Lungenparenchyms nach vorne distal fortgeführt, wobei auf den N. phrenicus zu achten ist, der an die Lungenwurzel herangezogen sein kann. Durch Ziehen der Lunge nach ventrokaudal kann die Pleura entlang des Unterrandes der V. azygos nach hinten weiter inzidiert werden. Durch Fortführen der Pleurainzision entlang des Lungenparenchyms nach distal wird der Lungenhilus von hinten her beurteilbar (Abb. 2-59).

Cave

Verletzung des N. phrenicus.

Erst wenn die Lymphknoten, welche sich entlang des Hauptbronchus in Richtung Bifurkation in die Tiefe fortsetzen, entfernt sind, läßt sich die Absetzbarkeit des Hauptbronchus sicher beurteilen.

Jetzt wendet man sich der Präparation der großen oberen Hilusgefäße zu, wobei die Lunge wieder nach dorsokaudal gezogen wird.

Vom kranialen Rand der oberen Vene zieht ein derbes Bindegewebe nach ventral zur V. cava, welches in die Tiefe zum Pulmonalisstamm und nach dorsokranial bis zum Truncus anterior reicht. Die Pulmonalarterie bleibt durch diese Bindegewebschicht und die ihr teilweise vorgelagerte Vene verborgen. Wenn diese Bindegewebsschicht an ihrem Ansatz am Oberrand der Pulmonalvene, nahe der Einmündungsstelle der Vene ins Perikard inzidiert wird, kann der Oberrand der Vene dargestellt werden. Mit Hilfe eines Präpariertüpfers wird auch ihre Vorderseite vom Bindegewebe befreit (Abb. 2-60). Wenn der Unterrand der Vene dargestellt ist, wird der Venenstamm mit einem

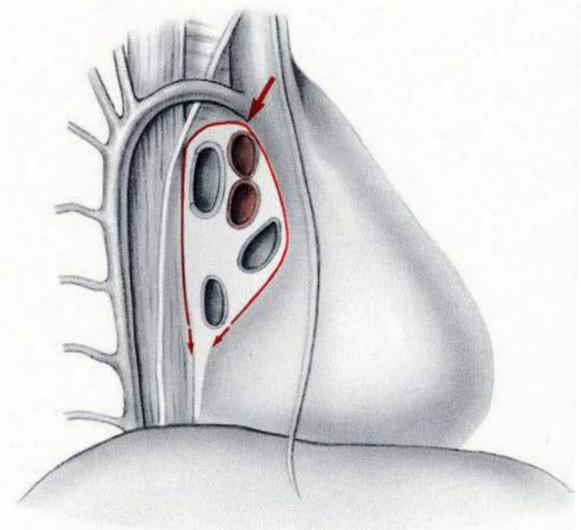


Abb. 2-59 Inzisionen der Pleura mediastinalis bei Beginn der rechtsseitigen Pneumonektomie. Der Pfeil ist die Inzisionsstelle mit Erweiterung nach vorne und hinten.

Dissektor unterfahren, wobei auf die darunter verlaufende Pulmonalarterie zu achten ist (Abb. 2-61). Nach zentral wird die Vene ligiert und zusätzlich eine Durchstechungsligatur angebracht. Nach peripher ist es oft sinnvoll, die Venenäste einzeln zu ligieren, um genügend Strecke zu gewinnen. Über einer Kocher-Rinne (wegen der darunter verlaufenden Arterie) wird die Vene durchtrennt.

Cave

Verletzung der Pulmonalarterie beim Durchtrennen der Vene.

Jetzt ist der Weg zur Pulmonalarterie frei. Wenn das sie bedeckende Bindegewebe mit der Pinzette gefaßt und mit dem Präpariertüpfelchen nach kranial abgeschoben ist, stellen sich der kaudale Rand des Arterienstammes ebenso wie seine Vorderseite dar. Um die Arterie zentral des Abganges des Truncus anterior zu ligieren, empfiehlt es sich, die V. cava superior mit einem Langenbeck-Haken hochzuziehen, um so die Präparation zu erleichtern (Abb. 2-62). Nachdem auch ihr kranialer Rand von Bindegewebe befreit ist, kann die Arterie unter Führung des Fingers von kranial mit dem Dissektor von kaudal unterfahren und mit Zwirn EP 5 oder Polypropylen 2-0 ligiert werden. Zur Sicherung der Ligatur erfolgt eine Durchstechung. Nach peripher werden Truncus anterior und Pulmonalisreststamm einzeln ligiert (Abb. 2-62).

Wenn es die zentrale Tumorausdehnung zuläßt, ist es sinnvoll, zuerst den Truncus anterior aus dem ihn umgebenden Bindegewebe zu befreien und zu versorgen. In dem Dreieck zwischen Truncus anterior und Pulmonalisstamm befinden sich in der Regel Lymphknoten, welche abpräpariert werden müssen. Der Truncus anterior läßt sich danach umfahren und zwischen Doppelligaturen durchtrennen (siehe Abb. 2-72 und 2-73).

Der Oberrand des Pulmonalisreststammes wird jetzt zentral vom Stumpf des Truncus anterior mit dem Präpariertüpfelchen soweit aus dem ihn umgebenden Gewebe herauspräpariert, daß er unter

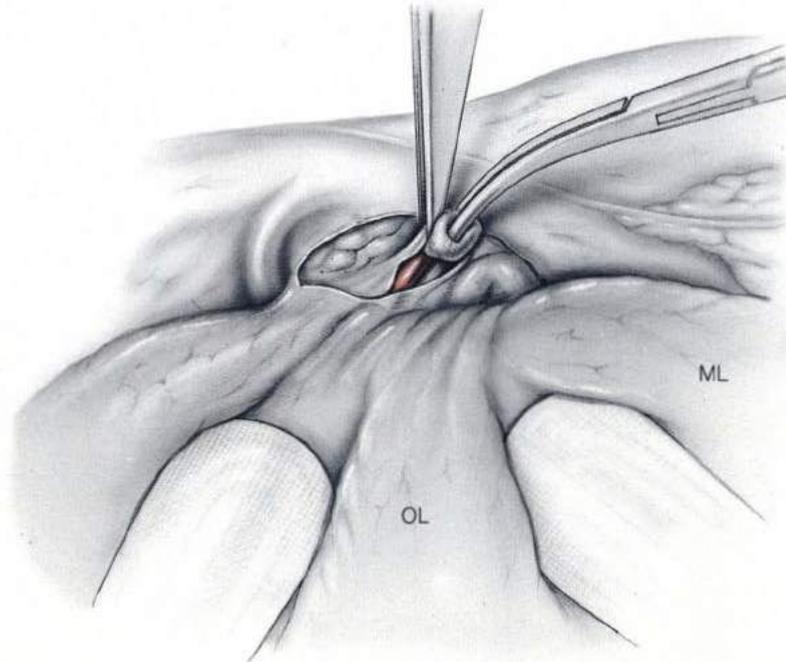


Abb. 2-60 Sicht auf den vorderen Hilus bei rechtsseitiger Pneumonektomie. Beginn der Präparation mit der Darstellung der oberen Vene.

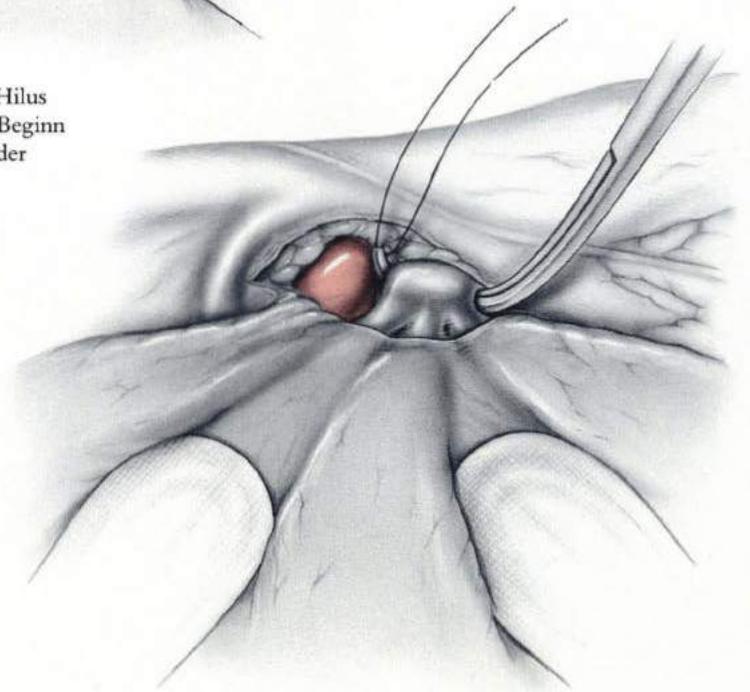


Abb. 2-61 Pneumonektomie rechts. Obere Pulmonalvene ist mit dem Overholt unterfahren und wird zentral ligiert.

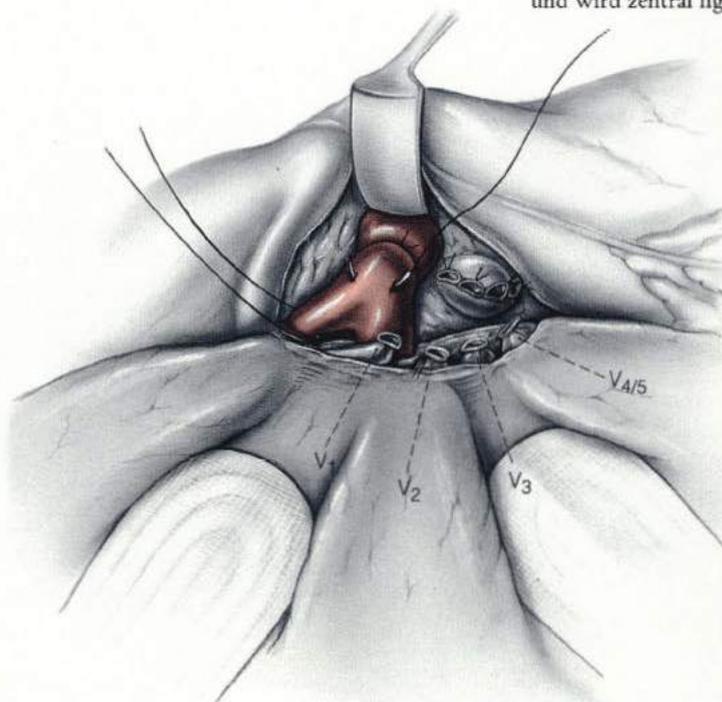


Abb. 2-62 Pneumonektomie rechts. Oberlappen- und Mittellappenvene sind ligiert, die Arterie freipräpariert und zentral ligiert. V. cava superior mit Langenbeck-Haken hochgezogen.

Führung des Fingers mit dem Overholt unterfahren, zentral in toto ligiert und durchstochen werden kann.

Beachte:

Der Zug an der Lunge muß nachgelassen und der Knoten unter stetigem und gleichmäßigem Zug an den Fadenenden gelegt werden, um ein Einschneiden der Ligatur zu verhindern, was unweigerlich zu einer katastrophalen Massenblutung führen würde. Die zentrale Ligatur muß 2fach im Abstand von mindestens 0,5 cm ausgeführt werden, oder es muß eine Durchstechungsligatur gelegt werden.

Im Zweifelsfall sollte man die Pulmonalarterie über einer zentralen Klemme mit 3–0 atraumatischem Faden fortlaufend nähen. Ist genügend Strecke zur Verfügung, bietet sich auch der maschinelle Verschluss der Pulmonalarterie mit dem Klammernahtmagazin 2,5 mm und dem TATM 30 (Fa. Autosuture) an. Dasselbe gilt für die Venen.

Es folgt die Lösung der Lunge im Bereich der Basis. Von unten medial spannt sich bei Zug an der Lunge nach kranial das Lig. pulmonale aus. Es handelt sich um eine Umschlagsfalte der Pleura pulmonalis und diaphragmatica. Man beginnt in der Tiefe an der basalen Kante schrittweise mit seiner Durchtrennung zwischen Ligaturen, da in ihm oft Gefäße laufen (Abb. 2-63). Bei Koagulation in diesem Bereich muß darauf geachtet werden, daß die darunter verlaufende Ösophagusmuskulatur nicht geschädigt wird.

Cave

Massenkoagulationen sind hier untersagt.

Nach kranial teilt sich das Lig. pulmonale in sein vorderes und hinteres Blatt. Präpariert man hier stumpf mit einem Präpariertupfer weiter nach kranial, so kommt man an die kaudale Kante der V. pulmonalis inferior, welche aus dem Unterlappen austritt.

Zur Erleichterung der Präparation wird nun die Lunge vom Assistenten etwas nach ventral gezogen, wodurch

von dorsal der kraniale Rand der unteren Vene leicht dargestellt werden kann. Unter Führung des Fingers von kraniodorsal wird mit dem Dissektor die Vene umfahren, nach zentral ligiert und mit einer Durchstechungsligatur gesichert (Abb. 2-64).

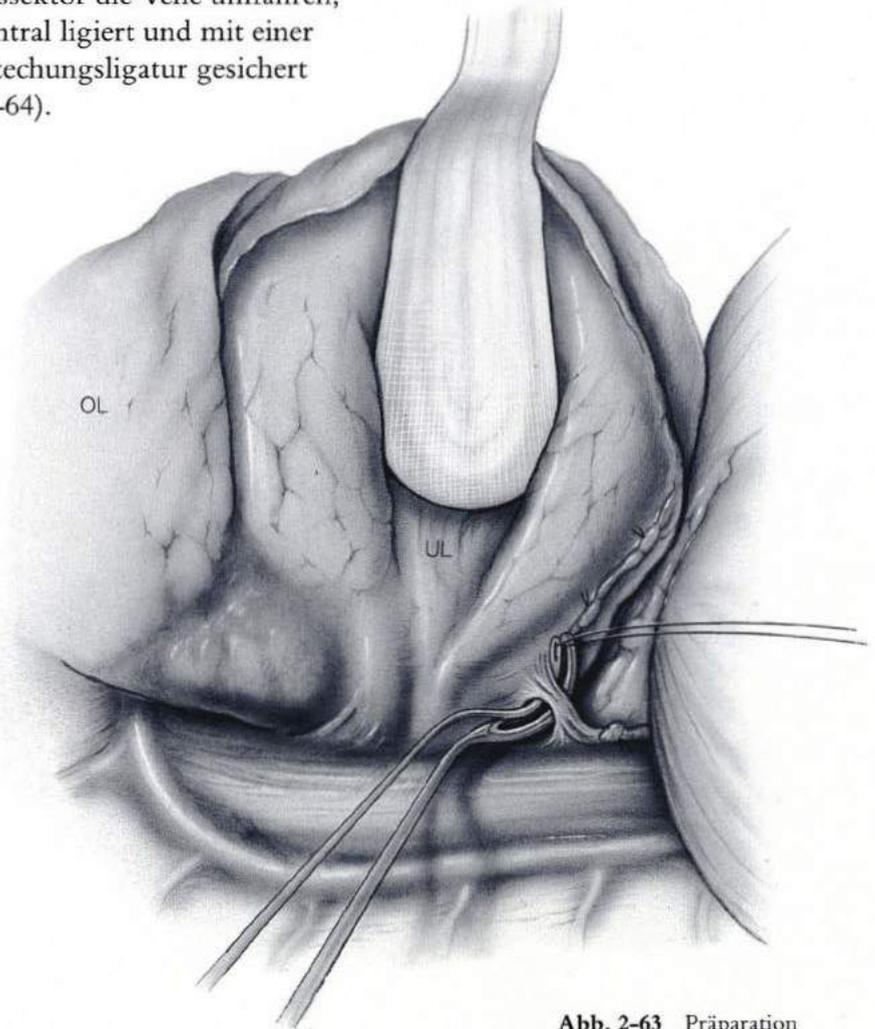


Abb. 2-63 Präparation der unteren Pulmonalvene. Das Lig. pulmonale wird zwischen Doppelligaturen durchtrennt.

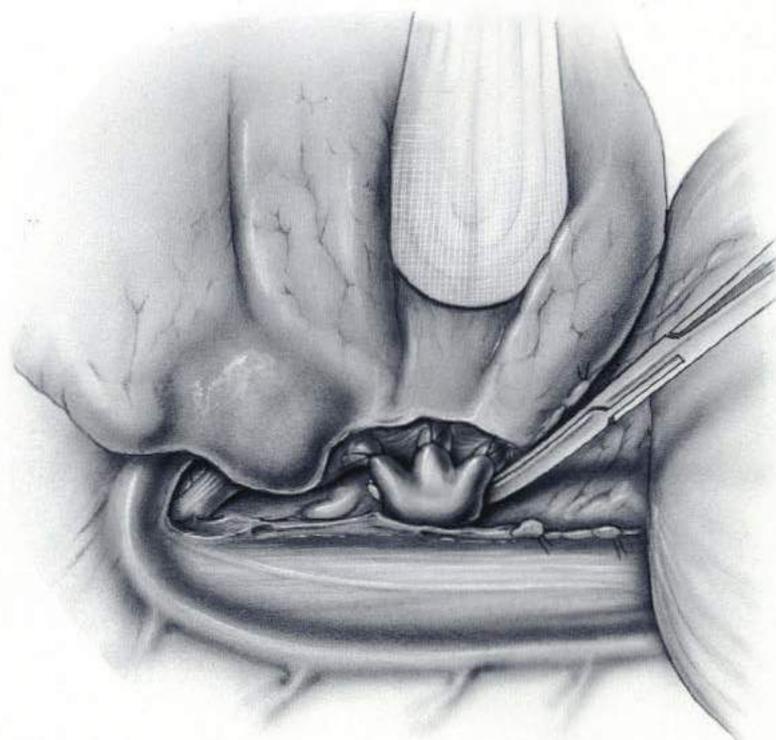


Abb. 2-64 Pneumonektomie rechts. Präparation der unteren Pulmonalvene. Das Lig. pulmonale ist durchtrennt, die Vene unterfahren, die Aufzweigungen sind lungenwärts ligiert.

Jetzt hängt die Lunge nur noch am Bronchus. Sie wird nach kranial vorne gezogen und der Bronchus aus dem ihn umgebenden Gewebe befreit.

Hierbei darf dieser einerseits nicht zu sehr skelettiert werden, andererseits müssen bei Karzinomen alle Lymphknoten bis zur Bifurkation und entlang des linken Hauptbronchus reseziert werden. Hierzu wird der rechte Hauptbronchus distal mit einer Bronchusklemme gefaßt und das Lungenpaket nach vorne kranial gezogen. Der Ösophagus wird mit einem Langenbeck-Haken nach dorsal weggehalten (Abb. 2-65).

Die sich dabei darstellenden Äste der rechten A. bronchialis werden mit Ligaturen, Durchstechungen oder Hämoclips versorgt.

Nun folgt die zentrale Versorgung des Bronchus. Entweder wird die Nahtmaschine oder eine zweite Bronchusklemme nahe der Bifurkation angesetzt. Im letzteren Fall schließt sich die entsprechende Bronchusnaht an die Durchtrennung des Bronchus an.

Nach Spalten der Pleura mediastinalis kranial der V. azygos erfolgt die Ausräumung des Mediastinums von Lymphknoten. Hierbei lassen sich neben den prätrachealen auch die links paratrachealen Lymphknoten entfernen, wenn die V. cava superior mit einem Langenbeck-Haken nach ventral gezogen wird (Abb. 2-66). In der Regel muß die V. azygos nicht durchtrennt, sondern lediglich durch ein Gefäßbändchen hochgezogen werden.

Nach sorgfältiger Blutstillung im Bereich des Bronchusstumpfes wird dieser mit mediastinaler Pleura übernäht, am besten mit atraumatischem Polyglactin-Faden der Stärke 3-0. Man beginnt am Unterrand des Bogens der V. azygos und faßt mit fortlaufenden Nahtstichen die gegenüberliegenden Ränder der Pleura mediastinalis. Dabei sollen einzelne Nahtstiche den Bronchusstumpf mitfassen, damit keine Tasche entsteht. Wurde die V. azygos durchtrennt, können die Venenstümpfe zur Deckung verwendet werden. Notfalls kann Material durch einen gestielten Pleuralappen gewonnen werden (siehe Abb. 2-54 a und b).

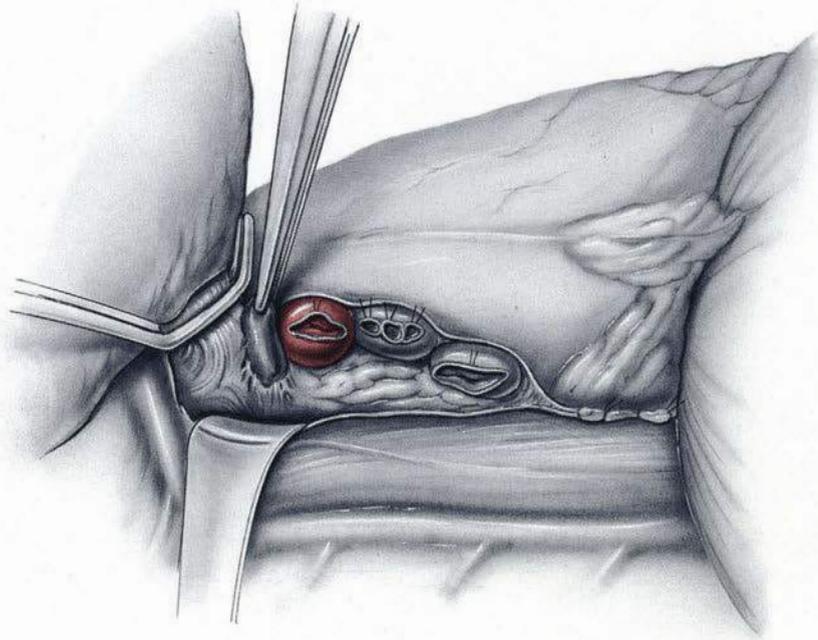


Abb. 2-65 Ausräumen der Bifurkationslymphknoten und Darstellen der Lymphknoten entlang des linken Hauptbronchus.

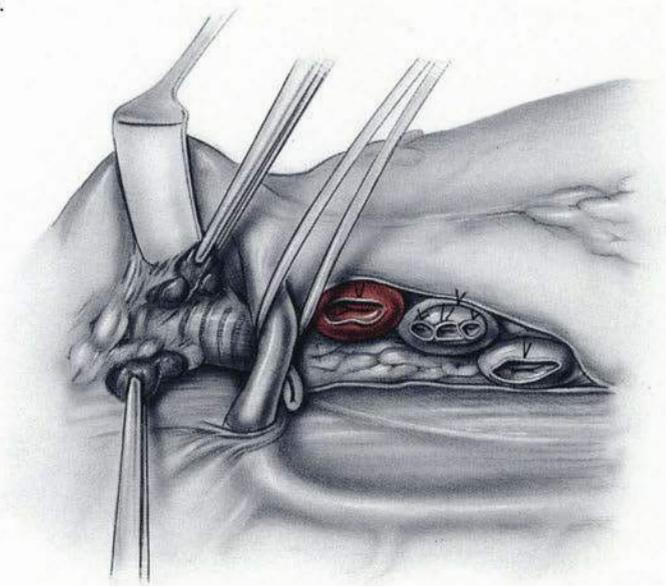


Abb. 2-66 Lymphadenektomie des Mediastinums nach Pneumonektomie rechts. V. cava superior und V. azygos werden hochgehalten.

Intraperikardiale Gefäßversorgung rechts

Zur intraperikardialen Gefäßversorgung wird der Herzbeutel entlang des N. phrenicus dorsal desselben in seiner gesamten Länge inzidiert. Ist der N. phrenicus nah an den Lungenhilus herangezogen, ist es sinnvoll, die Perikardinzision ventral des Nerven zu legen, um seine Verletzung zu vermeiden. Um Verletzungen des Herzens zu verhindern, geschieht die Inzision unter Führung von 2 Fingern, welche in den Herzbeutel eingeführt werden. Der ventrale Schnitttrand des Perikards wird mittels zweier Haltefäden aufgehalten. Durch Hochhalten der V. cava superior bzw. des rechten Vorhofs mit einem Haken und gleichzeitigem Zug nach dorsal an der dorsalen Perikardinzision wird die Übersicht über den intraperikardialen Verlauf der Gefäße deutlich.

Da sie mehr oder weniger ausgedehnt von Epikard überzogen sind, können sie erst unterfahren werden, wenn am kranialen und kaudalen Rand der Gefäße diese Schicht inzidiert wurde (Abb. 2-67). Hiernach gelingt es, unter Führung des Fingers mit dem Dissektor die Gefäße einzeln zu unterfahren und zu ligieren. Die zentralen Ligaturen müssen zusätzlich mit Durchstechungsligaturen gesichert werden. Die peripheren Ligaturen sind in der Regel mangels Strecke extraperikardial anzubringen. Sicherer ist es, die proximalen Gefäßstümpfe über einer liegenden Gefäßklemme mit atraumatischem, nicht resorbierbarem Kunststoffaden (z. B. Polypropylen 3-0) mit einer fortlaufenden Naht zu verschließen, während nach distal die Klemme belassen wird (siehe Abb. 2-48).

Beachte:

Die Pulmonalarterie muß doppelt ligiert oder aber ebenfalls über einer Klemme vernäht werden.

Eine zweite Möglichkeit, die Pulmonalarterie zu versorgen, bietet sich im aortokavalen Rezessus, welcher frei wird, wenn die Aorta nach links und die V. cava superior nach rechts hinten weggehalten werden.

Hier verläuft die rechte Pulmonalarterie extraperikardial. Sie kann nach

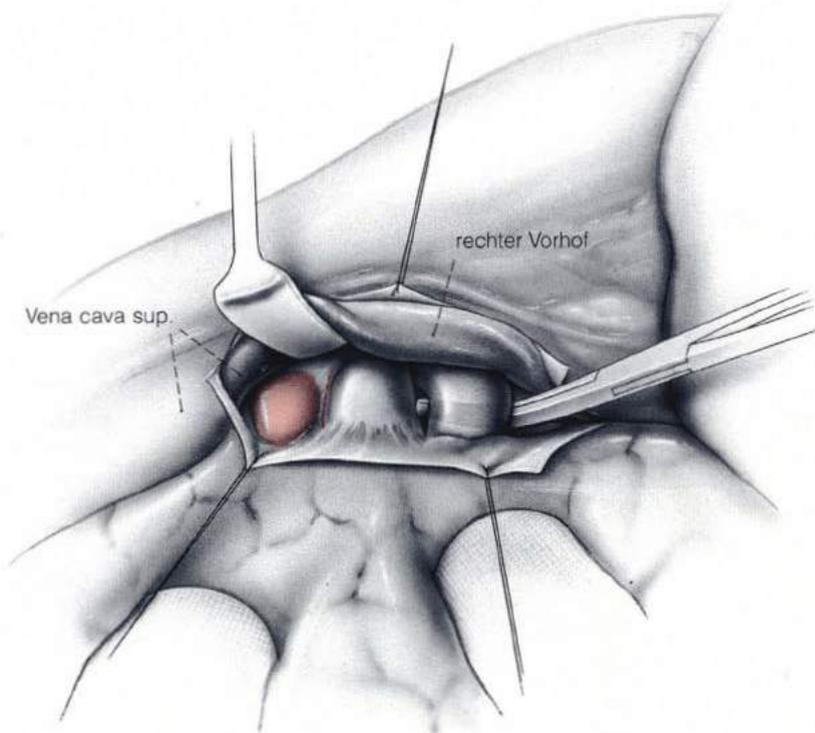


Abb. 2-67 Intraperikardiale Durchtrennung der Gefäße bei rechtsseitiger Pneumonektomie. V. cava bzw. rechter Vorhof sind mit Langenbeck-Haken weggehalten. Rot: Inzisionslinien des Epikards. Die untere Vene ist bereits mit dem Overholt unterfahren.

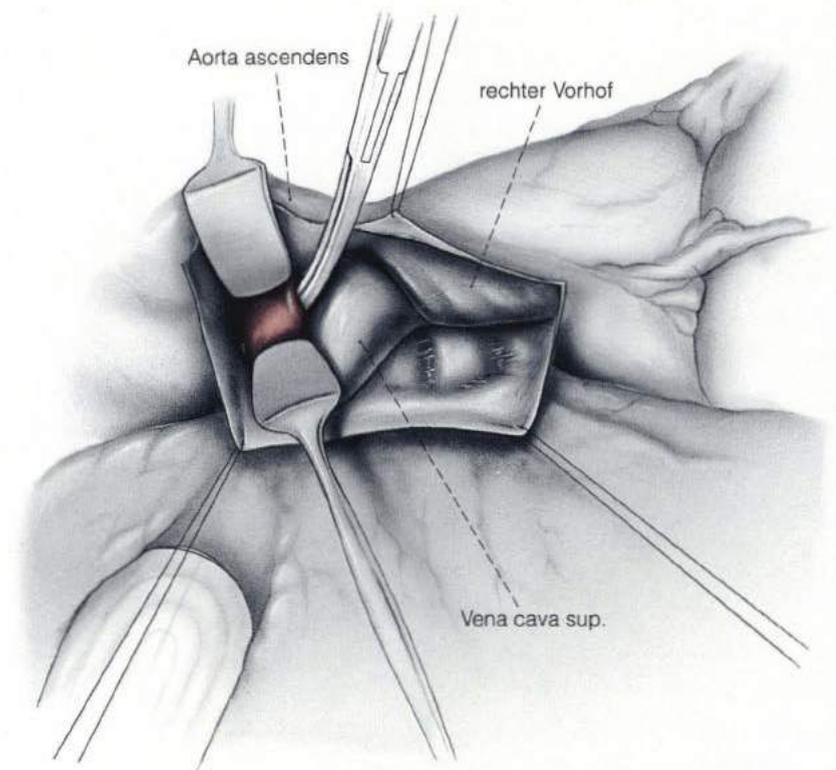


Abb. 2-68 Intraperikardiale Versorgung der A. pulmonalis im aortokavalen Rezessus. Mit 2 Langenbeck-Haken werden V. cava superior und Aorta ascendens auseinandergehalten. Der perikardiale Überzug der A. pulmonalis dextra ist inzidiert und die Arterie mit dem Overholt unterfahren.

Spalten des hinteren Perikardblattes, welches sie überzieht, unter Führung des Fingers unterfahren werden (Abb. 2-68 und 2-69).

Können die Venen intraperikardial wegen Tumorwachstums nicht einzeln ligiert werden, ist der gemeinsame Venentrichter an seiner Einmündung in den linken Vorhof über einer Klemme zu reseziern.

Das Perikard wird zusätzlich von dorsal entlang des Lungenhilus weit nach kranial inzidiert, worauf der Blick auf die Hinterwand des Vorhofes frei wird. Von ihr zieht eine mesokardiale Umschlagsfalte zum kaudalen Rand der unteren Pulmonalvene und zur V. cava inferior, welche jetzt ohne Verletzungsgefahr für den Vorhof durchtrennt werden kann (Abb. 2-69).

Nachdem nun der Unterrand des Vorhofes freipräpariert ist, muß noch eine Umschlagsfalte zwischen kranialem Anteil des Vorhofes, der Vorderwand der Pulmonalarterie und dem Herzbeutel durchtrennt werden (Abb. 2-69). Nach Inzision dieser mesokardialen Umschlagsfalte gelingt es, stumpf den oberen Anteil des Venentrichters zu mobilisieren. Jetzt wird eine atraumatische Vorhofklemme so gesetzt, daß genügend Gewebe für Resektion und Naht distal vorhanden sind. Bevor der Venentrichter abgetrennt wird, sind sicherheitshalber 2 Haltefäden am kranialen und kaudalen Rand peripher der Klemme ebenfalls mit atraumatischem, nicht resorbierbarem Kunststoffaden 3-0 zu setzen (Abb. 2-70). Nach peripher gelingt es oft nicht, eine Klemme zu setzen, wenn der Tumor sehr zentral wächst. In dieser Situation wird offen reseziert, nachdem die Pulmonalarterie vorher versorgt wurde. Als Nahtmaterial des Vorhofes ist atraumatischer, nicht resorbierbarer Kunststoffaden 3-0 zu verwenden.

Die Naht erfolgt möglichst mit einem doppelt armierten Faden fortlaufend, wobei der Faden nach der ersten Nahttour geknotet werden muß, um eine Raffung zu vermeiden. Der nach diesem Eingriff in der Regel bestehende Perikarddefekt kann nicht primär verschlossen werden. Um eine spätere Luxation des Herzens zu verhindern, wird ein Patch mit lyophilisierter Dura aufgenäht.

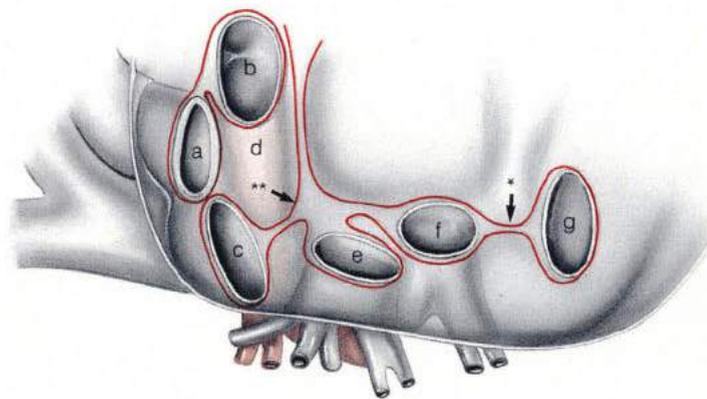


Abb. 2-69 Situs der epikardialen Umschlagsfalten intraperikardial nach Entfernen des Herzens.

***) = Umschlagsfalte zwischen kranialem Anteil des Vorhofes, der Vorderwand der Pulmonalarterie und dem Herzbeutel. *) = Mesokardiale Umschlagsfalte zwischen linkem Vorhof, unterer Pulmonalvene und V. cava inferior.

- a) Aorta ascendens
- b) Truncus pulmonalis
- c) Vena cava superior
- d) rechte Pulmonalarterie
- e) obere Pulmonalvene
- f) untere Pulmonalvene
- g) Vena cava inferior

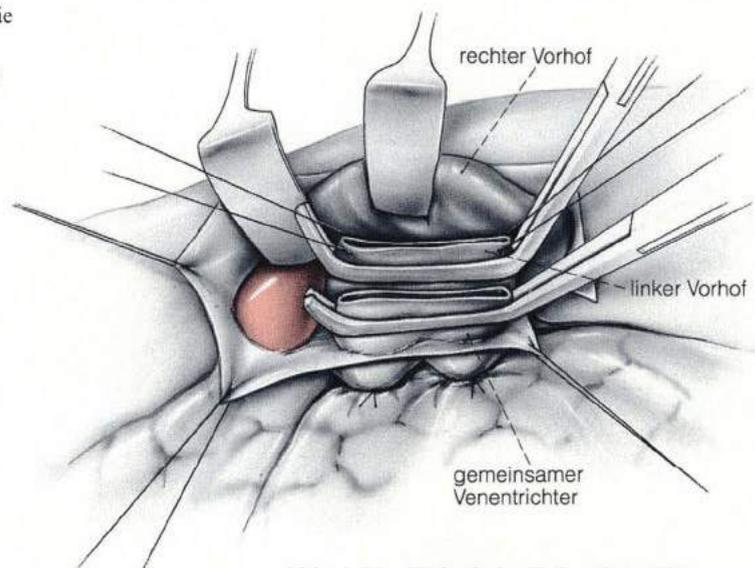


Abb. 2-70 Technik der Teilresektion des linken Vorhofes (Beschreibung im Text).

Resektion des rechten Oberlappens

Klassisches Vorgehen

Der Zugang erfolgt über den 5. ICR. Nachdem die Pleura mediastinalis an ihrem Umschlag zur Pleura visceralis sowohl kranioventral als auch dorsal inzidiert ist, kann die V. azygos nach kranial abgeschoben werden. Der Oberlappen wird nach dorsal und kaudal abgedrängt. Am kranialen Rand des Oberlappenbronchus stößt man auf die Pars superior und weiter ventral davon auf die Pars inferior des Truncus anterior (Abb. 2-71).

Oft läßt sich die Pars inferior des Truncus anterior erst darstellen, wenn der apikale Ast der Vene freipräpariert und ligiert ist. Als erstes wird deswegen die Gefäßscheide des apikalen Venenastes eröffnet und das Gefäß dargestellt. Nach Unterbindung und Durchtrennung dieses Venenastes wird unter Zug an der zentralen Ligatur, welche lang bleibt, der Oberrand der Vene freipräpariert und sie so von der darunter verlaufenden Pulmonalarterie abgeschoben (Abb. 2-72). Bei der weiteren Darstellung der Vene ist zu beachten, daß ihre kaudalen Äste aus dem Mittellappen kommen und gemeinsam mit den vom Oberlappen kommenden Ästen in den Herzbeutel eintreten. Auf mögliche Variationen ist zu achten (siehe Abschnitt „Varianten der Pulmonalvenen“).

Nach Identifizierung des Mittellappenvenenabganges werden jetzt die einzelnen Oberlappensegmentvenen-äste von der Peripherie her dargestellt, einzeln ligiert und durchtrennt. Durch Zug an den zentralen Segmentvenenstümpfen wird die Unterfläche der Vene Schritt für Schritt von der darunter verlaufenden Arterie abgehoben. Die Segmentvenenligaturen werden durch eine weiter zentral liegende Ligatur gesichert (Abb. 2-73).

Jetzt wird der Truncus anterior zentral in der Tiefe ligiert, während die peripheren Ligaturen im Bereich seiner Aufzweigungen gelegt werden. Bei der Durchtrennung entsteht somit ein Y-förmiger zentraler Stumpf, der ein Abrutschen der Ligatur verhindert (Abb. 2-73). Der Stamm der A. pulmonalis wird nun mittels eines Stieltupfers nach kaudal

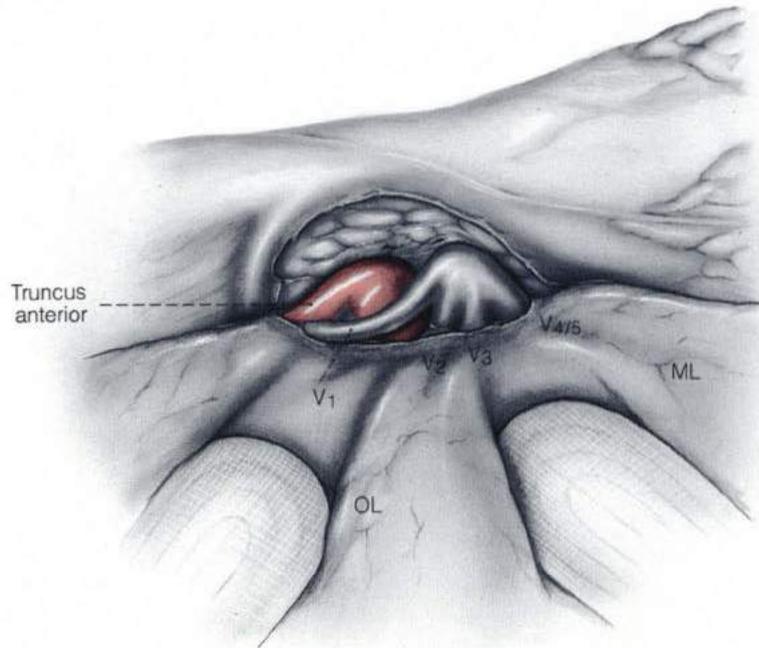


Abb. 2-71 Oberlappenresektion rechts. V. pulmonalis superior, A. pulmonalis und Truncus anterior sind dargestellt.

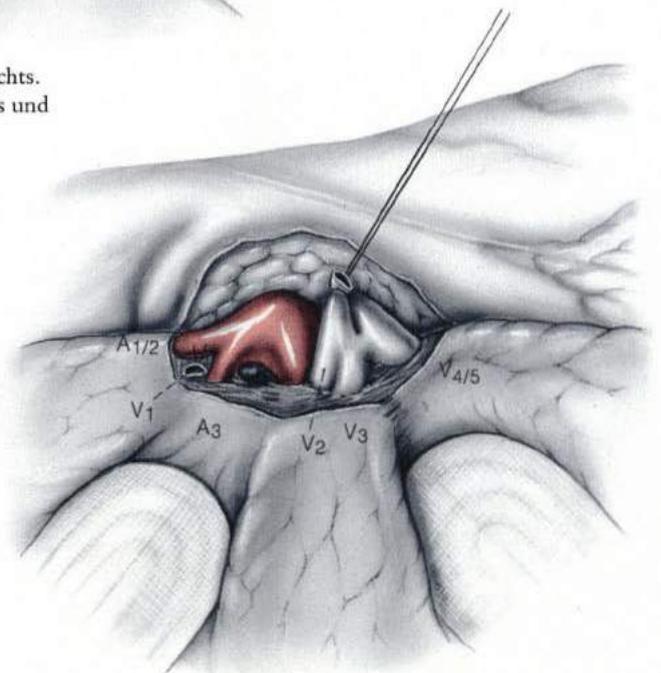


Abb. 2-72 Oberlappenresektion rechts. Die apikale Oberlappensegmentvene ist ligiert, die anteriore, die posteriore und die Mittellappenvene sind präpariert, ebenso der Truncus anterior arteriae pulmonalis.

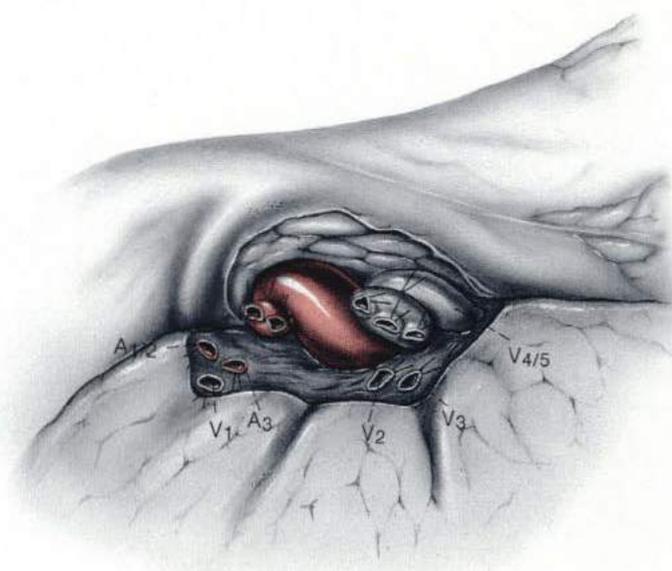


Abb. 2-73 Oberlappenresektion rechts. Oberlappenvene und Truncus anterior arteriae pulmonalis sind durchtrennt.

vom Bronchus abgeschoben. Dabei stellen sich häufig Lymphknoten dar, die man entweder entfernt oder lungenwärts abschiebt, damit sie später am Präparat verbleiben. Straffere Bindegewebszüge zum Mediastinum werden am besten zwischen feinen Ligaturen durchtrennt, um Sickerblutungen zu vermeiden. Beim Abschieben der A. pulmonalis vom Bronchus trifft man manchmal bereits in der Tiefe auf den vom Stamm spitzwinkelig abgehenden Ast der posterioren Segmentarterie (Abb. 2-74). Er kann dann bereits in dieser Phase versorgt werden. Meist ist es allerdings besser, diesen Ast von dorsal zu präparieren. In diesem Fall wird der Oberlappen nach ventral geschlagen, so daß man von dorsal an den Hilus herankommt.

Die Pleura mediastinalis wird am Übergang zur Pleura pulmonalis parallel zum Hilus eingeschnitten. Wird das Lungenparenchym über dem Oberlappenbronchus nach peripher abgeschoben, kommt man zwischen Unterlappenspitze und Oberlappenbasis an den kaudalen Rand des Oberlappenbronchus. In diesem Winkel zwischen Unterrand des Oberlappenbronchus und Bronchus intermedius befindet sich konstant ein Lymphknoten, hinter dem die posteriore Arterie verläuft (Abb. 2-75).

Sie läßt sich jetzt oft schon identifizieren und ligieren (Abb. 2-76).

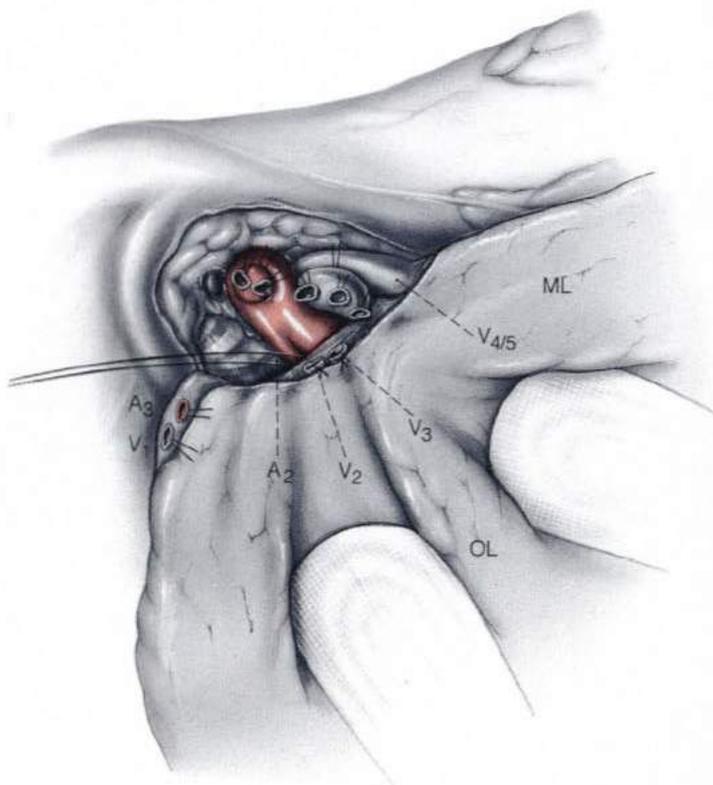


Abb. 2-74 Oberlappenresektion rechts. Oberlappenvene und Truncus anterior sind ligiert, der Bronchus ist freipräpariert, die posteriore ascendierende Arterie ist angeschlungen.

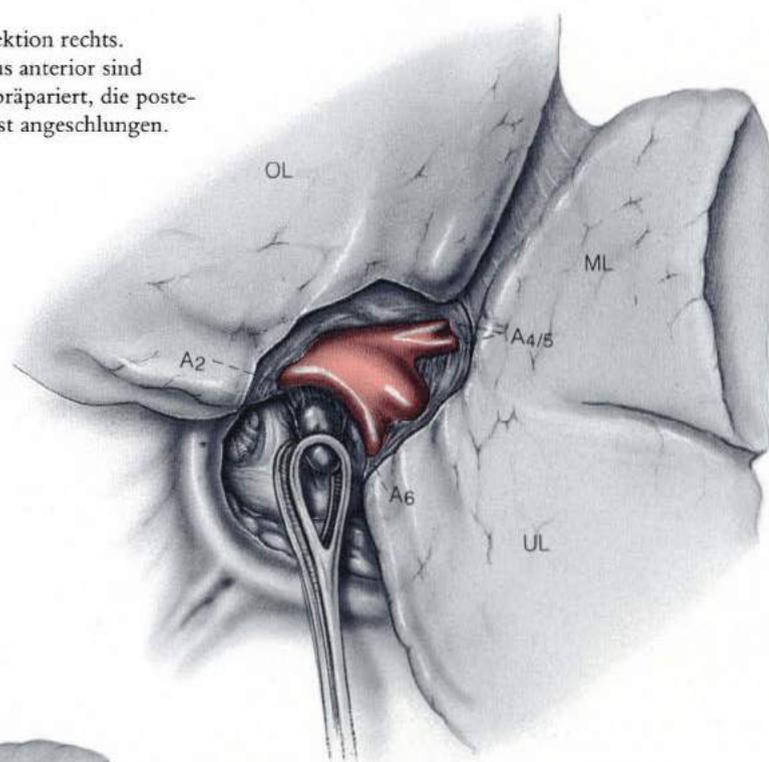


Abb. 2-75 Präparation der posterioren Arterie von hinten. Der Winkel zwischen Oberlappenbronchus und Bronchus intermedius ist dargestellt. Der Lymphknoten wird entfernt.

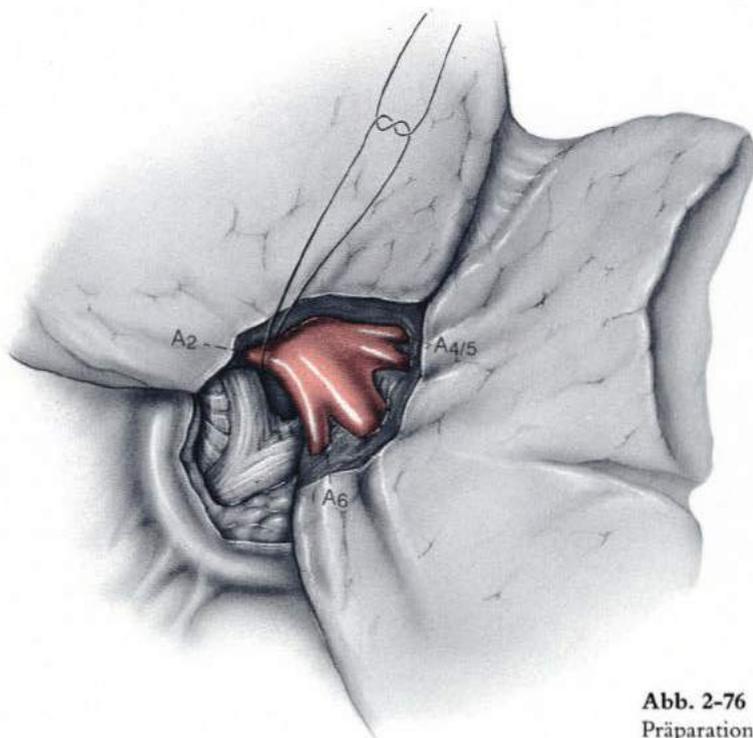


Abb. 2-76 Oberlappenresektion rechts. Präparation von dorsal. Der Lymphknoten ist entfernt, die posteriore Arterie angeschlungen.

Der Bronchus wird unter Führung des Zeigefingers der linken Hand von kranial, mit einem Dissektor von dorsokaudal umfahren (Abb. 2-77). Durch Spreizen der Klemme gewinnt man genügend Raum, um die Nahtmaschine in derselben Richtung um den Oberlappenbronchus zu schließen und nach der Naht den Bronchus zu durchtrennen (Abb. 2-78).

Hierbei wird der distale Bronchusabschnitt mit einer Klemme verschlossen, mit welcher er auch nach ventral gezogen wird (Abb. 2-79). Jetzt ist nach Entfernung von eventuell vorhandenen Lymphknoten der Blick auf die Pars interlobaris arteriae pulmonalis frei. Die posteriore Arterie und eventuell vorhandene zusätzliche ascendierende Arterien können, falls nicht schon vorher geschehen, unterfahren und ligiert werden. Zieht man jetzt das Präparat an der peripheren Bronchusklemme hoch, so spannen sich in der Nähe des Bronchus noch Parenchymstränge an, in welchen meist Venen verlaufen. Nach Ligatur dieser Stränge und deren Durchtrennung springen die Lappen- und Segmenttrennungsflächen bei stetigem Zug am Präparat alleine auf. Die Ablösung kann durch schiebenden Druck mit dem Finger gegen den an der Lungenoberfläche liegenden Daumen unterstützt werden. Die Parenchymnaht wird wie im Abschnitt „Versorgung des Lungenparenchyms“ beschrieben durchgeführt. Die Parenchymbrücken können auch mit der Nahtmaschine durchtrennt werden (Abb. 2-79).

Die Sicherung des Bronchusstumpfes erfolgt wie bereits beschrieben (siehe Abschnitt „Deckung des Bronchusstumpfes“). Bestehen keine Parenchymbrücken oder Verwachsungen zwischen Mittellappen und Unterlappen, werden deren Lappenränder durch Einzelknopfnähte aneinander fixiert, um eine Torquierung des Mittellappens zu verhindern.

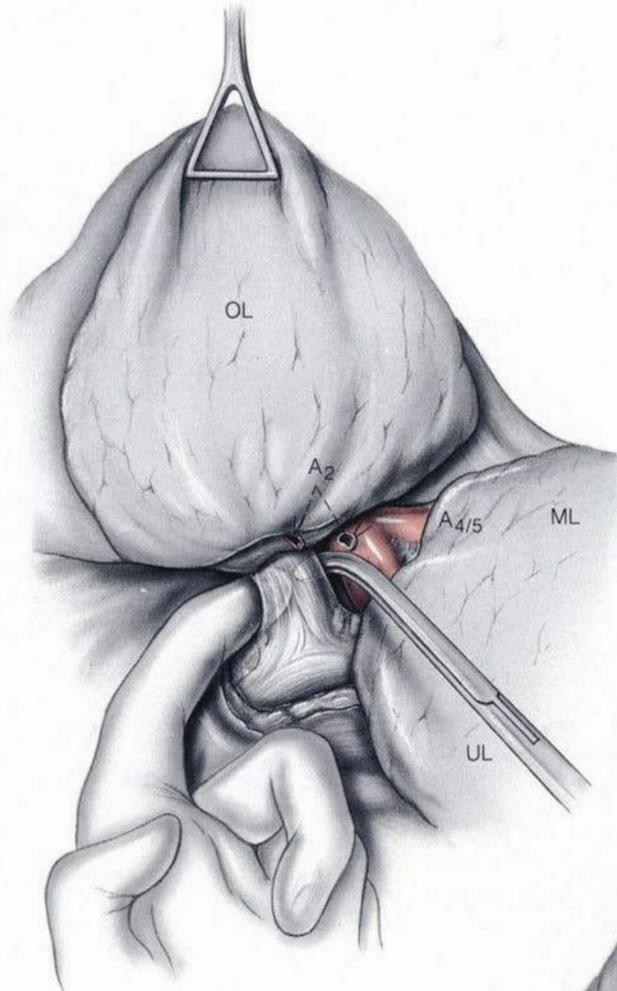


Abb. 2-77 Oberlappenresektion rechts. Präparation von dorsal. Die posteriore Arterie ist durchtrennt. Der Oberlappenbronchus wird unter Führung des Fingers mit dem Overholt freipräpariert.

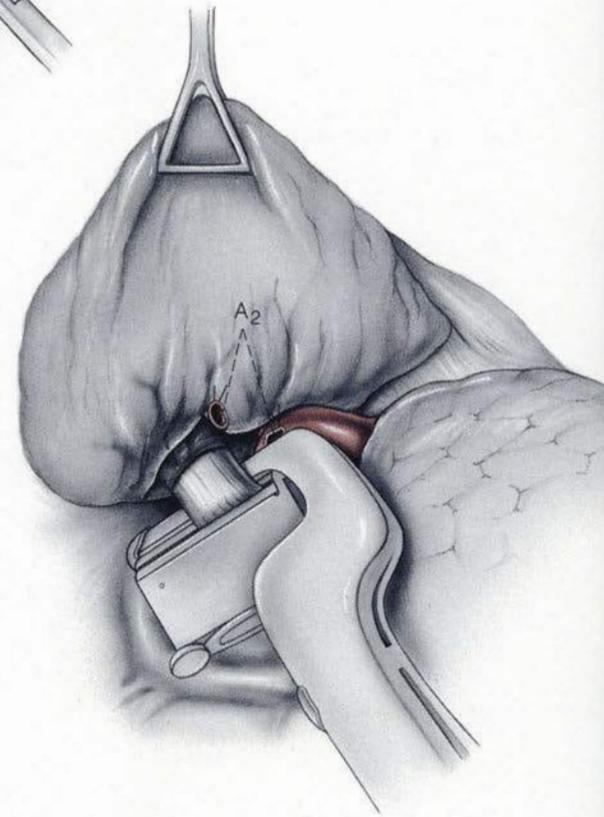


Abb. 2-78 Oberlappenresektion rechts. Die Nahtmaschine TATM 35 ist von hinten am Oberlappenbronchus angelegt.

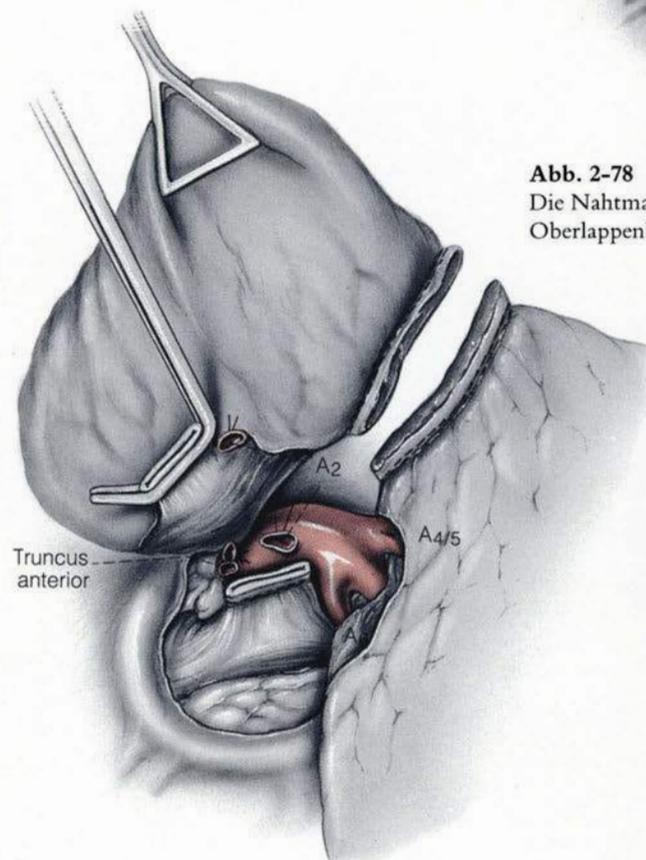


Abb. 2-79 Oberlappenresektion rechts. Situation von hinten. Der Oberlappenbronchus ist mit der Nahtmaschine verschlossen und durchtrennt. Die Parenchymbrücke zwischen Mittellappen und anteriorem Oberlappensegment ist mit einer Klammernahtreihe verschlossen und durchtrennt.

Vorgehen bei zentralem Tumorsitz

Bei zentral reichenden Tumoren, welche an die Pars interlobaris arteriae pulmonalis heranwachsen, muß der intrapulmonale Verlauf der Arterie dargestellt werden. Hierzu wird sie bei ausgebildeten Lappenspalten am Kreuzungspunkt der Fissura interlobaris transversa mit der Fissura interlobaris obliqua durch Einschneiden der Pleura visceralis leicht sichtbar. Bei größeren Parenchymbrücken in diesem Bereich empfiehlt es sich, die leicht zugängliche anterobasale Unterlappenarterie freizulegen und von dort den Gefäßtunnel zu präparieren (Abb. 2-80). Nach Darstellen des Abganges der Unterlappenspitzenarterie kann die Parenchymbrücke zwischen Unterlappenspitze und Oberlappen zwischen Doppelligaturen oder mit einer Klammernahtreihe von hinten her durchtrennt werden (Abb. 2-81).

Nachdem die Pars interlobaris arteriae pulmonalis dargestellt ist, lassen sich die ascendierenden Arterien des Oberlappens identifizieren und ligieren (Abb. 2-81). Reicht der Tumor bis an den Stamm der Pars interlobaris heran, empfiehlt es sich, den Pulmonalisstamm zentral freizupräparieren und mittels eines Tourniquets zu sichern oder abzuklemmen (siehe Abschnitt „Pneumonektomie rechts“). Nach Setzen einer weiteren distalen Klemme können die Segmentäste offen reseziert und die Pulmonalarterie vernäht werden (siehe Abb. 2-47). Bei diesen zentralen Tumoren ist die Entfernung des Oberlappens wegen des fehlenden Sicherheitsabstandes meist nicht ausreichend, so daß dieser Präparationsschritt bereits die Vorbereitung zur später zu beschreibenden Oberlappenmanschettenresektion darstellt.

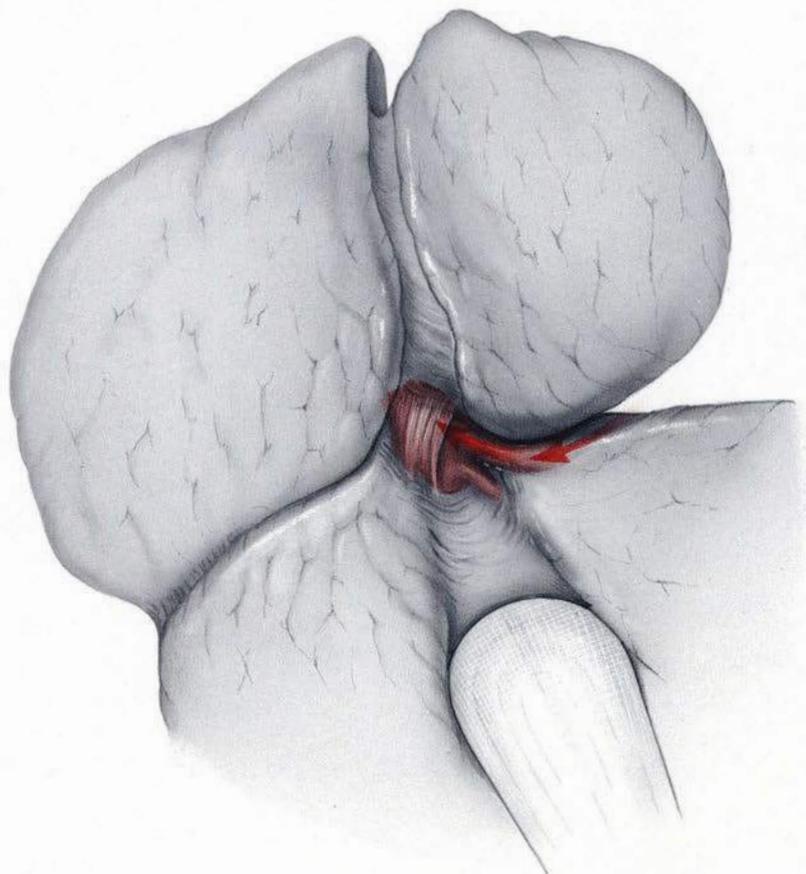


Abb. 2-80 Darstellen der Pars interlobaris arteriae pulmonalis im Interlobium. Als Leitschiene der Präparation dient die anterobasale Unterlappenarterie, die man leicht im Interlobium zwischen Unterlappen und Mittelloben auffindet (Pfeil).

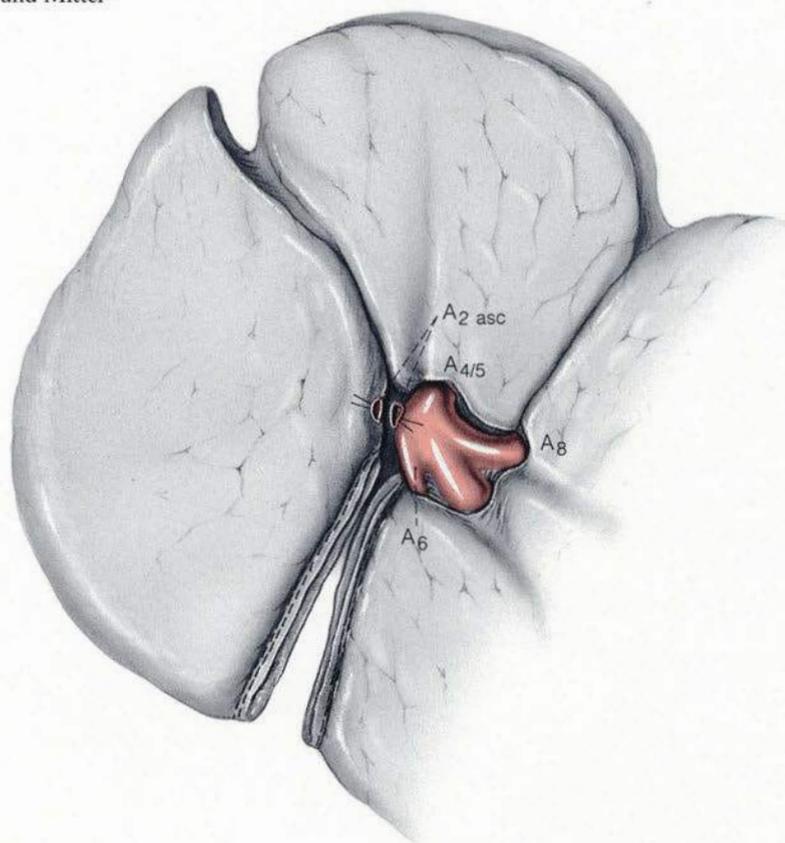


Abb. 2-81 Oberlappenresektion rechts. Präparation vom Interlobium aus. Die Parenchymbrücke zwischen Unterlappenspitze und posteriorem Oberlappensegment ist durchtrennt, die ascendierende posteriore Arterie ($A_{2 \text{ asc}}$) ist ligiert und durchtrennt.

Resektion des Mittellappens

Der Zugang erfolgt im 5. ICR, wobei der Schnitt mehr nach ventral gezogen wird. Bei Karzinomen sollte die Präparation mit der Darstellung der Mittellappenvene beginnen. Ober- und Mittellappen werden nach dorsal gedrängt und die Pleura mediastinalis nahe am Lungenparenchymrand inzidiert. Der N. phrenicus wird nach medial abgeschoben. Als ersten Schritt stellt man den kaudalen Rand der V. pulmonalis superior dar.

Die venösen Abflußverhältnisse aus dem Mittellappen werden identifiziert, wobei der reguläre Rückfluß in die obere Vene erfolgt. Je nachdem, ob es sich um einen Mittellappenstamm oder um getrennte Äste handelt, werden diese von den übrigen Aufzweigungen des Oberlappens isoliert. Hierzu müssen die Pleura pulmonalis und das Lungenparenchym nach peripher abgeschoben werden, um die Gefäßverzweigungen der V. pulmonalis superior darzustellen. Nach Eröffnen der Gefäßscheide kann die Mittellappenvene mit dem Dissektor unterfahren werden (Abb. 2-82). Die Vene wird nach zentral ligiert und zusätzlich durchstochen.

Bei tumorösen Lymphknoten im Bereich des Mittellappenbronchus, welcher direkt hinter der Vene liegt, kann diese Präparation manchmal schwierig sein. In solchen Fällen werden ebenso wie bei Schwierigkeiten der Identifizierung der venösen Abflußverhältnisse erst die Arterie und dann der Bronchus präpariert und durchtrennt, worauf sich bei Zug an der peripheren Bronchusklemme die Venen ausspannen und sich somit sicher identifizieren und ligieren lassen.

Da die Fissura interlobaris transversa meist gar nicht oder nur unvollständig ausgebildet ist, wird die Identifizierung der arteriellen Mittellappenversorgung nicht über die Nebenspalte gelingen, sondern über die Präparation der Pars interlobaris arteriae pulmonalis und Darstellen ihrer Abgänge. Sie läßt sich bei gut ausgebildeter Hauptspalte leicht an ihrem Kreuzungspunkt mit der Nebenspalte freilegen. Hierzu werden der Mittellappen nach ventral

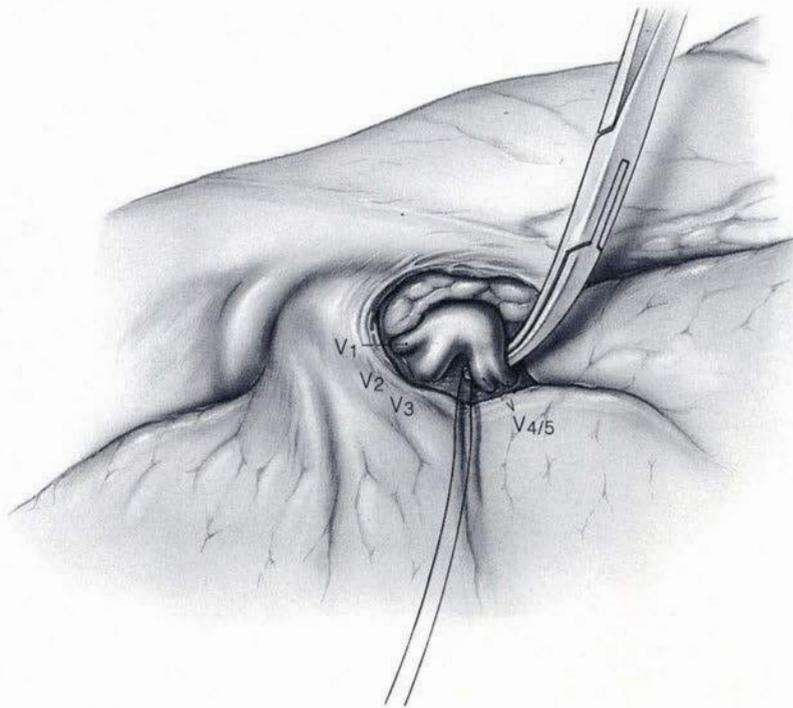


Abb. 2-82 Mittellappenresektion. Die Mittellappenvene mündet in die V. pulmonalis superior. Sie ist freipräpariert und mit dem Overholt unterfahren.

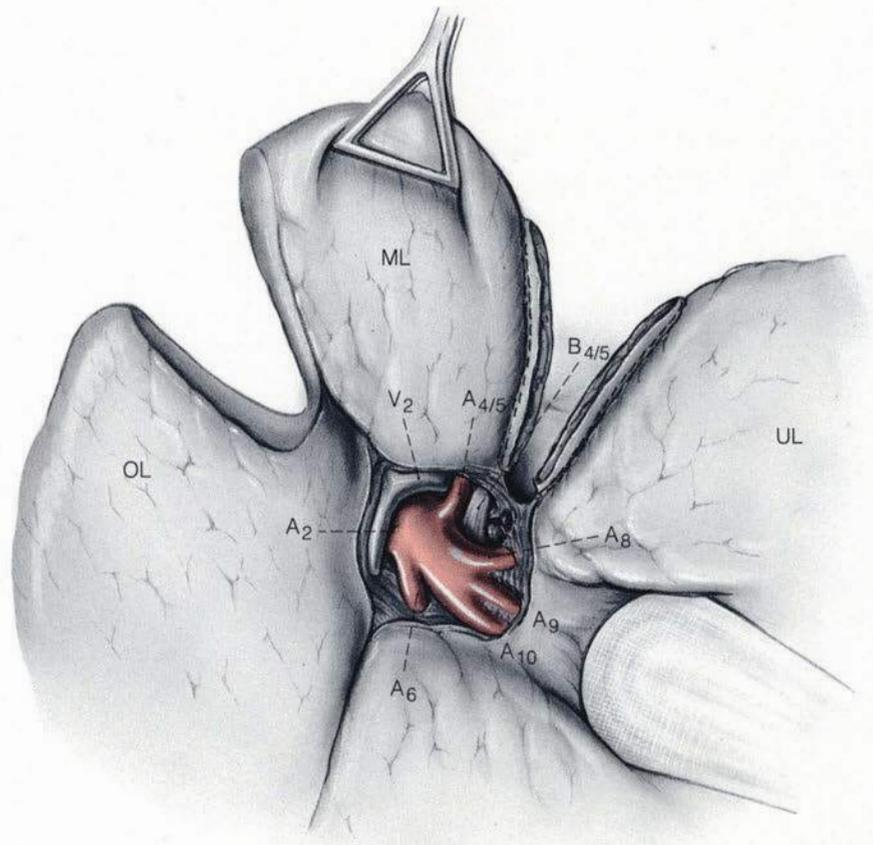


Abb. 2-83 Präparation des Interlobiums bei der Mittellappenresektion. Parenchymbrücke zwischen Unterlappen und Mittellappen ist durchtrennt. Die Mittellappenarterie ist dargestellt. Die posteriore Oberlappenvene kreuzt kranial die Pulmonalarterie.

und der Unterlappen nach dorsal kaudal abgedrängt (Abb. 2-83). Da der Mittellappen in 50% von 2 Arterien versorgt wird, muß die Pulmonalarterie nach Eröffnen der Gefäßscheide nach proximal bis oberhalb des Abganges der posterioren Oberlappenarterie und distal bis unterhalb des Abganges der Unterlappen-spitzenarterie dargestellt werden (Abb. 2-83). Nach Ligatur der Arterien wird der Mittellappenbronchus präpariert. Hierzu müssen eventuell vorhandene Parenchymverbindungen zwischen Mittellappen und Unterlappen durchtrennt werden. Gestaltet sich das Aufsuchen der Pulmonalarterie im Verlauf der Hauptspalte wegen unvollständiger Ausbildung derselben schwierig, gelingt das Auffinden der Arterie problemlos, wenn man die Präparation in der Hauptfissur zwischen Mittellappen und Unterlappen beginnt und die anterobasale Unterlappenarterie als Leitschiene benutzt (siehe Abb. 2-86). Die Parenchymbrücken zwischen Mittellappen und Unterlappen werden gleichzeitig durchtrennt.

Da der Mittellappenbronchus medial der Pulmonalarterie auftaucht, die in diesem Bereich den Zwischenbronchus kreuzt (Abb. 2-84), muß diese nach dorsal abgedrängt werden, um den Abgang des Mittellappenbronchus aus dem Zwischenbronchus darstellen zu können. Zwischen Daumen und Zeigefinger kann der Mittellappenbronchus soweit von Bindegewebe befreit werden, daß er nach Ansetzen der Nahtmaschine verschlossen werden kann (Abb. 2-84).

Nach Durchtrennen des Bronchus kann der Mittellappen durch Zug an der peripheren Bronchusklemme in der Lappenebene teilweise mit Unterstützung des präparierenden Fingers vom Oberlappen getrennt werden (Abb. 2-85). Bei schwieriger Präparation der Pulmonalarterie im Interlobium empfiehlt es sich, vorher den Pulmonalisstamm freizulegen und mit einem Tourniquet zu sichern.

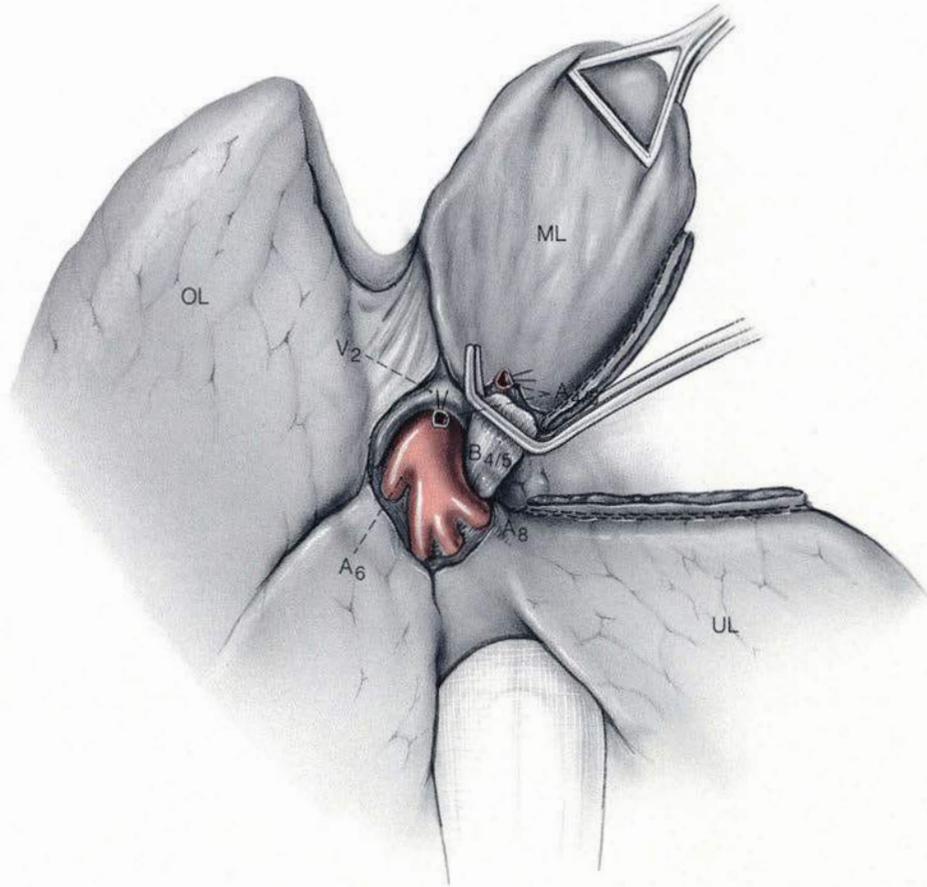


Abb. 2-84 Mittellappenresektion rechts. Die Parenchymbrücke zwischen Mittellappen und Unterlappen ist mit dem GIA™-Klammergerät durchtrennt, die Mittellappenarterie ligiert und ebenfalls durchtrennt. Die posteriore Oberlappenvene kreuzt die Pars interlobaris arteriae pulmonalis.

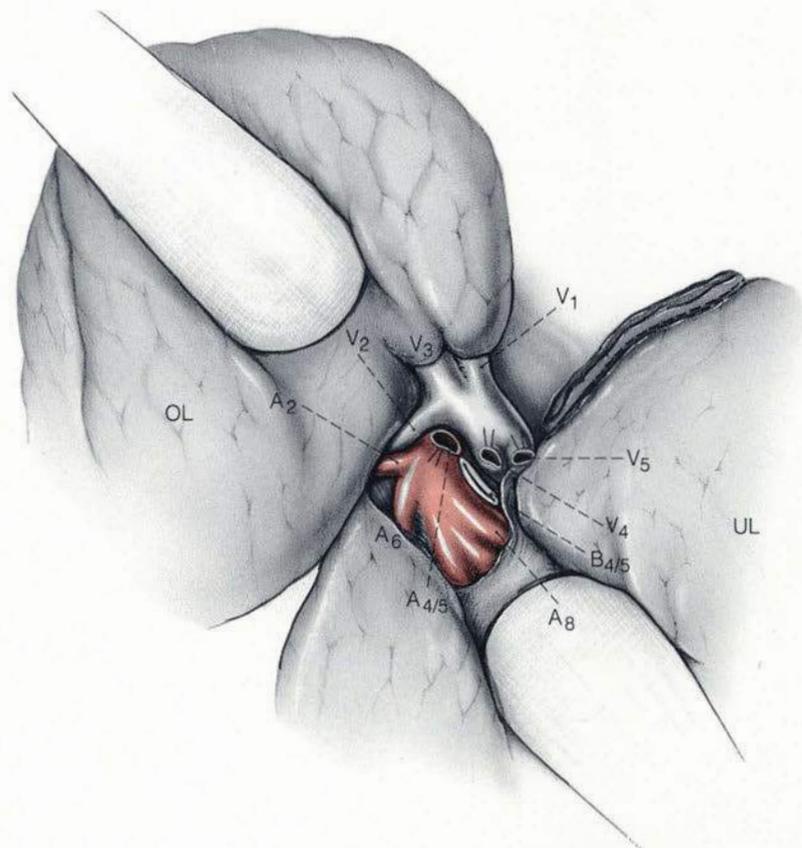


Abb. 2-85 Der Mittellappen ist reseziert. Blick auf den Bronchusstumpf, die Pars interlobaris arteriae pulmonalis und V. pulmonalis superior mit den ligierten Mittellappenvenen und den Ästen aus dem Oberlappen.

Obere Bilobektomie

Die Eröffnung des Thorax erfolgt wie zur Pneumonektomie bzw. Oberlappenresektion. Die Präparation beginnt, wie bei diesem Eingriff beschrieben, indem die Pleura am Unterrand des V.-azygos-Bogens inzidiert wird (siehe Abb. 2-59). Danach werden die obere Pulmonalvene und der aus der Pulmonalarterie abgehende Truncus anterior von ventral präpariert (siehe Abb. 2-71). Die Vene wird wie bei der rechtsseitigen Pneumonektomie in toto versorgt (siehe Abb. 2-61). Nach Darstellen des Truncus anterior wird dieser in toto oder in seinen Einzelästen ligiert (siehe Abb. 2-73).

Der Pulmonalarterienstamm liegt jetzt von ventral frei. Oft lassen sich nach Eröffnen der Gefäßscheide die Mittellappenarterie und die posteriore Oberlappenarterie identifizieren und ligieren.

Gelingt dies nicht, wird die Pars interlobaris arteriae pulmonalis von kaudal her wie zur Mittellappenresektion präpariert (siehe Abb. 2-83), wobei die anterobasale Unterlappen-segmentarterie als Leitschiene zum Aufsuchen der Pulmonalarterie dient (Abb. 2-86). Die Mittellappenarterie, oder wenn 2 vorhanden beide, wird unterfahren und ligiert. Dasselbe gilt für die posteriore Oberlappenarterie. Der Oberlappenbronchus wird von seinem peribronchialen Bindegewebe befreit und nach Verschluss mit der Nahtmaschine und nach Setzen einer peripheren Klemme durchtrennt (siehe Abb. 2-78). Dann wird nach Abschieben der Pulmonalarterie nach dorsal und Befreiung des Mittellappenbronchus von seinem peribronchialen Gewebe auch dieser mit der Maschine verschlossen (siehe Abb. 2-84 und 2-85). Eventuell vorhandene Parenchymbrücken zwischen Oberlappen und Unterlappenspitze werden, wie bereits beschrieben, nach der Segmenttechnik durch Zug am Bronchusresektat bzw. Oberlappenpräparat teilweise mit Unterstützung des Fingers durchtrennt oder mit der Nahtmaschine (GIATM) abgenäht und zerteilt. Oberlappen und Mittellappen werden als gemeinsames Präparat behandelt und entfernt.

Die Indikation zur oberen Bilobektomie liegt in der Regel vor bei Prozessen, welche peripher wachsen, jedoch den Lappenspalt zwischen Oberlappen und Mittellappen bereits überschritten haben.

Die Parenchym- und Bronchusstumpfversorgung erfolgt in üblicher Weise. Der verbleibende Unterlappen muß aus vorhandenen Verwachsungen zur Brustwand gut gelöst werden. Das Lig. pulmonale ist zu inzidieren, um eine möglichst gute Wiederausdehnung des verbleibenden Unterlappens zu ermöglichen und somit eine größere Resthöhle zu vermeiden.

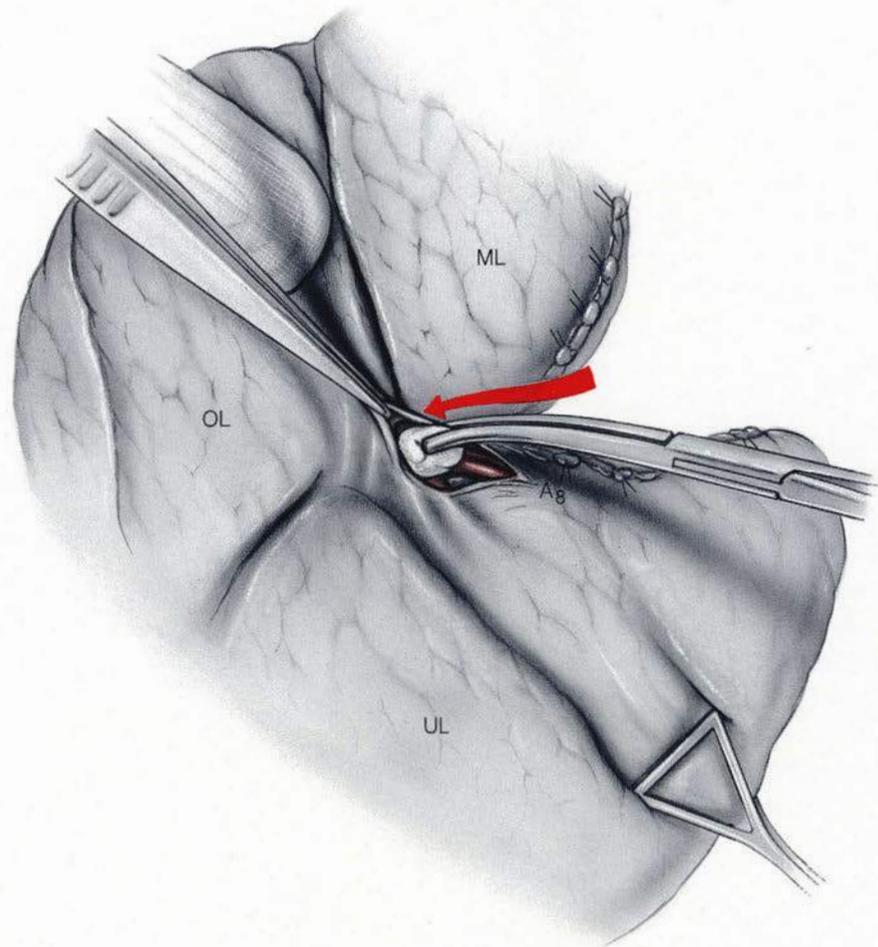


Abb. 2-86 Unterlappenresektion rechts. Präparation der Pars basalis arteriae pulmonalis vom Interlobium zwischen Mittellappen und Unterlappen aus, wobei die anterobasale Arterie als Leitschiene dient.

Resektion des rechten Unterlappens

Der Zugang erfolgt über den 6. ICR. Indem der Mittellappen nach vorne und der Unterlappen nach dorso-kaudal abgedrängt werden, wird der Blick auf das Interlobium frei, und die Pulmonalarterie kann unter der Pleura visceralis gesichtet werden. Nach Einschneiden der Pleura und Eröffnen der Gefäßscheide werden die Segmentaufzweigungen der Pars interlobaris arteriae pulmonalis dargestellt (Abb. 2-87).

Ist die Pulmonalarterie wegen unvollständig ausgebildeter Hauptspalte schwer zu identifizieren, beginnt die Präparation im Lappenspalt zwischen Unterlappen und Mittellappen. Hier verläuft die anterobasale Arterie subpleural an der interlobären Fläche des Unterlappens. Nach Eröffnen der Gefäßscheide verfolgt man diesen Segmentast nach zentral und gelangt so auf die Pars basalis arteriae pulmonalis (Abb. 2-86).

Nach distal lassen sich nun innerhalb der Gefäßscheide die Abzweigungen der basalen Segmentarterien und nach dorsal die Unterlappenspitzenarterie darstellen. Die Unterlappenspitzenarterie wird ligiert und abgesetzt (Abb. 2-87). Die basalen Segmentarterien werden nach distal, wenn möglich, einzeln ligiert, während nach zentral eine einzige Ligatur genügt (Abb. 2-88). Hierbei ist darauf zu achten, daß diese Ligatur den Abgang der Mittellappenarterien nicht einengt (siehe Abb. 2-122b).

Besteht eine Parenchymbrücke zwischen Unterlappenspitze und posteriorem Oberlappensegment, so wird diese zwischen Doppelligaturen oder mit dem GIATM-Nahtapparat durchtrennt, nachdem der Hilus von hinten her dargestellt wurde (siehe Abb. 2-88).

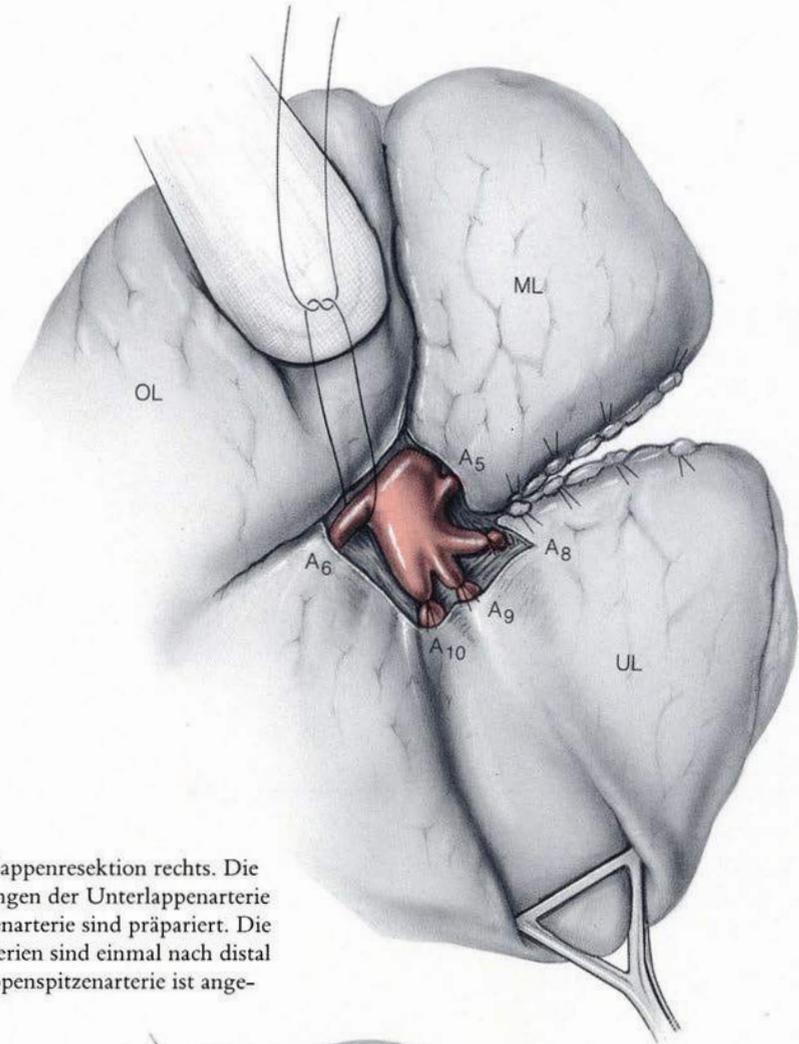


Abb. 2-87 Unterlappenresektion rechts. Die Segmentaufzweigungen der Unterlappenarterie und der Mittellappenarterie sind präpariert. Die basalen Segmentarterien sind einmal nach distal ligiert, die Unterlappenspitzenarterie ist angeschlungen.

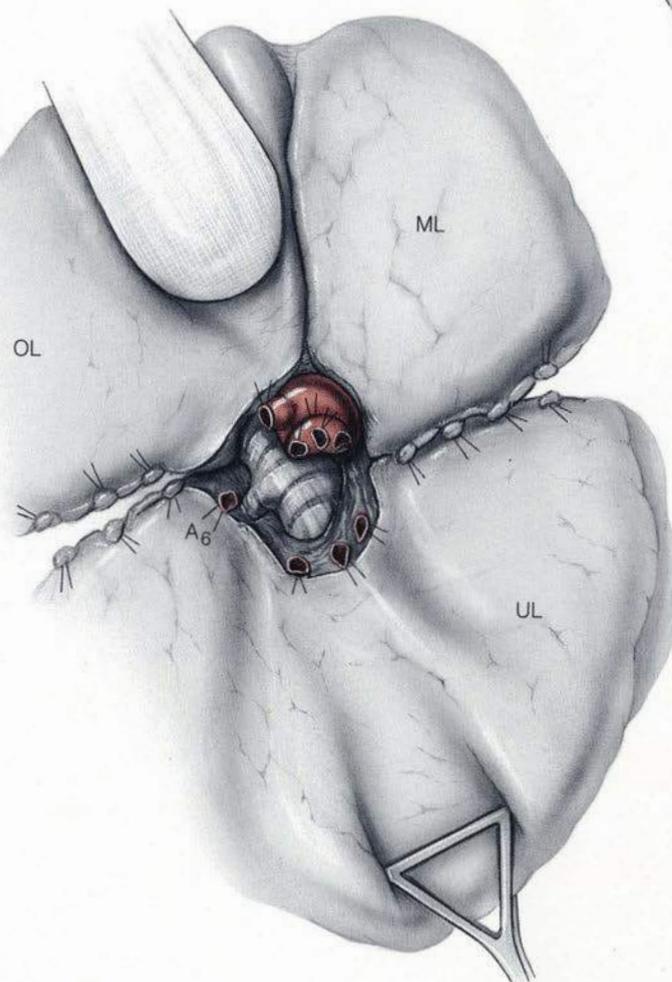


Abb. 2-88 Unterlappenresektion rechts. Die Unterlappensegmentarterien sind unterbunden und durchtrennt. Der Unterlappenbronchus mit Abgang des 6er-Segmentes ist präpariert.

Die Darstellung der V. pulmonalis inferior beginnt mit der Durchtrennung des Lig. pulmonale (Abb. 2-89). Dieses wird gebildet vom Umschlag der Pleura mediastinalis bzw. der Pleura diaphragmatica zum Pleuraüberzug des unteren Lungenhilus. Abgesehen von seiner Kante besteht es also aus 2 Pleurablättern. Nach Durchtrennen seines unteren Ansatzes zwischen Ligaturen (in ihm verlaufen oft kleinere Arterien) eröffnet sich ein bindegewebiger Raum, in welchem die V. pulmonalis inferior liegt (Abb. 2-90).

Durch Fassen des vorderen und anschließend des hinteren Blattes kann die Vene sehr leicht mit dem Präpariertüpfelchen von dem sie umgebenden Bindegewebe befreit werden. Nach Darstellen des Oberendes der Vene in Höhe des Unterlappenspitzenbronchusabganges kann sie mit dem Dissektor umfahren werden. Die Vene wird zentral ligiert und zusätzlich durchstochen, um ein Abrutschen der zentralen Ligatur bei dem sehr kurzen Venenstumpf zu verhindern.

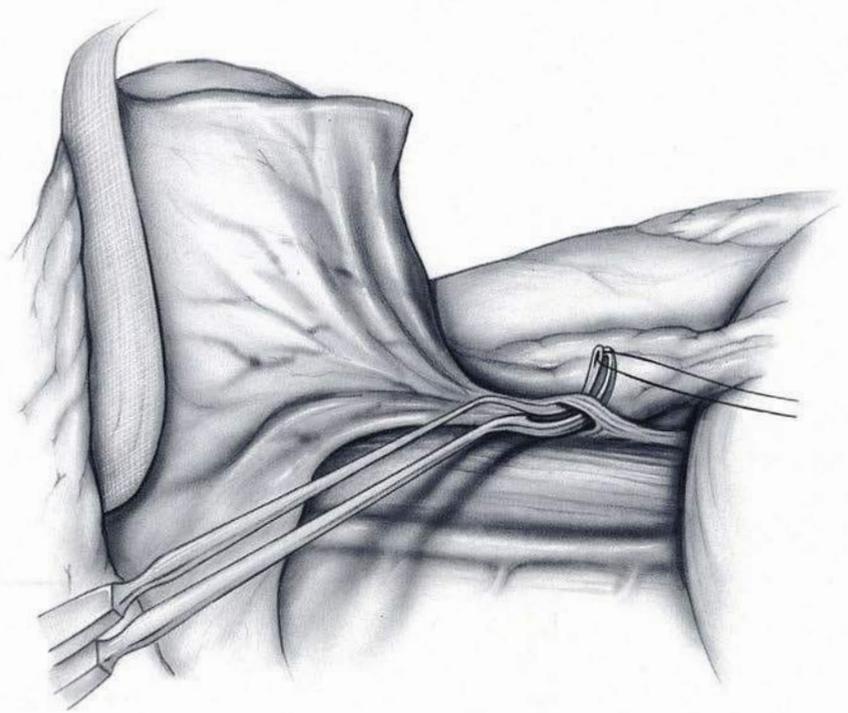


Abb. 2-89 Unterlappenresektion rechts. Das Lig. pulmonale wird zwischen Doppelligaturen mit Rinne und Dechamps durchtrennt.

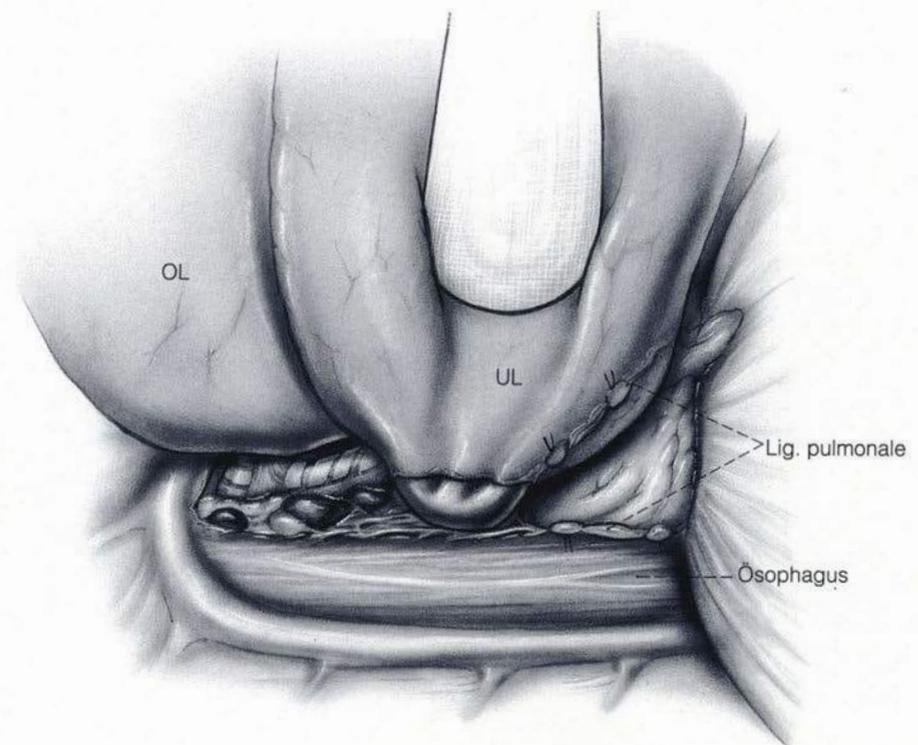


Abb. 2-90 Unterlappenresektion rechts. Darstellen der unteren Vene nach Durchtrennung des Lig. pulmonale.

Der Unterlappenbronchus wird von dem mediastinalen Gewebe bis zum Abgang des Mittellappenbronchus befreit (siehe Abb. 2-88). In dieser Phase der Präparation werden auch die Lymphknoten entlang des Bronchus intermedius bis hoch zur Bifurkation und zum linken Hauptbronchus entfernt, wobei der Unterlappen nach kranial und ventral gezogen wird. Hiernach wird die Lunge wieder in den Thorax verlagert, so daß das zuvor präparierte Interlobium zur Darstellung kommt. Nach Identifizierung des Mittellappenbronchus können Unterlappenstamm- und Unterlappenspitzenbronchus gemeinsam verschlossen werden, sofern der Unterlappenspitzenbronchus distal des Mittellappens abgeht. Hierzu wird die Nahtmaschine schräg angesetzt (Abb. 2-91). Durch Blähen der Restlunge wird vor Setzen der Klammernahtreihe die Belüftbarkeit des Mittellappens geprüft.

Geht der Bronchus des 6er-Segments gegenüber dem Mittellappenbronchus nach hinten ab, so muß er getrennt vom basalen Bronchustamm verschlossen werden.

Jetzt läßt sich nach Absetzen des Bronchus das Präparat entfernen. Eventuell vorhandene Parenchymtrennungsflächen werden in üblicher Weise versorgt. Der Bronchusstumpf wird mit einem gestielten Pleuralappen von der hinteren Thoraxwand oder mittels eines gestielten Perikardlappens gedeckt (siehe Abschnitt „Deckung des Bronchusstumpfes“).

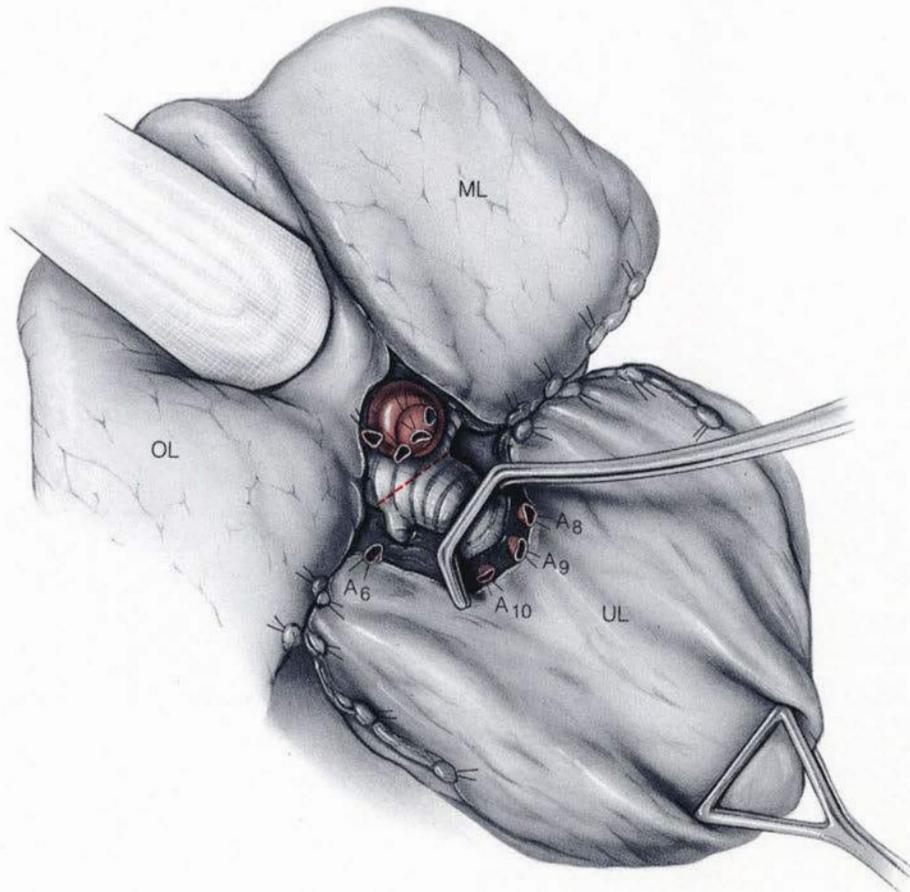


Abb. 2-91 Unterlappenresektion rechts. Die Resektionsebene ist schräg eingezeichnet, der Unterlappenbronchus nach distal angeklemt. Die Gefäße sind ligiert und durchtrennt.

Untere Bilobektomie

Der Zugang erfolgt über den 5. oder 6. ICR. Die *Indikation* zu dieser Resektion ist gegeben bei Karzinomen, welche den Bronchus intermedius mit einbeziehen, oder wenn der Tumor im Unterlappen auf den Mittellappen, dessen Bronchus oder dessen Gefäßversorgung übergreift. Die Möglichkeit der Reanastomosierung von Mittellappen oder Unterlappen soll bei der Gestaltung der Präparation immer berücksichtigt werden.

Als erstes wird der Bronchus intermedius von dorsal her aufgesucht (siehe Abb. 2-75). Die Lunge wird nach vorne medial abgedrängt und der hintere Lungenhilus nach Spalten der Pleura entlang des Lungenparenchyms präpariert. Der rechte Hauptbronchus, Oberlappenabgang und

Bronchus intermedius werden dargestellt. Am Unterrand des Oberlappenbronchus wird der hier immer vorhandene Lymphknoten freigelegt und entfernt. Jetzt werden die Unterlappenspitzenarterie bzw. ihr Abgang aus der Pars interlobaris arteriae pulmonalis und proximal davon die posteriore Oberlappenarterie sichtbar (siehe Abb. 2-76).

Besteht eine Parenchymbrücke zwischen Oberlappen und Unterlappenspitze, wird diese zwischen Doppelligaturen oder mit der Nahtmaschine durchtrennt (siehe Abb. 2-81). Der Abgang des Bronchus intermedius kann jetzt meist nach stumpfem Abdrängen der Pars interlobaris arteriae pulmonalis nach medial mit dem Finger umfahren und somit die Resektionsebene festgelegt

werden (Abb. 2-92). Da Tumoren des Bronchus intermedius die Pulmonalarterie meist mit einziehen, verbietet sich die übliche Präparation des Interlobiums mit Darstellung der Arterie von distal (siehe Abb. 2-80).

Nach Abdrängen der Lunge nach dorsal wird deswegen jetzt der Hilus von vorne durch Spalten der Pleura wie bei der Mittellappenresektion präpariert (siehe Abb. 2-82). Die Vena pulmonalis superior wird dargestellt und die Venenäste aus dem Mittellappen identifiziert. Es bietet sich an, die Mittellappenvene, wie bei der Mittellappenresektion beschrieben, zu unterfahren, zu ligieren und abzusetzen, wobei nach zentral eine Durchstechungsligatur erfolgen muß. Hiernach erfolgt von dorsal die Darstellung und Ligatur der Unterlappenvene wie bei der Unterlappenresektion nach Spaltung des Lig. pulmonale (siehe Abb. 2-90). Das Präparat ist jetzt noch am Bronchus intermedius, an der A. pulmonalis und an der Parenchymbrücke des Mittellappens zum Oberlappen fixiert. Wenn der Mittellappen nach dorsal gezogen wird, läßt sich ventral der kaudale Teil der A. pulmonalis darstellen, welcher unter den Oberlappenvenenästen verläuft und im Interlobium verschwindet. Der erste Mittellappenarterienast wird freigelegt und ligiert. Nach Durchtrennen der Parenchymbrücke zwischen Oberlappen und Mittellappen wird der Blick auf die posteriore Arterie von vorne frei. Dicht nach ihrem Abgang wird die Pars interlobaris arteriae pulmonalis proximal des Abgangs des 2. Mittellappenarterienastes versorgt. Hierzu werden der Unterlappen nach ventrokaudal und der Mittellappen nach vorne medial abgedrängt. Die peripheren Gefäßaufzweigungen zur Unterlappenspitze, zu den basalen Segmenten und zum Mittellappen werden nach distal einzeln unterbunden und durchtrennt, um ein Abrutschen der zentralen Ligatur zu verhindern.

Nach Durchtrennen der Pulmonalarterie kann der Bronchus intermedius distal des Oberlappenbronchus mit der Nahtmaschine verschlossen und abgetrennt werden (Abb. 2-93).

Die Parenchymtrennungsfläche wird wie beschrieben versorgt (siehe Abb. 2-58), der Bronchusstumpf mit einem gestielten Pleuralappen oder einem Perikardlappen gedeckt (siehe Abschnitt „Deckung des Bronchusstumpfes“).

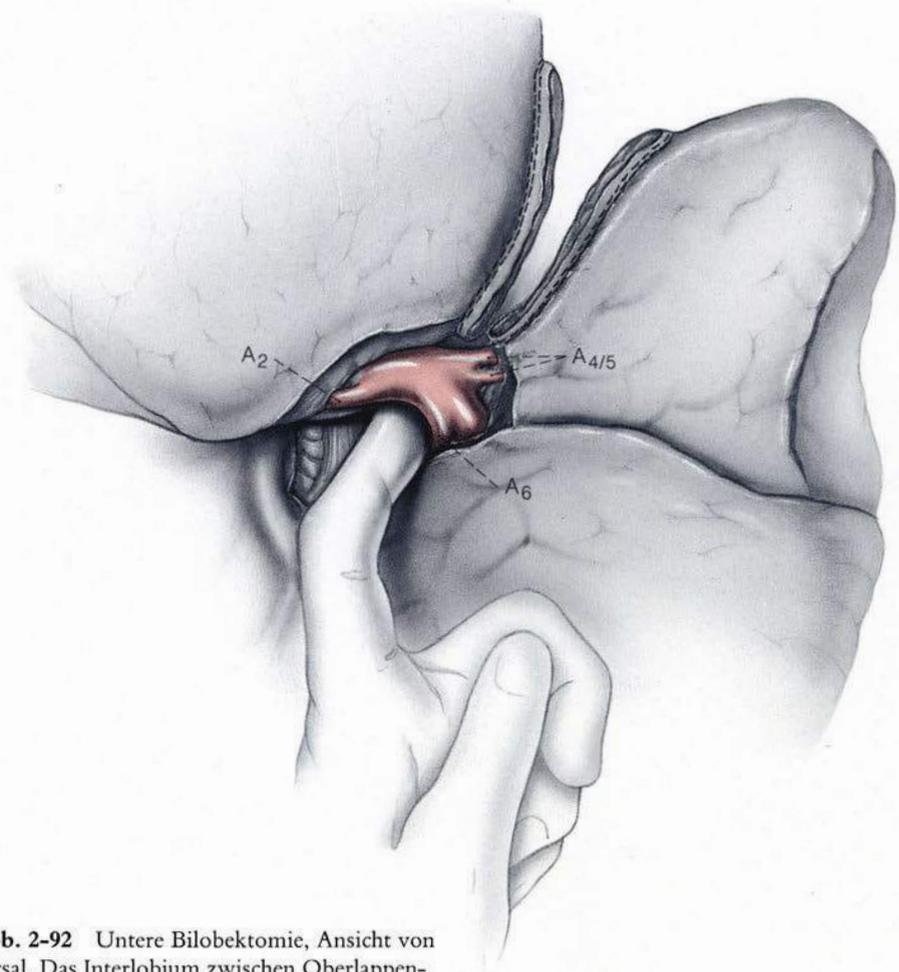


Abb. 2-92 Untere Bilobektomie, Ansicht von dorsal. Das Interlobium zwischen Oberlappen- und Unterlappenspitze ist eröffnet, die Pars interlobaris arteriae pulmonalis wird mit dem Finger nach medial abgedrängt, um die Resektionsebene festzulegen.

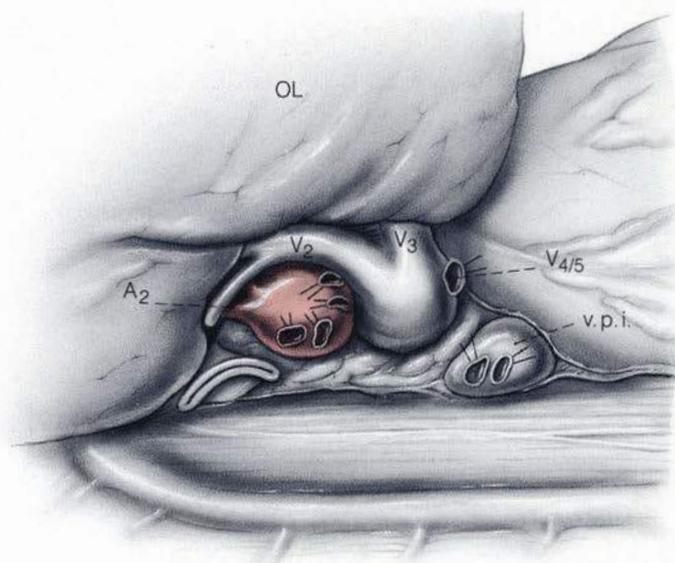


Abb. 2-93 Untere Bilobektomie rechts. Situs nach Entfernung von Unterlappen und Mittellappen. V. p. i. = Vena pulmonalis inferior

Linksseitige Resektionen**Pneumonektomie links**

Der Zugang erfolgt durch den 5. ICR. Die Lunge wird nach medial vorne gezogen und die Pleura mediastinalis entlang des hinteren Hilus in ihrer ganzen Länge eröffnet (Abb. 2-94).

So wird die A. pulmonalis dargestellt, welche hier den Oberlappenbronchus umläuft. Dorsal der Arterie stellt sich der Hauptbronchus mit der Pars membranacea dar, so daß man sich einen Überblick über die zentrale Tumorausdehnung verschaffen kann (Abb. 2-95).

Nachdem die Lunge nach dorsal und kaudal abgedrängt wurde, wird die Pleurainzision bogenförmig über den oberen Hiluspol nach ventral fortgesetzt. Am oberen Hiluspol müssen Vagusäste, welche zum Oberlappen führen, durchtrennt werden.

Beachte:

Dies sollte möglichst nahe am oberen Lungenhilus geschehen, um den sich um den Aortenbogen herumschlingenden N. recurrens zu schonen. Befinden sich hier tumoröse Lymphknoten, so muß er allerdings unter dem Gesichtspunkt der Radikalität bewußt reseziert werden.

Nun wird lateral des N. phrenicus die Pleurainzision nach kaudal am Vorderrand des Lungenhilus fortgeführt (Abb. 2-94) und das mediastinale Fett nach vorne abgeschoben. Damit die Vorderseite der A. pulmonalis dargestellt werden kann, müssen das sie bedeckende Bindegewebe und die Lymphknoten exstirpiert werden. Die Gefäßscheide wird an der ventrokranialen Zirkumferenz eröffnet, so daß die Arterie von vorne, kranial und dorsal freipräpariert werden kann (Abb. 2-97). Die dorsale Fläche der Arterie hat enge Beziehung zum darunter liegenden Hauptbronchus. Diese Verwachsungen müssen vorsichtig mit dem Präpariertüpfelchen gelöst werden.

Danach kann der Pulmonalarterienstamm von dorsokaudal nach ventral mit dem Dissektor unterfahren werden, wobei der Zeigefinger der

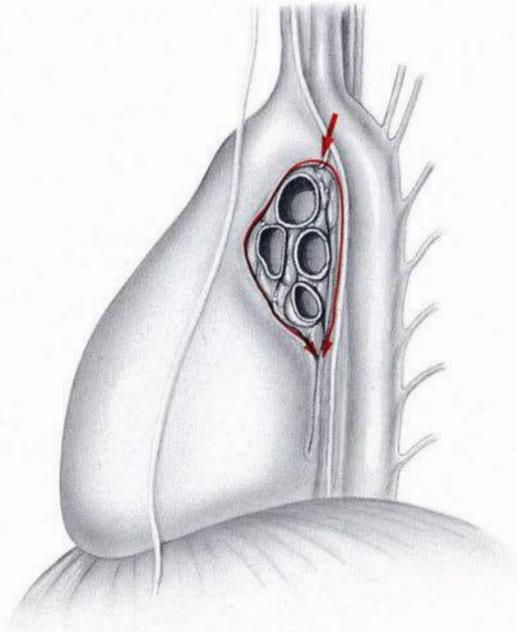


Abb. 2-94 Inzision der Pleura mediastinalis bei der Präparation des linken Hilus (Pfeil).

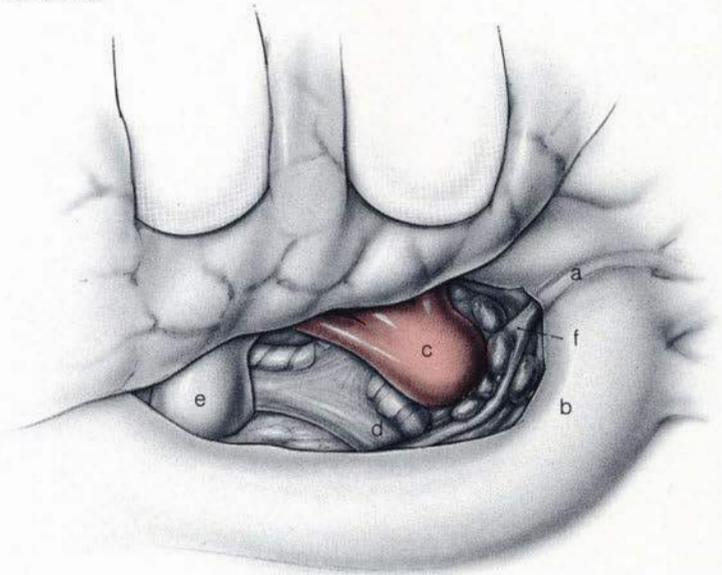


Abb. 2-95 Pneumonektomie links. Blick auf den linken Hilus von hinten nach Freilegung der A. pulmonalis.

- a) N. vagus
- b) Aortenbogen
- c) A. pulmonalis
- d) Bronchus
- e) V. pulmonalis inferior
- f) R. recurrens des N. vagus

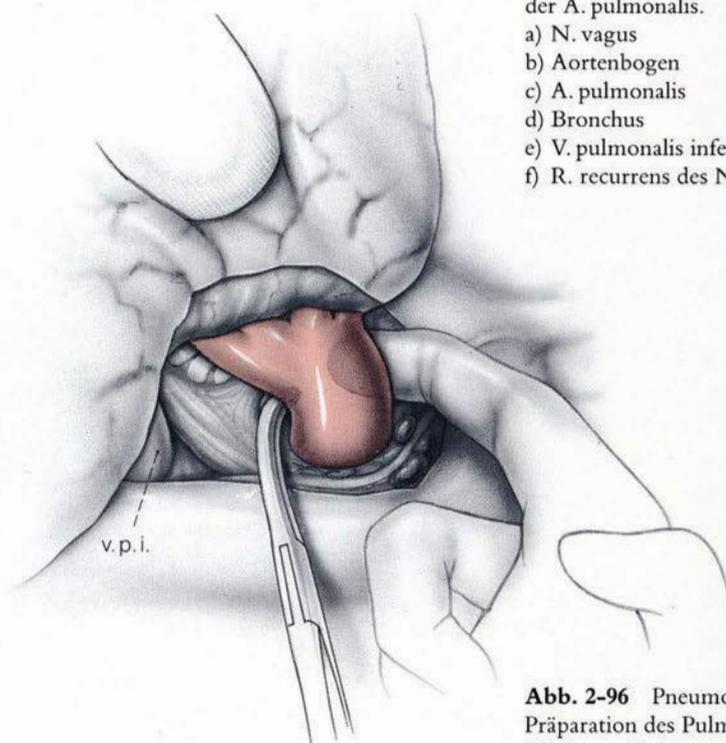


Abb. 2-96 Pneumonektomie links. Präparation des Pulmonalarterienstammes links. Blick von hinten.
V. p. i. = Vena pulmonalis inferior

rechten Hand den kranialen Rand der Arterie von vorne und kranial umfaßt und die Richtung markiert (Abb. 2-96). Manchmal kann es hilfreich sein, den oberen Venenast vor diesem Manöver zu ligieren, damit der Unterrand der Arterie besser zugänglich wird. Nach zentral wird die Arterie ligiert und zusätzlich durchstochen (Abb. 2-97). Bei kurzem Gefäßstumpf sollte die Arterie durch Naht über einer Klemme verschlossen werden. Nach peripher hin werden, wenn möglich, die beiden ersten Segmentarterien und der Reststamm isoliert ligiert, um mehr Strecke zu bekommen. Die Präparation der oberen Pulmonalvene bereitet selten Probleme. Zwischen ihrem Oberrand und dem Bronchus finden sich oft Verwachsungen, welche teils scharf, teils stumpf durchtrennt werden, bevor der Ober- rand dargestellt werden kann. Der kaudale Rand der Vene wird mit dem Präpariertüpfelchen von dem umgebenden mediastinalen Gewebe befreit und nach Eröffnen der Gefäßscheide dargestellt. Mit dem Dissektor wird die Vene nahe dem Perikard unterfahren und nach zentral ligiert. Um genügend Strecke zu bekommen, werden nach lungenwärts die Venen- äste einzeln ligiert (Abb. 2-98). Nach einer zentralen Durchstechungs- ligatur wird die Vene durchtrennt.

Die Präparation der unteren Pulmo- nalvene geschieht nach Spalten des Lig. pulmonale wie auf der rechten Seite bei nach kranial gezogener Lunge (siehe Abschnitt „Resektion des rechten Unterlappens“). Nach Freipräparation des Oberrandes der Vene wird diese von dorsokranial mit dem Dissektor unterfahren, ligiert und zentral durchstochen (Abb. 2-99). Die periphere Ligatur kann in der Regel ebenfalls in toto gelegt werden.

Die jetzt nur noch am Bronchus fixierte Lunge wird steil nach ventro- kranial gezogen. Der Bronchus läßt sich stumpf aus dem Mediastinum herauslösen und von seinem um- gebenden Bindegewebe befreien. Alle Lymphknoten werden bis zum rechten Hauptbronchus entfernt.

Da der Abgang des linken Haupt- bronchus weit unter dem Aorten- bogen liegt, wird der Hauptbronchus

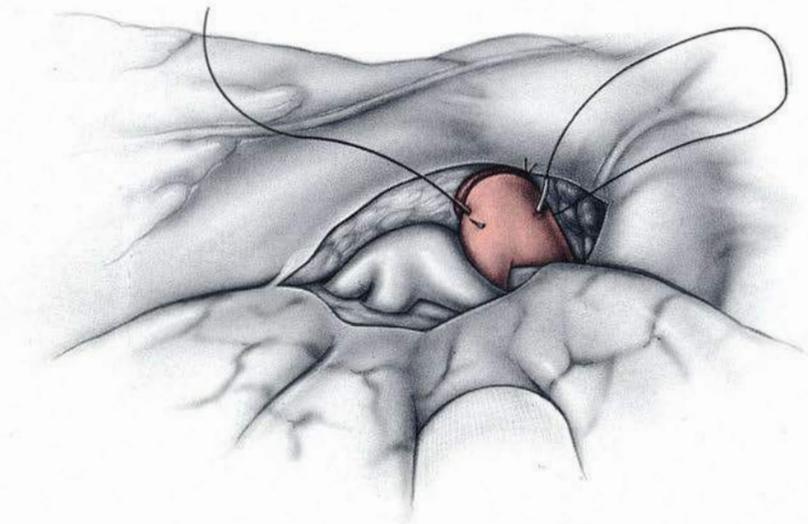


Abb. 2-97 Pneumonektomie links. Blick auf den Hilus von vorne. Die linke Pulmonalarterie ist zentral ligiert und wird durchstochen. Die obere Vene ist dargestellt.

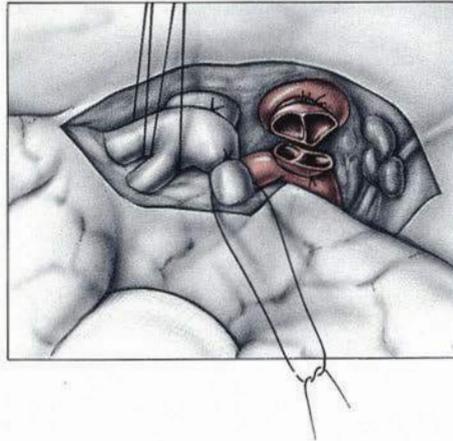


Abb. 2-98 Pneumonektomie links. Präparation und Ligatur der Oberlappenvene links. Die Pulmonalarterie ist bereits ligiert und durchtrennt.

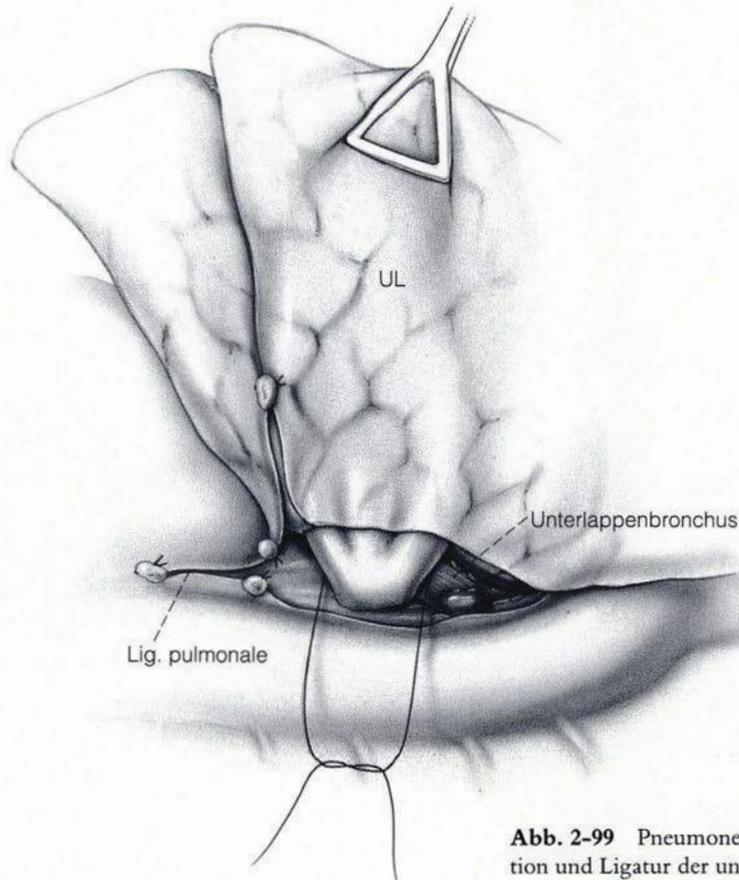


Abb. 2-99 Pneumonektomie links: Präparation und Ligatur der unteren linken Vene. Das Lig. pulmonale ist zwischen Ligaturen durchtrennt.

in der Regel in 2 Schritten reseziert. Zwei Bronchusklemmen werden proximal des Oberlappenabganges gesetzt und zwischen ihnen der Hauptbronchus durchtrennt, so daß das Operationspräparat entfernt werden kann.

Jetzt können unter Zug an der proximalen Klemme der Hauptbronchus und die Bifurkation unter Sicht von Lymphknoten befreit werden. Hierzu werden die Aorta descendens und der Ösophagus mit einem Langenbeck-Haken nach dorsal weggehalten (Abb. 2-100). Wenn der Bronchus nach kaudal gezogen wird, gelingt die Ausräumung der tra-cheobronchialen Lymphknoten unter dem Aortenbogen. Man zieht die Bifurkation nun so weit unter dem Aortenbogen hervor, daß der Hauptbronchus knapp an der Karina mit der Nahtmaschine TATM 55 verschlossen werden kann. Dann wird das Hauptbronchusnachresektat entfernt, worauf sich der Stumpf in die Tiefe des Mediastinums retrahiert. Der Bronchusstumpf kann mit Fibrinkleber und Kollagenvlies gesichert werden. Anschließend wird die Pleura in diesem Bereich verschlossen. Nach Eröffnen der Pleura mediastinalis kranial vom Aortenbogen schließt sich die Ausräumung der mediastinalen Lymphknoten an.

Intraperikardiale Gefäßversorgung links

Sollen die Gefäße intraperikardial abgesetzt werden, so eröffnet man den Herzbeutel dorsal des N. phrenicus von kaudal bis zum Aortenbogen unter Führung von 2 in den Herzbeutel eingeführten Fingern. Die Blätter werden, wie im Abschnitt „Intraperikardiale Gefäßversorgung rechts“ beschrieben, mit Haltefäden angespannt. Links ist der intraperikardiale Verlauf der Venen länger als rechts.

Wie für die rechte Seite beschrieben, wird jetzt am kaudalen und kranialen Rand der Gefäße der epikardiale Überzug gespalten (Abb. 2-101). Danach können die Venen unterfahren und wie üblich versorgt werden (siehe Abschnitt „Intraperikardiale Gefäßversorgung rechts“) (Abb. 2-102).

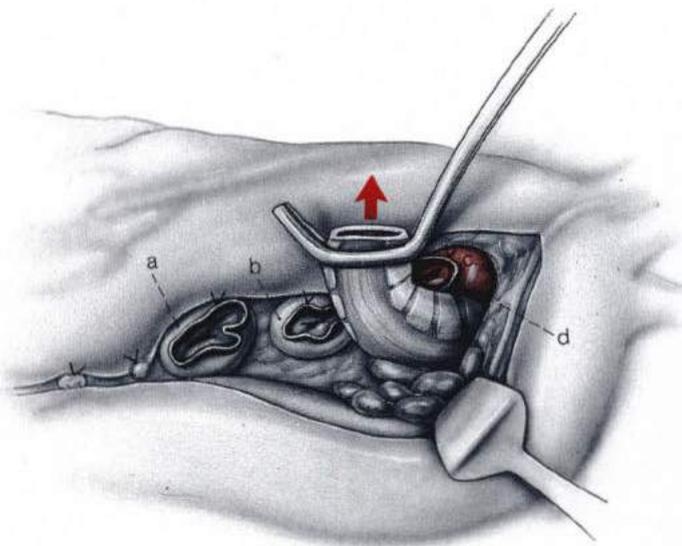


Abb. 2-100 Pneumonektomie links. Ausräumen der parabronchialen, bifurkalen und kontralateralen bronchialen Lymphknoten. Die Aorta wird mit einem Langenbeck-Haken nach dorsal gehalten, wobei auf den Hauptbronchusstumpf Zug in Pfeilrichtung ausgeübt wird.
a) untere Pulmonalvene
b) obere Pulmonalvene
c) Pulmonalarterie
d) R. recurrens des N. vagus

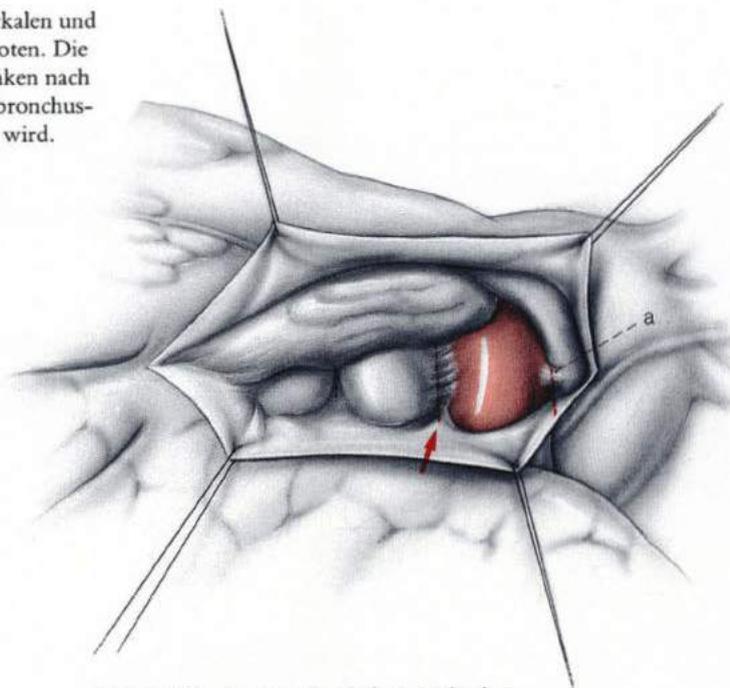


Abb. 2-101 Intraperikardiale Ansicht der Pulmonalgefäße links. Das Perikard ist eröffnet. Rot: Inzisionslinien des Epikards und des Lig. ductus Botalli. Der Pfeil zeigt auf die Marshall-Falte. a) Lig. ductus Botalli.

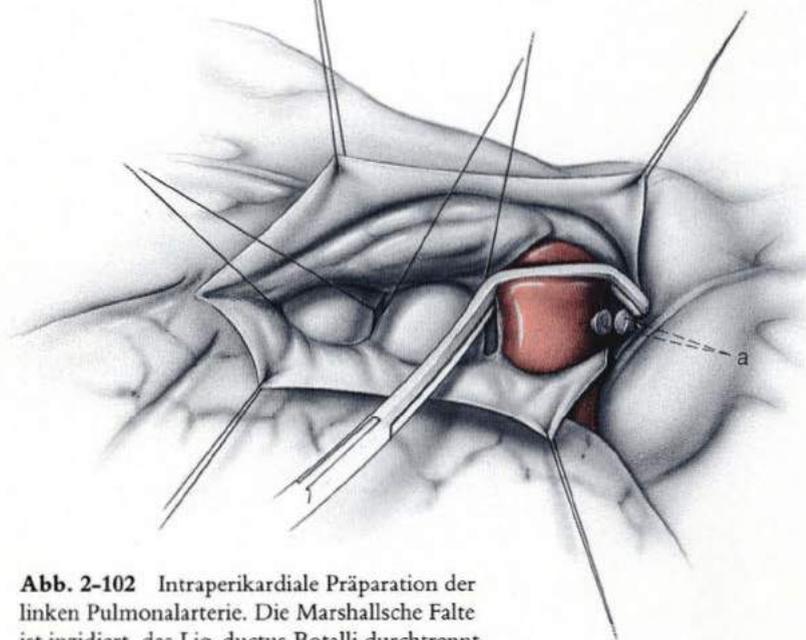


Abb. 2-102 Intraperikardiale Präparation der linken Pulmonalarterie. Die Marshallsche Falte ist inzidiert, das Lig. ductus Botalli durchtrennt (a). Die Pulmonalarterie ist zentral abgeklemmt, die Pulmonalvenen sind jeweils mit einem Faden angeschlungen.

Im ersten Schritt der intraperikardialen Versorgung der Pulmonalarterie wird das Lig. ductus Botalli durchtrennt (Abb. 2-101), danach das Perikard, welches die Pulmonalarterie schräg überquert, inzidiert. Jetzt kann die Arterie stumpf von kranial her aus ihrem Lager gelöst werden. Ein Unterfahren ist allerdings erst möglich, wenn an ihrem kaudalen Rand das Epikard und die Marshall-Falte – eine Perikardfalte zwischen dorsaler Wand der Pulmonalarterie und oberer Pulmonalvene – durchtrennt sind (Abb. 2-103). Die Versorgung der Arterie erfolgt wie rechts (siehe Abschnitt „Intraperikardiale Gefäßversorgung rechts“), am sichersten durch Naht über einer Klemme (Abb. 2-102).

Selbstverständlich können auf der linken Seite bei Übergreifen des Tumors auf das Perikard auch beide Venen zusammen mit einem Teil des linken Vorhofs reseziert werden. Da es links keine Umschlagsfalte zum Vorhof gibt wie rechts, sind zusätzliche präparative Schritte nicht nötig. Die Resektion gestaltet sich wie bereits für rechts beschrieben (siehe Abschnitt „Intraperikardiale Gefäßversorgung rechts“).

Resektion des linken Oberlappens

Klassisches Vorgehen

Der Zugang erfolgt durch den 5. ICR. Die Präparation beginnt mit der Inzision der Pleura mediastinalis unter dem Aortenbogen sowie entlang des vorderen und hinteren Hilus. Findet sich eine gut ausgebildete Hauptspalte, so werden der Oberlappen nach ventrokranial und die Unterlappenspitze nach kaudal abgedrängt und die Pulmonalarterie von dorsal her dargestellt. Die Gefäßscheide wird an der Eintrittsstelle der Pulmonalarterie in das Interlobium eröffnet und mit dem Präpariertüpfchen von der Arterie abgeschoben. Distal kommt jetzt der Abgang der Unterlappenspitzenarterie zur Darstellung (Abb. 2-104).

Bei weiterer Inzision der Gefäßscheide nach distal stößt man auf die Segmentabgänge der Lingulaarterien, welche in typischer Weise versorgt werden (Abb. 2-105). Wird die Spitze

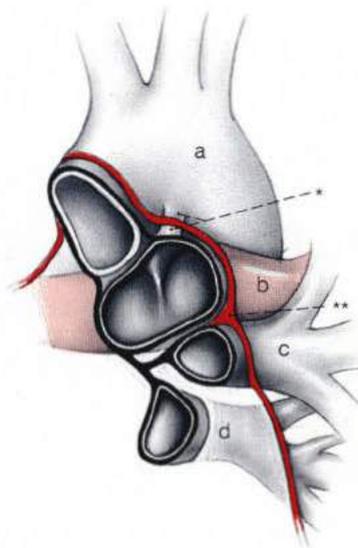


Abb. 2-103 Situs der epikardialen Umschlagsfalten. Blick von innen nach Entfernung des Herzens.

- *) Lig. ductus Botalli
- **) Marshall-Falte
- a) Aortenbogen
- b) linke Pulmonalarterie
- c) obere Pulmonalvene
- d) untere Pulmonalvene

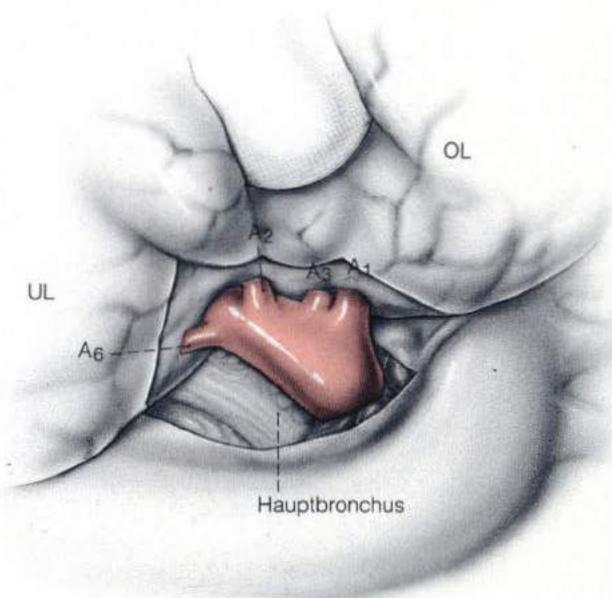


Abb. 2-104 Resektion des linken Oberlappens: Präparation der kranialen Segmentarterienabgänge der linken Pulmonalarterie. Blick von hinten.

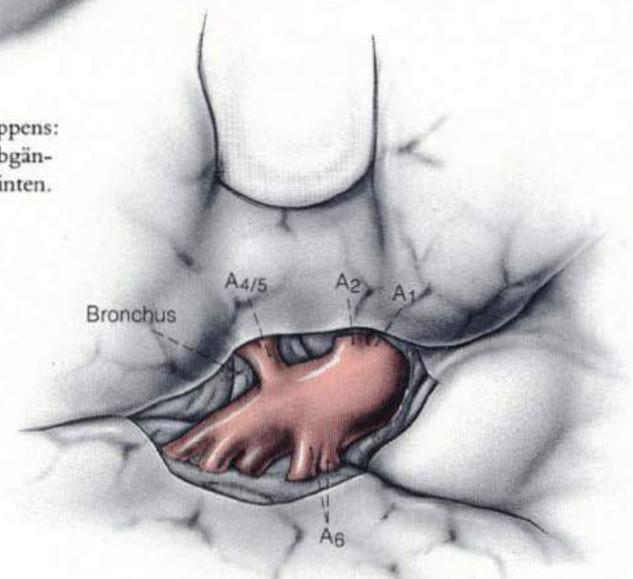


Abb. 2-105 Oberlappenresektion links. Blick vom linken Interlobium auf die Unterfläche des Oberlappens. Variante: 2 Unterlappenspitzenarterien.

der Lingula jetzt mit einer Lungenfaßzange nach dorsokranial gezogen, kann die Pars interlobaris arteriae pulmonalis nach kaudal abgeschoben werden. Kleinere Parenchymbrücken werden durchtrennt, so daß die laterale Fläche des Unterlappenbronchus sichtbar wird.

Im Winkel zwischen Oberlappenbronchus und Unterlappenbronchus finden sich immer Lymphknoten. Nach ihrer Entfernung ist der Unter- rand des Oberlappenbronchus sichtbar (Abb. 2-105).

Durch weiteres Spalten der Gefäßscheide nach proximal stellt sich die posteriore Arterie dar, die ebenfalls versorgt wird (Abb. 2-105). Die anteriore und die apikale Arterie werden von vorne dargestellt. Hierzu muß vorher die Vene versorgt werden.

Der Oberlappen wird nach dorsal gezogen, worauf sich vorne die Vene anspannt (Abb. 2-106). Durch die vorangegangenen Präparations- schritte im Interlobium ist die Unter- kante der Vene meist schon frei.

Cave

Auf die Varianten der Venen- abflüsse ist zu achten: gemeinsamer Stamm der oberen und unteren Pulmonalvene, Abfluß der Lingula in die untere Vene (siehe Abschnitt „Varianten der Pulmonalvenen“).

Der Oberrand der Vene wird mit dem Präpariertüpfelchen nach Eröffnen der Gefäßscheide mit typisch rollenden Bewegungen dargestellt. Entsprechend der Präparation der rechten oberen Vene (siehe Abschnitt „Resektion des rechten Oberlappens“) kann es eine Erleichterung sein, den kranialen Venenast zuerst isoliert zu versorgen und durch Zug an der lang gelassenen zentralen Ligatur nach ventrokaudal die Rückseite der übrigen Venenäste zu präparieren (Abb. 2-107). Nach peripher werden die Venenäste einzeln ligiert, während der zentrale Stamm mit einer Ligatur verschlossen wird. Hieran schließt sich eine zentrale Durchstechungsligatur an. Die Lunge wird jetzt nach ventrokaudal gezogen, und es lassen sich die Abgänge der apikalen und der anterioren Arterie auch von kranial präparieren.

Beachte:

Es ist darauf zu achten, daß sich die anteriore Arterie kulissenartig an die Vorderwand der apikalen Arterie anschmiegt, so daß beim Unterfahren der letzteren die Gefahr der Perforation der anterioren Arterie besteht. Deswegen ist sie unbedingt vorher von vorne in ihrem sehr kurzen Verlauf darzustellen (Abb. 2-108).

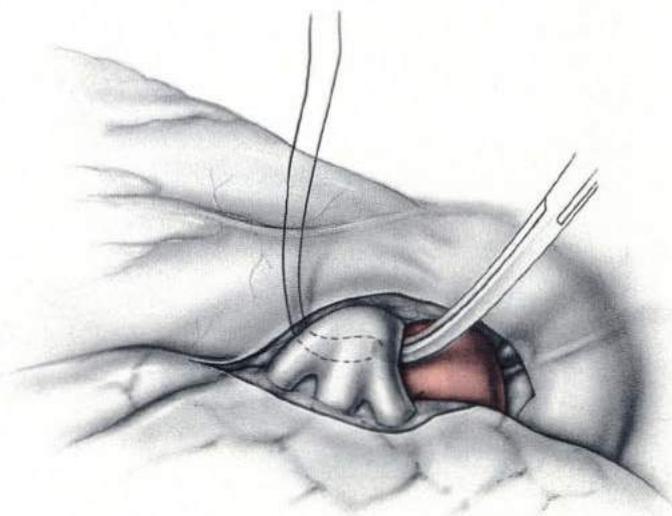


Abb. 2-106 Blick auf den linken Hilus von vorne. Die Oberlappenvene ist freipräpariert und mit dem Overholt unterfahren.

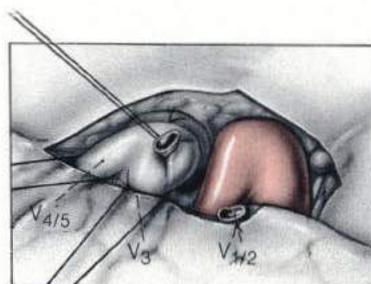


Abb. 2-107 Oberlappenresektion links. Der apikoposteriore Ast der oberen Vene ist ligiert und durchtrennt. Durch Zug an der zentralen, lang gelassenen Ligatur läßt sich die Vene besser von dem darunter liegenden Bronchus lösen.

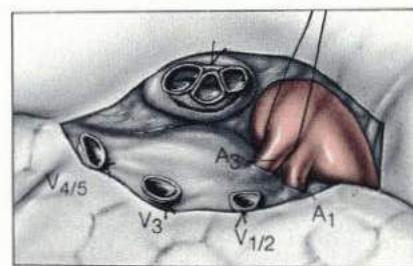


Abb. 2-108 Oberlappenresektion links. Blick auf den linken Hilus von vorne. Die Oberlappenvene ist ligiert und durchtrennt. Der Pulmonalarterienstamm mit dem Abgang der anterioren und apikalen Arterie ist sichtbar. Die anteriore Arterie ist angeschlungen.

An die Variante einer mediastinal entspringenden Lingulaarterie ist zu denken (siehe Abschnitt „Varianten der Pulmonalarterien“). Nach Durchtrennen der beiden Segmentarterien kann der Pulmonalarterienstamm stumpf nach dorsal abgeschoben und der Bronchus des Oberlappens zwischen 2 Fingern von dem ihn noch umgebenden Bindegewebe befreit werden (Abb. 2-109).

Jetzt erfolgt der typische Verschluss des Bronchus, am besten mit der Nahtmaschine TATM 30. Nach Entfernen des Präparates schließt sich bei Karzinomen die Lymphadenektomie entlang des Hauptbronchus von dorsokaudal sowie im Mediastinum an (siehe Abschnitt „Pneumonektomie links“).

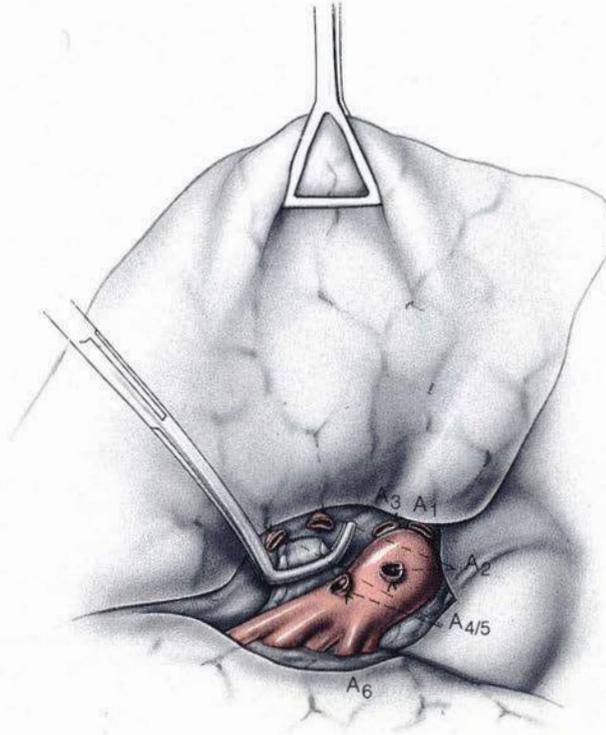


Abb. 2-109 Oberlappenresektion links. Blick auf den Hilus von hinten. Der Bronchus ist freipräpariert und nach distal abgeklemmt. Die Oberlappensegmentarterien sind ligiert.

Vorgehen bei verlötetem Interlobium oder fehlender Hauptspalte

Bei verlötetem Interlobium oder fehlender Hauptspalte ist der Verlauf der Pulmonalarterie im Interlobium nicht auszumachen. In solchen Fällen wird die Lingulaspitze aus den meist vorhandenen Verwachsungen zum perikardialen Fett gelöst und die Lunge nach dorsal gedrängt. Der Rand der Lingula ist durch eine auf ihrer mediastinalen Fläche subpleural verlaufende Vene markiert. Die Lingula wird mit einer Faßzange nach dorsokranial gezogen und das Parenchym lateral dieser Vene zwischen Doppelligaturen durchtrennt. So gelangt man auf den anterobasalen Ast der Unterlappenarterie, dessen Verlauf den interlobären Rand des Unterlappens markiert (Abb. 2-110). Diese Arterie als Leitschiene benützend, wird die Gefäßscheide nach proximal weiter eröffnet. Durch die vorangegangene Präparation des Unterlappenspitzenarterienabganges von dorsal ist die Verlaufsrichtung der Pars interlobaris arteriae pulmonalis jetzt auszumachen, so daß die Gefäßscheide von beiden Richtungen so weit eröffnet werden kann, bis es möglich ist, entlang der Pulmonalarterie eine Overholt-Klemme oder eine stumpfe Rinne vorzuschieben

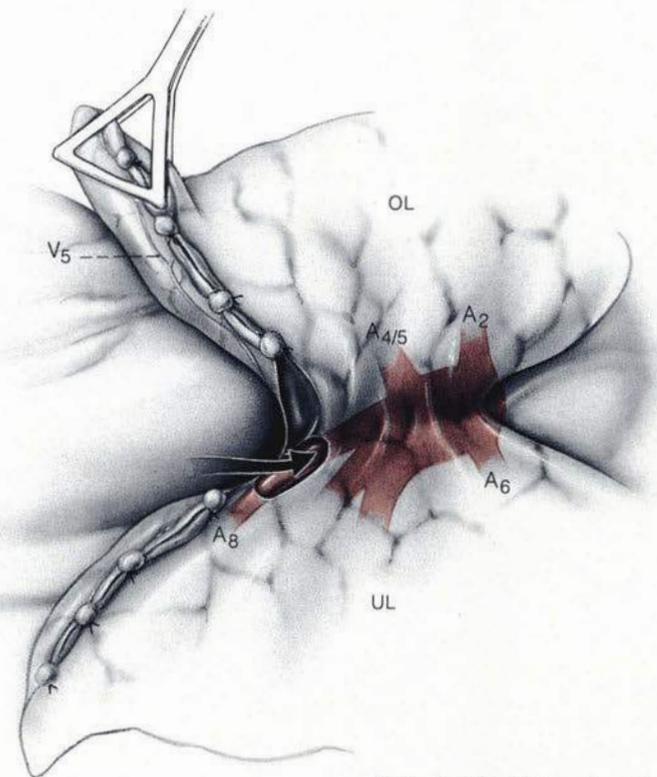


Abb. 2-110 Präparation der Pars interlobaris arteriae pulmonalis links bei fehlendem Interlobium. Trennung der Parenchymbrücken zwischen Lingula und Unterlappen. V₅ = subpleuraler Ast der Lingulavene. Die anterobasale Unterlappenarterie zeigt die interlobäre Grenze des Unterlappens auf.

(Abb. 2-111). Jetzt können die darüberliegenden Parenchymbrücken entweder schrittweise zwischen Doppelligaturen oder mit der Nahtmaschine TATM 55 oder TATM 90 bzw. mit dem GIATM durchtrennt werden (Abb. 2-112). Die Lingula-segmentarterien zum Oberlappen werden jetzt typisch präpariert und ligiert.

Vorgehen bei zentralem Tumorsitz

Bahnen sich Probleme bei der Präparation der Segmentarterien an, so ist immer der zentrale Stamm der Pulmonalarterie freizupräparieren und mit einem Tourniquet zu sichern (siehe Abschnitt „Pneumonektomie links“). Kann eine Segmentarterie wegen zu kurzen Gefäßverlaufs bei zentralem Tumor nicht ligiert werden, so wird der Pulmonalarterienstamm zentral und distal der Segmentarterie ausgeklemmt und anschließend offen reseziert. Der Defekt in der Pulmonalarterie wird vernäht (siehe Abb. 2-47).

Bei Tumoren des apikalen Oberlappensegmentes haben diese immer eine sehr enge Beziehung zu dem sehr kurzen Abgang der anterioren und der apikalen Arterie, so daß sich diese nicht unterfahren lassen. Deswegen wird in solchen Fällen nach Versorgung der übrigen Segmentarterien und Ligatur der Vene der Pulmonalarterienstamm mit einem Tourniquet oder einer Klemme gesichert. Hiernach wird der interlobäre Teil der Arterie mit einem Zügel unterfahren und nach unten dorsal weggehalten. Jetzt läßt sich der Oberlappenbronchus von dorsal vorsichtig präparieren und an seiner Oberkante direkt am Abgang aus dem Hauptbronchus unterfahren. Der Bronchus wird mit der Nahtmaschine verschlossen und durchtrennt. Wenn der distale Bronchus jetzt mit einer Klemme hochgezogen wird, spannen sich die vorderen Segmentabgänge der Pulmonalarterie an. Sie werden mit einer Satinsky-Klemme ausgeklemmt und an ihrem Ursprung reseziert (Abb. 2-113). Der Defekt in der Pulmonalarterienwand wird wie üblich vernäht (siehe Abschnitt „Gefäßpräparation und Gefäßversorgung“).

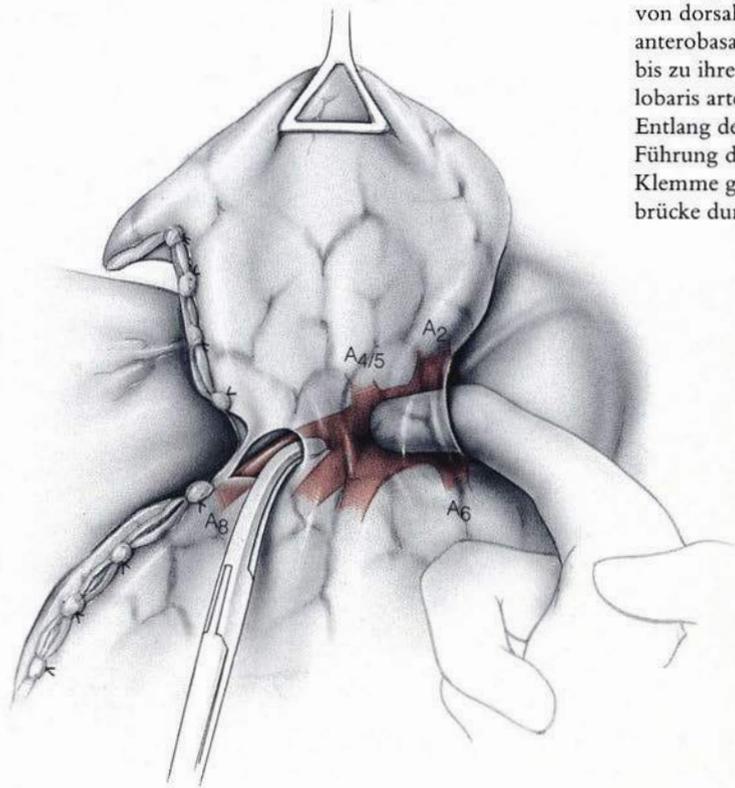


Abb. 2-111 Präparation der Pars interlobaris arteriae pulmonalis links bei fehlendem Interlobium. Der Abgang der Unterlappenspitze ist von dorsal präpariert. Ventral ist die anterobasale Unterlappenarterie bis zu ihrem Ursprung aus der Pars interlobaris arteriae pulmonalis dargestellt. Entlang der Gefäßscheide ist unter Führung des Fingers eine Overholt-Klemme gelegt, so daß die Parenchymbrücke durchtrennt werden kann.

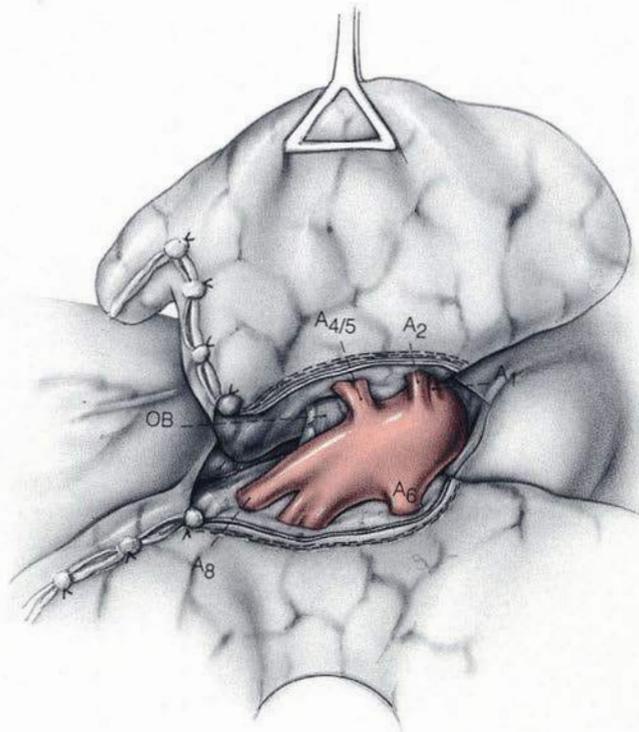


Abb. 2-112 Oberlappenresektion links bei fehlendem Interlobium. Die Parenchymbrücke ist mit dem GIATM durchtrennt. Die Segmentaufzweigungen sind dargestellt. OB = Oberlappenbronchus

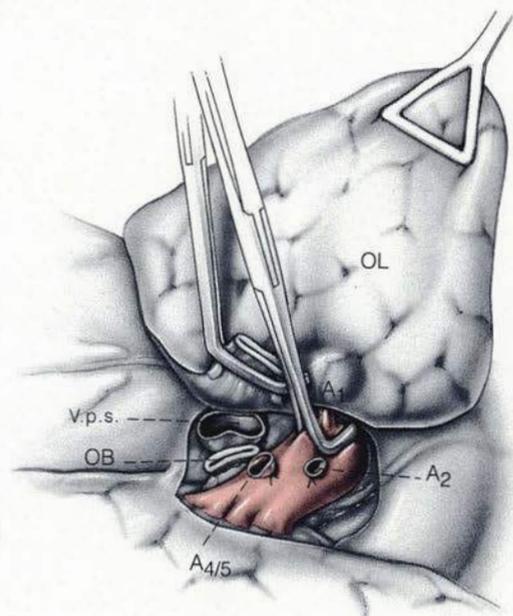


Abb. 2-113 Oberlappenresektion links mit Pulmonalarterienplastik. Der Bronchus ist abgesetzt, apikale und anteriore Segmentarterie sind mit einer Satinsky-Klemme ausgeklemmt. Lingulaarterie und posteriore Arterie sind ligiert. OB = Oberlappenbronchusstumpf V.p.s. = Vena pulmonalis superior

Resektion des linken Unterlappens

Bei gut ausgebildetem Lappenspalt und freiem Pleuraspalt ist die Resektion des linken Unterlappens der technisch einfachste Lungenresektionseingriff. Er eignet sich daher am besten, den Anfänger in die Technik der Lungenresektion einzuführen. Der Zugang zum Thorax erfolgt im 6. ICR. Nach Spalten der Pleura entlang des dorsokaudalen Lungenhilus beginnt die Präparation mit der Eröffnung der Gefäßscheide am Ende der Hauptspalte zwischen Oberlappenbasis und Unterlappenspitze (Abb. 2-114). In bereits beschriebener Weise wird die Arterie aus ihrer Gefäßscheide herauspräpariert (siehe Abschnitt „Resektion des linken Oberlappens – Klassisches Vorgehen“), wobei man als erstes auf die nach dorsal abgehende Gefäßversorgung der Unterlappenspitze stößt. Sie kann aus einer oder zwei Arterien bestehen und wird entsprechend versorgt.

Danach wird durch weiteres Spalten der Gefäßscheide der Verlauf der Pars interlobaris arteriae pulmonalis freigelegt, bis die Äste der Lingulaver-sorgung identifiziert sind. Bei verlötetem Pleuraspalt oder ausgedehnter Parenchymbrücke müssen diese Verbindungen Schritt für Schritt durchtrennt werden. Die Pulmonalarterie verläuft mit ihrem basalen Stamm über der lateralen Fläche des Unterlappenbronchus und wird mit dem Präpariertüpfelchen von diesem abgeschoben. Hiernach kann die Pars basalis arteriae pulmonalis in toto distal der Lingulaabgänge ligiert werden, wobei der Abgang der Lingulaver-sorgung durch die Ligatur nicht eingengt werden darf. Nach peripher werden bei kurzem Arterienstamm die basalen Unterlappen-segmente einzeln ligiert (Abb. 2-115).

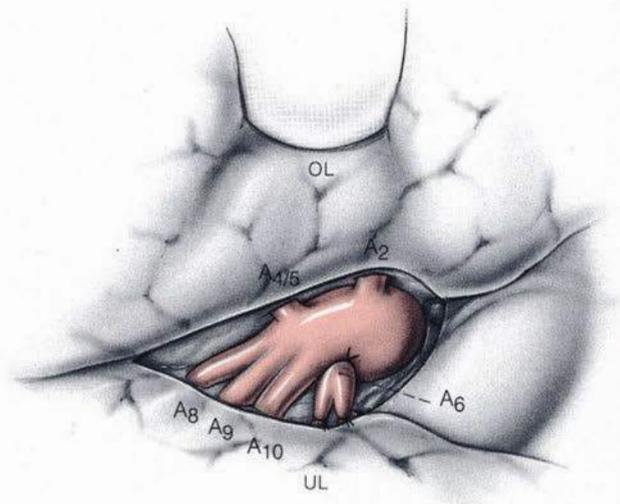


Abb. 2-114 Unterlappenresektion links. Darstellen der Pars interlobaris arteriae pulmonalis mit ihren Aufzweigungen. Die Unterlappenspitzenarterie ist bereits ligiert.

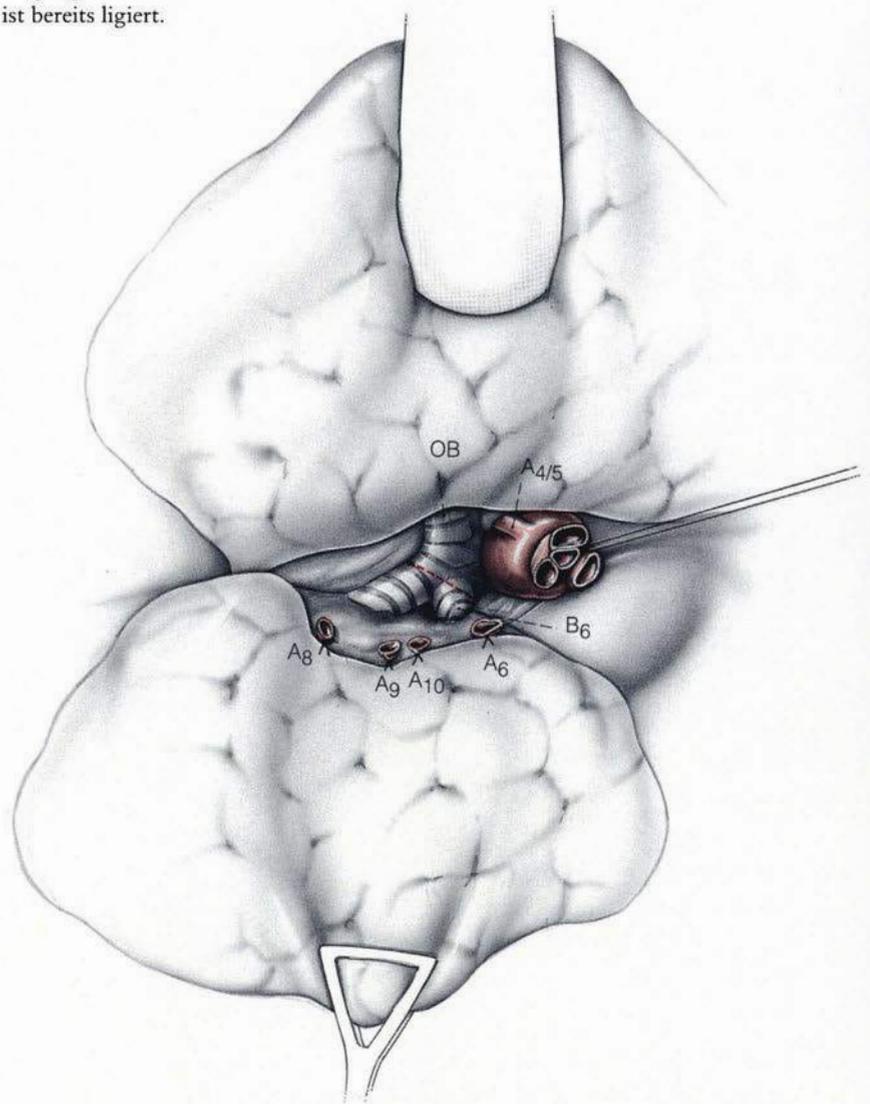


Abb. 2-115 Unterlappenresektion links. Die Pars basalis arteriae pulmonalis ist ligiert und durchtrennt. Unterlappenbronchus und Abgang des Spitzensegmentbronchus sind dargestellt, die Resektionsebene ist eingezeichnet. OB = Oberlappenbronchus

Nun wird der Unterlappen mit der Faßzange nach kranial gezogen und das Lig. pulmonale zwischen Doppelligaturen durchtrennt, bis man an den Unterrand der Pulmonalvenen gelangt (Abb. 2-116).

Die Präparation gestaltet sich wie auf der rechten Seite (siehe Abschnitt „Resektion des rechten Unterlappens“). Nach Eröffnen der Gefäßscheide und Freipräparation ihres kranialen Randes von vorne und hinten wird die untere Vene mit dem Dissektor unterfahren und ligiert sowie durchstoßen. Die periphere Ligatur der Vene kann in einer oder zwei Portionen vorgenommen werden.

Beachte:

Es muß darauf geachtet werden, daß die obere und untere Pulmonalvene nicht einen gemeinsamen extraperikardialen Venenstamm besitzen (siehe Abschnitt „Varianten der Pulmonalvenen“).

Ebenso muß auf eine in die untere Vene mündende Lingulavene bei der Präparation geachtet werden (siehe Abschnitt „Varianten der Pulmonalvenen“). Bei genügender Darstellung des Oberrandes der Vene von ventral lassen sich solche Varianten leicht identifizieren.

Nach Durchtrennen der Vene wird der Unterlappenbronchus durch Zug am Unterlappen nach kranial aus dem Mediastinum herausgelöst. Die Lymphknoten werden bis zur Bifurkation exstirpiert und somit die mediale Kante des Bronchus dargestellt. Indem der Unterlappen nach kaudal gezogen wird, läßt sich jetzt die laterale Kante des Unterlappenbronchus bis zum Oberlappenbronchusabgang präparieren. Die hier immer vorhandenen Lymphknoten werden entfernt. Der Bronchusverschluß erfolgt wie beschrieben, wobei die Schnittebene wegen des proximal abgehenden Unterlappenspitzenbronchus schräg verlaufen muß, um den Oberlappenbronchus nicht einzunengen (Abb. 2-117).

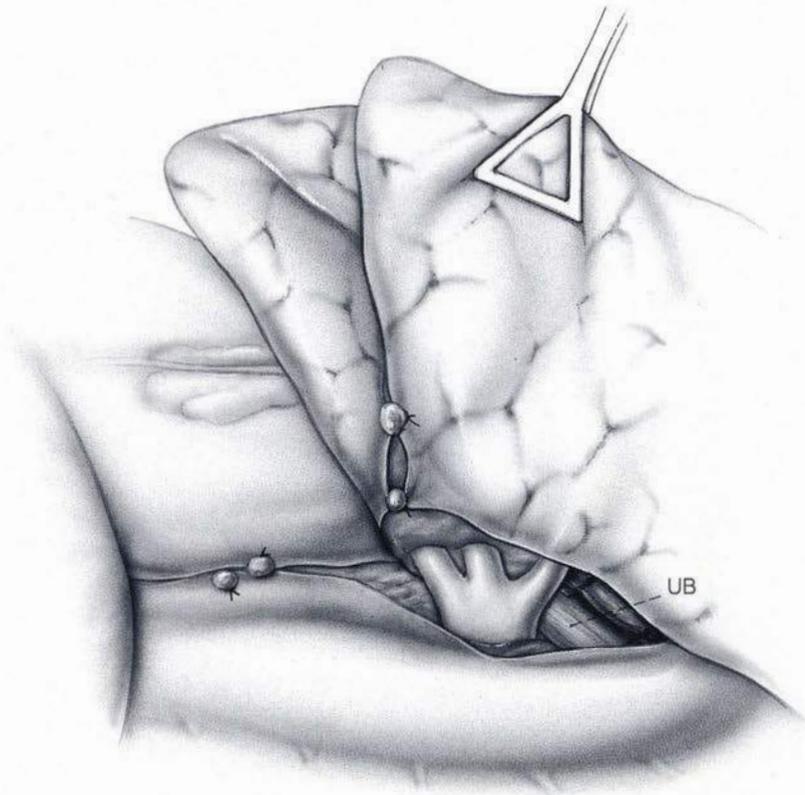


Abb. 2-116 Unterlappenresektion links. Präparation der Unterlappenvene nach Durchtrennung des Lig. pulmonale. UB = Unterlappenbronchus

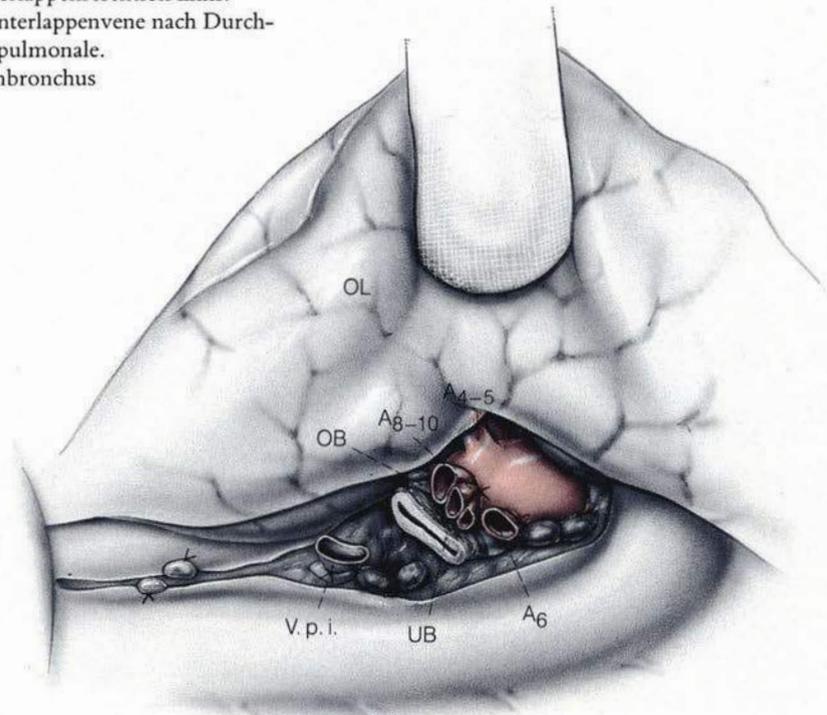


Abb. 2-117 Situs nach Unterlappenresektion links. V. p. i. = Stumpf der V. pulmonalis inferior. UB = Unterlappenbronchusstumpf. OB = Oberlappenbronchus

Segmentresektionen

Vorbemerkungen

Die Durchführung einer Segmentresektion erfordert die genaue Kenntnis der Lungenanatomie mit den Variationsmöglichkeiten sowohl der bronchialen Aufzweigungen als auch der Gefäßverzweigungen. Durch eine präoperative Bronchoskopie sollte die bronchiale Anatomie der Segmentaufzweigungen geklärt werden.

Leitschiene für das intraoperative Auffinden des richtigen Segmentbronchus ist die arterielle Versorgung, da zu jedem Segmentbronchus eine ihn begleitende Arterie gehört (siehe Abschnitt „Segmentaufbau der Lunge“). Die Präparation beginnt daher mit der Identifizierung der Arterie, welche aber erst nach dem Verschluss des Segmentbronchus möglichst weit distal ligiert werden sollte, um Äste zu Nachbarsegmenten zu erhalten. Durch Abklemmen des präparierten Bronchus und Beatmung der übrigen Lunge durch den Anästhesisten läßt sich das Segment weiter von der übrigen Lunge abgrenzen. Dabei darf man sich nicht täuschen lassen von einer Mitbelüftung des abgeklemmten Segmentes über die Kohnschen Poren.

Die Auslösung des Segmentes aus dem Gewebeverband erfolgt stumpf, wobei sich in der Trennungsfläche zum Nachbarsegment der Verzweigungsfächer der intersegmental verlaufenden Vene darstellt. Nach Durchtrennung des Segmentbronchus wird mit der am peripheren Bronchusstumpf sitzenden Klemme ein leichter Zug ausgeübt. Etwa noch stehendes peribronchiales Gewebe wird vorsichtig zwischen Ligaturen durchtrennt. Die Pleura pulmonalis wird nun im Hilusbereich an der Grenze zum Nachbarsegment eingeschnitten. Dort geht man mit der Fingerkuppe und später mit mehreren Fingerkuppen in das Lungenparenchym ein und trennt es unter leichtem Druck auseinander.

Hierbei spannen sich in der Segmentebene die aus dem Präparat kommenden Venenäste aus. Sie werden mit Polyglactin-Faden der Stärke 3–0 ligiert und dann durchtrennt.

Man kann mit der segmentalen Trennung auch von der Peripherie her beginnen. Dabei wird nach Einschneiden der Pleura pulmonalis das Lungenparenchym in der Segmentebene mit Tupfern getrennt und werden die Venenäste, wie zuvor geschildert, versorgt.

Bei lappenrandständigen Segmenten, dem apikalen Oberlappensegment rechts, dem apikalen Oberlappensegment links, den Unterlappenspitzensegmenten rechts und links, ebenso bei der isolierten Resektion der Lingula kann der lappenrandnahe Venenast am Hilus von seiner Einmündung in die zentrale Vene vor der Parenchymtrennung versorgt werden, da diese Venen nur das Blut aus dem zu resezierenden Segment abführen.

Die Segmenttrennungsfläche ist bei Lungen mit feinporigem Parenchym oftmals schon nahezu luftdicht. Luftverlust, der aus den Alveolen kommt, kann toleriert werden. Dagegen sind auch die kleinsten Läsionen peripherer Bronchialäste sorgfältig mit atraumatischen Durchstechungsligaturen (Polyglactin-Faden 3–0) zu versorgen. Die Segmenttrennungsfläche wird am besten mit einer fortlaufenden atraumatischen Naht Stärke 3–0 von der Peripherie beginnend nach zentral geschlossen (siehe Abschnitt „Versorgung des Lungenparenchyms“). Bei breiten Trennungsflächen beginnt man am besten von 2 oder 3 Stellen in der Peripherie, so daß sich die Nähte zentral sternförmig treffen. Der Restlappen wird so zwar etwas in seinem Gesamtvolumen eingeengt, die Blutstillung wird aber gesichert und die Gefahr von Parenchymfisteln verringert.

Resektion der rechten Oberlappensegmente

Eine isolierte Segmentresektion im Bereich des rechten Oberlappens ist nur noch in Ausnahmefällen indiziert. Ein Prozeß im rechten Oberlappen überschreitet meist seine Segmentgrenze, so daß nur ein Segment stehenbleiben könnte. Bei tuberkulösen Prozessen ist das in der Regel das anteriore Segment. Dieses neigt aber ganz besonders zu Belüftungsstörungen. Bei einem karzinomatösen Prozeß ist wegen der großen Rezidivgefahr bei den recht kleinen Oberlappensegmenten eine Segmentresektion ohnedies nicht indiziert. Ausnahmen ergeben sich in der Metastasen Chirurgie und, nach unseren Erfahrungen, wenn bei sehr großen Menschen sehr große Lungensegmente vorliegen und der zurückbleibende Lungenanteil gut belüftet ist und ein großes Volumen besitzt. Die Erhaltung eines segmentalen Anteils vom rechten Oberlappen kommt weiterhin in Betracht, wenn der verbleibende Segmentanteil eine breite Synechie zu den Nachbarlappen aufweist.

Resektion des apikalen Oberlappensegmentes rechts

Das apikale Segment des rechten Oberlappens wird von kranial-ventral her dargestellt. Im Bogen der V. azygos wird die Pleura lungenrandnahe eingeschnitten und hiluswärts zurückpräpariert. Man stößt entweder unmittelbar auf den Truncus apikoanterior oder auf eine von kaudal kommende Segmentvene (siehe Abb. 2-71). Da diese nur das apikale Segment versorgt, wird sie sofort zwischen Ligaturen durchtrennt (Abb. 2-118a).

Die Versorgung der apikalen Arterie erfolgt erst nach einwandfreier Darstellung des Truncus anterior und seiner Pars superior. Aus diesem entspringt neben der apikalen Arterie auch ein rekurrerender Ast zur Versorgung des posterioren Segmentes (Abb. 2-118a). Dieser sollte bei der isolierten Resektion des apikalen Segmentes geschont werden. Bei der gleichzeitigen Resektion des apikalen und posterioren Segmentes erübrigt sich dies. Die Lunge wird jetzt nach ventral gezogen und der Oberlappenbronchus nach Spalten der Pleura mediastinalis von dorsal her dargestellt. Von seiner apiko-dorsalen Kante aus wird der Oberlappenbronchus zur Peripherie hin bis zu seiner Gabelung verfolgt. Der apikale Segmentbronchus B₁ steigt am weitesten kranial aus der Trifurkation hervor (Abb. 2-118b). Er wird allseits freipräpariert und durch Abklemmen sowie Belüftung der Restsegmente auf seine Identität hin überprüft. Erst hiernach erfolgt die Durchtrennung des Segmentbronchus sowie seine Naht mit resorbierbaren Einzelknopfnähten der Stärke 3-0 oder Maschinennaht. Die Entfernung des Segmentes erfolgt, wie im Abschnitt „Vorbemerkungen“ beschrieben, durch Zug am Bronchus. Der intersegmental verlaufende Venenast, der auch das posteriore Segment drainiert, muß geschont werden (Abb. 2-118c).

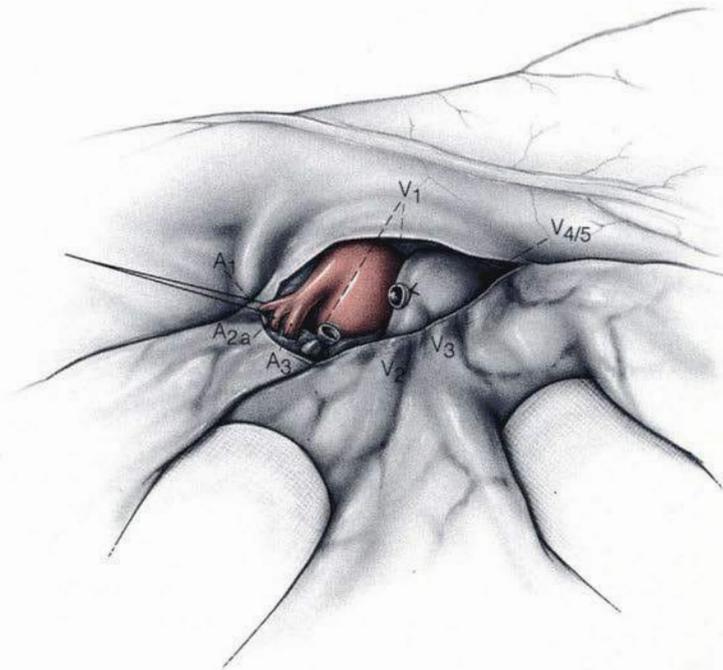


Abb. 2-118a Resektion des apikalen Segmentes rechts. Die apikale Vene ist ligiert, der apikale Ast der Pars superior des Truncus anterior ist angeschlungen.
A₁ = apikale Arterie
A_{2a} = rekurrerender Ast zum posterioren Segment
A₃ = anteriore Arterie

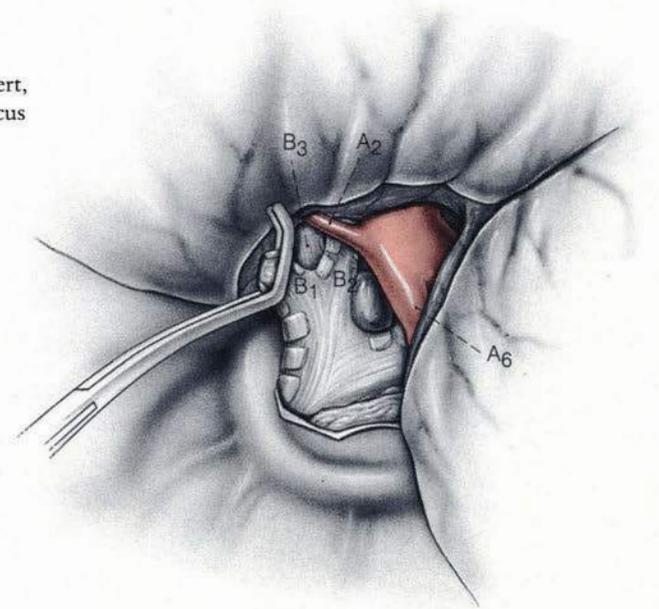


Abb. 2-118b Resektion des apikalen Segmentes rechts. Der Oberlappenbronchus und seine Aufzweigung sind von hinten dargestellt. Der kranial-dorsal abgehende Segmentbronchus zieht zum apikalen Segment (B₁).

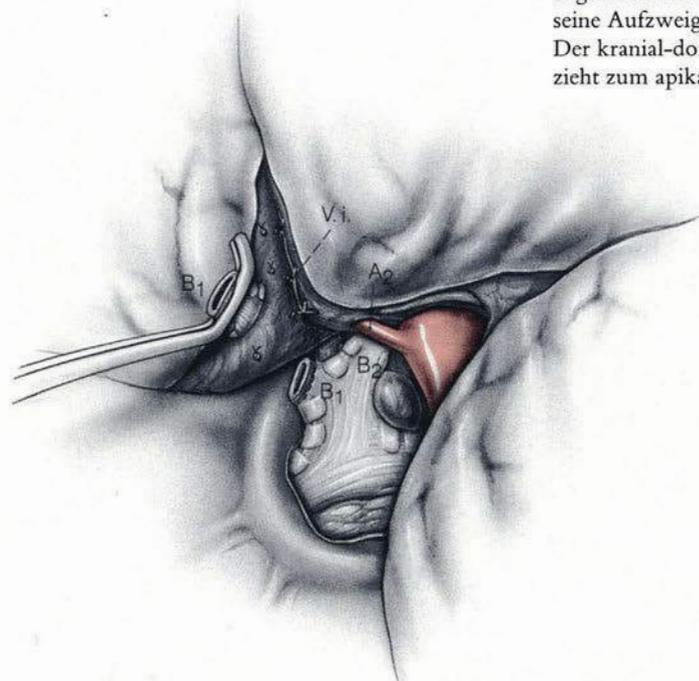


Abb. 2-118c Resektion des apikalen Oberlappensegmentes rechts. Der apikale Segmentbronchus ist durchtrennt und distal angeklemmt. Das Segment wird durch Zug an der Klemme von seinem Nachbarsegment entfernt.
V.i. = Intersegmentalvene

Resektion des posterioren Oberlappensegmentes rechts

Das posteriore Oberlappensegment wird von dorsal her angegangen, wozu die Lunge nach ventral gedrängt wird. Nach Inzision der Pleura am Übergang auf das Lungparenchym am hinteren Hilus wird der Winkel zwischen Oberlappenbronchus und Bronchus intermedius aufgesucht (Abb. 2-75). Der Lappenspalt wird eröffnet und die Präparation in Richtung Oberlappenbronchus fortgeführt. Hierbei stößt man auf die posteriore Arterie, welche von ventrokaudal an der Unterkante des Oberlappenbronchus entlangzieht und von kaudal-dorsal in das Segment eintritt (Abb. 2-119a). Hier kann auch eine stärker ausgebildete Vene aus dem Segment kommen. Diese muß ebenso wie die Arterie zwischen Ligaturen durchtrennt werden (Abb. 2-119b). Jetzt wird der Oberlappenbronchus von dorso-kaudal nach der Peripherie hin bis zu seiner Aufzweigung dargestellt. Der nach dorsal und kaudal zu gelegene Ast ist der posteriore Segmentbronchus. Er wird nach seiner Identifizierung durch Belüftung des Lappens zwischen 2 Klemmen durchtrennt. Durch Zug am peripheren Bronchusstumpf spannt sich jetzt der rekurrende Ast zum posterioren Segment (A_{2a}) aus der Pars superior des Truncus anterior an, so daß er durchtrennt werden kann (Abb. 2-119c). Hiernach wird das Präparat aus dem Verband des Oberlappens unter Versorgung der intersegmentalen Venenäste auf der Trennungsfläche zum apikalen und anterioren Segment stumpf herauspräpariert.

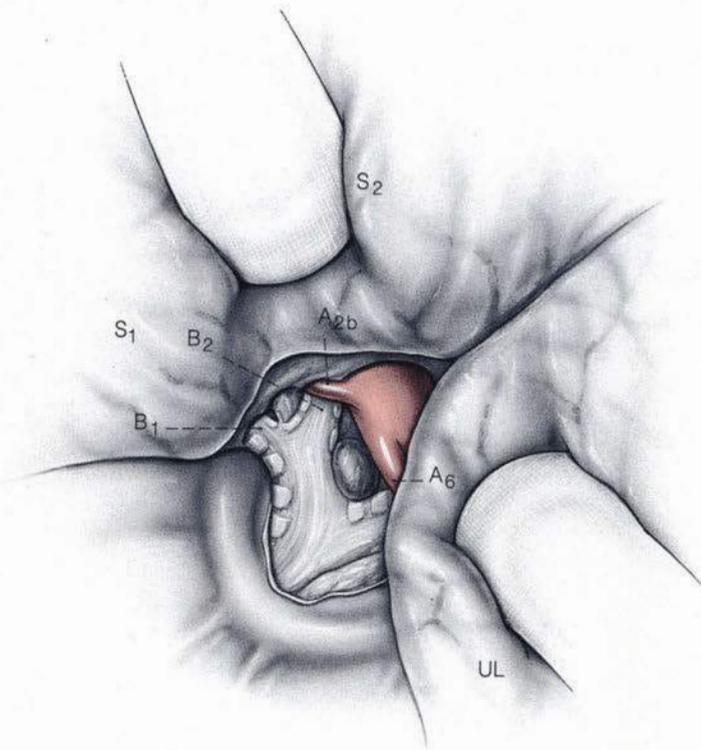


Abb. 2-119a Resektion des posterioren Oberlappensegmentes rechts. Die posteriore ascendierende Arterie (A_{2b}) ist dargestellt.

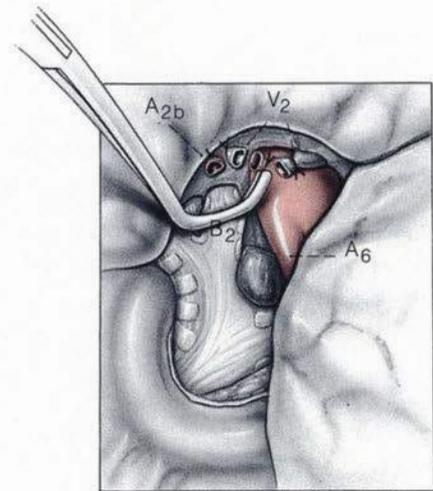


Abb. 2-119b Resektion des posterioren Oberlappensegmentes rechts. Die posteriore ascendierende Arterie A_{2b} ist ligiert, ebenso die posteriore Vene. Der posteriore Oberlappenbronchus ist identifiziert und abgeklemmt.

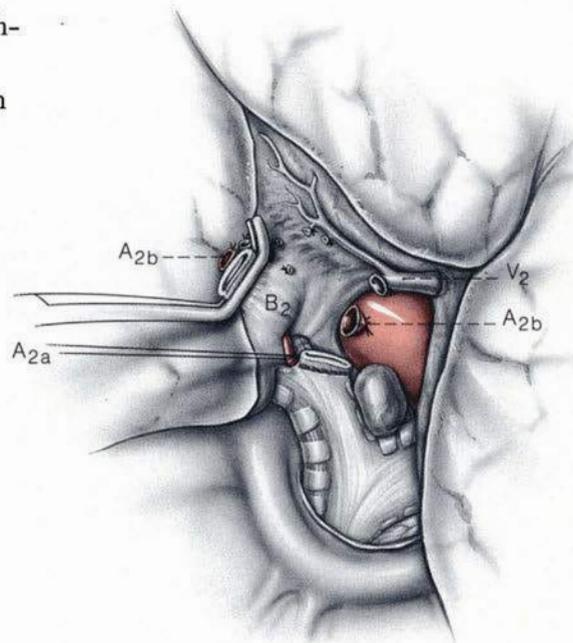


Abb. 2-119c Resektion des posterioren Oberlappensegmentes rechts. Der posteriore Segmentbronchus ist hochgezogen, der rekurrende Ast zum posterioren Segment aus der Pars superior des Truncus anterior ist angeschlungen (A_{2a}). Die Intersegmentalvene im anterioren Segment ist sichtbar.

Resektion des anterioren Oberlappensegmentes rechts

Die Resektion des anterioren Oberlappensegmentes beginnt wie die Präparation des apikalen Segmentes von kranioventral (siehe Abb. 2-118a), wozu die Lunge nach dorsal abgedrängt wird. Nach Inzision der Pleura am vorderen Lungenhilus kommt die Pars inferior des Truncus anterior zur Darstellung, welche das anteriore Segment versorgt. Sie wird oft von der apikalen Vene überkreuzt, welche nicht durchtrennt werden darf (Abb. 2-120a). Diese wird nach mediastinal abpräpariert, woraufhin der anteriore Arterienast dargestellt und unterbunden werden kann (Abb. 2-120a). Gelingt die sichere Identifizierung der Venenversorgung des anterioren Segmentes, so wird die Vene ligiert, da sie den Zugang zum anterioren Segmentbronchus von ventral her versperrt (Abb. 2-120b). Bei gut ausgebildeter Fissura transversalis wird das Interlobium eröffnet, wobei die Präparation am Kreuzungspunkt der Fissura obliqua und Fissura transversalis beginnt. Die Pulmonalarterie wird mit ihren interlobären Abgängen präpariert. Die über sie nach dorsal ziehende posteriore Vene ist zu schonen (Abb. 2-120c). Das Auffinden der anterioren Vene wird erleichtert, da ein subpleural am Unterrand des anterioren Segmentes verlaufender Venenast in sie mündet. Man isoliert den Bronchus aus seinem umgebenden Gewebe und durchtrennt ihn zwischen 2 Klemmen. Wegen der engen Beziehung zum posterioren Bronchus muß darauf geachtet werden, daß eine ascendierende posteriore Arterie (A_{2b}) nicht verletzt wird. Durch Zug an der Bronchusklemme wird das Segment jetzt typisch entwickelt.

Bei nicht ausgebildetem, kleinem Interlobium ist es ratsam, die Pars interlobaris arteriae pulmonalis durch Eröffnen des großen Interlobiums freizulegen (siehe Abb. 2-86). Nach Darstellen des Abganges der posterioren Arterie und der Mittellappenversorgung wird die Parenchymbrücke zwischen anteriorem Oberlappensegment und Mittellappen in typischer Weise durchtrennt. Jetzt läßt sich der anteriore Segmentbron-

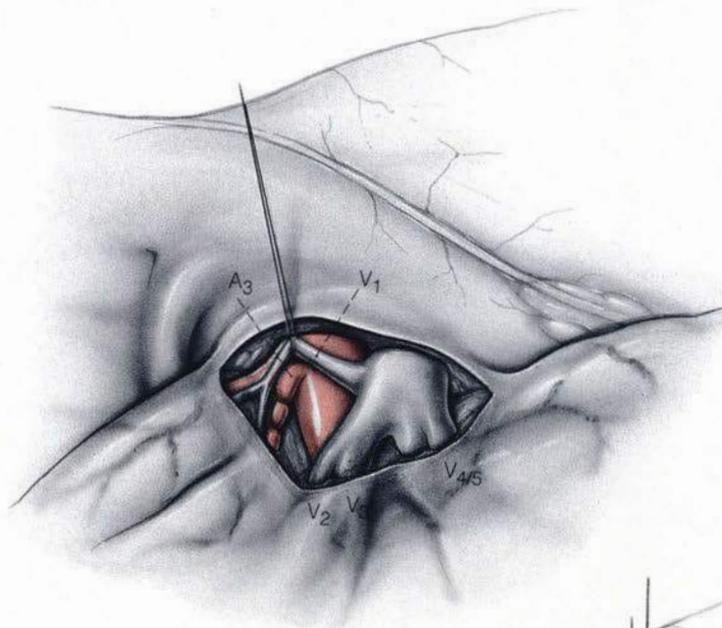


Abb. 2-120a Resektion des anterioren Oberlappensegmentes rechts. Die Pars inferior des Truncus anterior ist ligiert. Die apikale Vene angeschlungen. Die anteriore Vene ist präpariert.

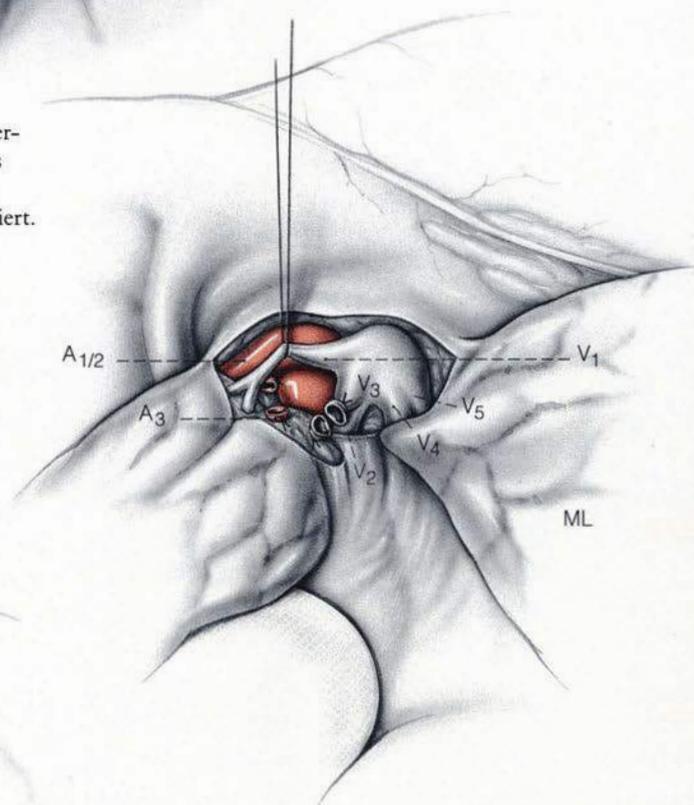


Abb. 2-120b Resektion des anterioren Oberlappensegmentes rechts. Die anteriore Arterie und Vene sind ligiert. Das kleine Interlobium ist noch nicht eröffnet.

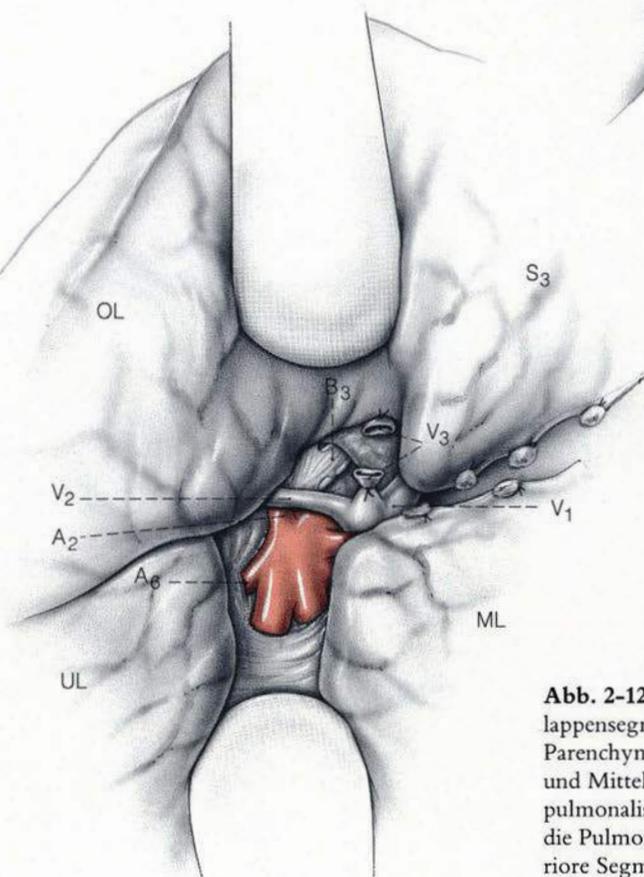


Abb. 2-120c Resektion des anterioren Oberlappensegmentes rechts. Nach Durchtrennen der Parenchymbrücke zwischen anteriorem Segment und Mittellappen ist die Pars interlobaris arteriae pulmonalis frei. Die posteriore Vene (V_2) kreuzt die Pulmonalarterie. Dahinter läßt sich der anteriore Segmentbronchus identifizieren.

chus von kaudal identifizieren, ebenso die Vene (Abb. 2-120c), welche ligiert wird. Hiernach kann die Resektion des Segmentes typisch erfolgen.

Resektion der Mittellappensegmente

Die beiden Einzelsegmente des Mittellappens sind in der Regel so klein, daß die Erhaltung eines einzelnen Segmentes nicht in Frage kommt. Der Eingriff entspricht somit der Mittellappenresektion (siehe Abschnitt „Resektion des Mittellappens“).

Resektion der rechten Unterlappensegmente

Resektion der Unterlappenspitze rechts

Die häufigste Indikation zur Segmentresektion rechts bietet die Unterlappenspitze. Der Substanzverlust im Verhältnis zum verbleibenden Unterlappenrest ist verhältnismäßig gering. Der Eingriff ist technisch einfach und kaum mit Komplikationen belastet.

Als erstes wird bei nach ventral abgedrängter Lunge die Pleura am unteren Lungenhilus eingeschnitten und das Grübchen zwischen Oberlappenbasis und Unterlappenspitze dargestellt.

Wird das hintere Interlobium zwischen Oberlappen und Unterlappenspitze von peripher her eröffnet, gelangt man zentral direkt auf die nach hinten aus der Pulmonalarterie abgehende Unterlappenspitzenarterie (Abb. 2-121 a).

Man kann auch entlang des Bronchus intermedius nach distal bis zum Abgang des Unterlappenspitzenbronchus präparieren. Die Arterie liegt dann an der ventralen Seite des Segmentbronchus und wird dort ligiert. Besteht eine Parenchymverbindung zwischen Unterlappenspitze und Oberlappen, so geschieht die Darstellung der Unterlappenspitzenarterie über die Präparation des großen Interlobiums (Abb. 2-121 b). Nachdem die Unterlappenspitzenarterie ligiert ist, stellt sich direkt unter ihr der zugehörige Unterlappenspitzensegmentbronchus dar (Abb. 2-121 b). Vor seiner Durchtrennung ist die Vene von dorsal her zu versorgen.

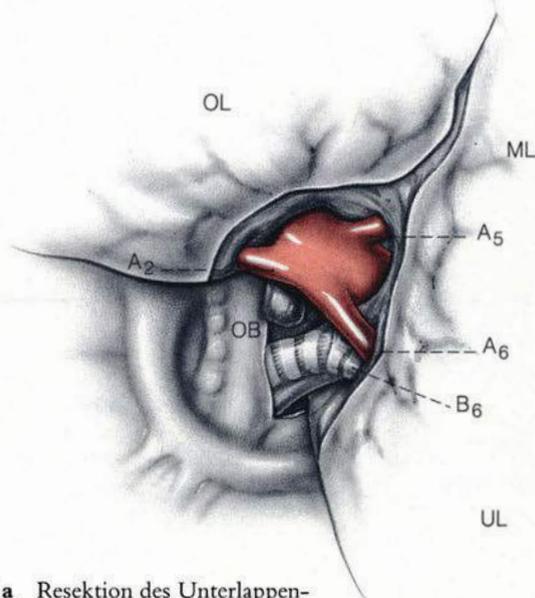


Abb. 2-121a Resektion des Unterlappenspitzensegmentes rechts. Nach Präparation des hinteren Interlobiums sind die Unterlappenspitzenarterie (A_6) und der Abgang des Unterlappenspitzenbronchus (B_6) dargestellt. OB = Oberlappenbronchus

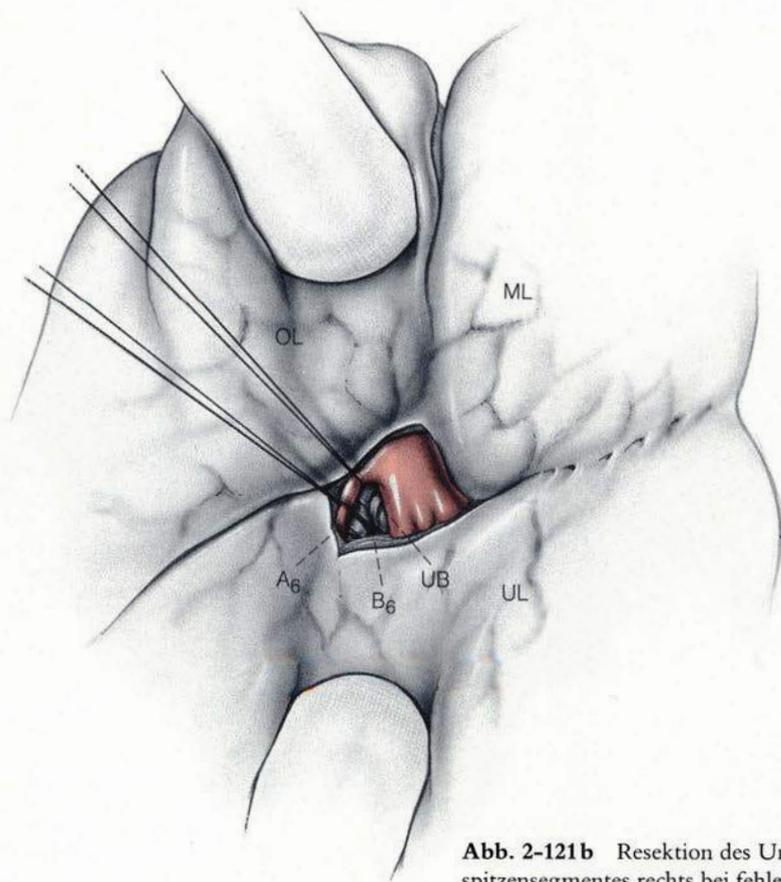


Abb. 2-121b Resektion des Unterlappenspitzensegmentes rechts bei fehlendem hinterem großen Interlobium. Die Pulmonalarterie ist im Bereich des Interlobiums dargestellt. Die Unterlappenspitzenarterie, welche nach hinten abgeht, ist ligiert. Darunter wird der Unterlappenspitzensegmentbronchus sichtbar (B_6).

Die Unterlappenspitzenvene ist der kraniale Venenast der unteren Pulmonalvene und verläuft dorsal des Unterlappenspitzenbronchus, etwas distal des Segmentbronchusabganges (Abb. 2-121 c). Nach Eröffnen der Gefäßscheide der unteren Vene von dorsal her läßt sich der Segmentast leicht präparieren und ligieren (Abb. 2-121 c und d). Der Unterlappenspitzensegmentbronchus kann isoliert und verschlossen werden, worauf die Exstirpation des Segmentes in typischer Weise nach der Segmenttechnik erfolgt.

Sind auf der rechten Seite keine Lappenspalten ausgebildet, ist es einfacher, die Präparation ganz von dorsal her auszuführen. Nach Darstellen der Unterlappenspitzensegmentvene wird diese ligiert (siehe Abb. 2-121 c). Der Unterlappenspitzenbronchus läßt sich nun von dorsal her problemlos freipräparieren und durchtrennen (Abb. 2-121 d). Direkt ventral von ihm verläuft die zugehörige Unterlappenspitzenarterie, welche unterfahren und ebenfalls ligiert wird (Abb. 2-121 e).

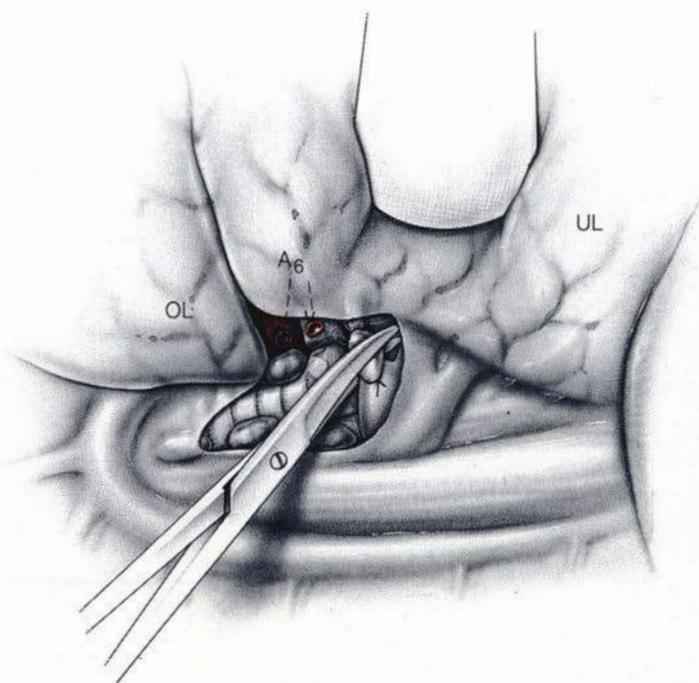


Abb. 2-121 c Resektion des Unterlappenspitzensegmentes rechts. Darstellen der Unterlappenspitzenvene von dorsal.

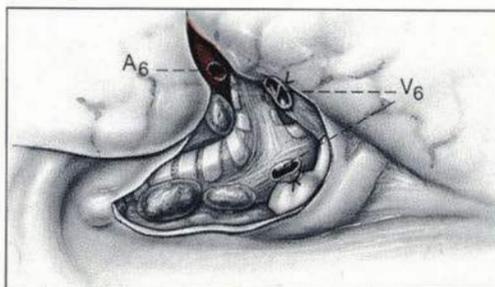


Abb. 2-121 d Resektion des Unterlappenspitzensegmentes rechts. Nach Ligatur der Arterie und der Vene wird der Segmentbronchus von dorsal her dargestellt.

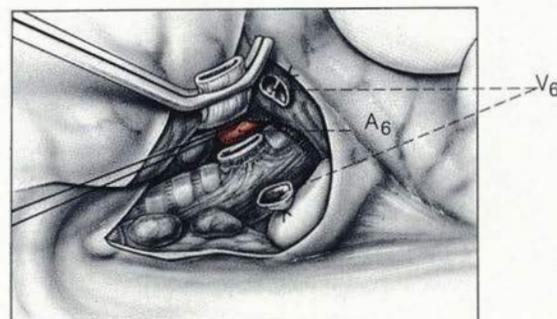


Abb. 2-121 e Resektion des Unterlappenspitzensegmentes rechts von hinten bei fehlenden Lappenspalten. Nachdem die Vene von dorsal durchtrennt ist, kann der Bronchus dargestellt und verschlossen werden. Direkt medial von ihm verläuft die Unterlappenspitzenarterie (angeschlungen).

Resektion der basalen Unterlappensegmente rechts

Die Indikation zu diesem Eingriff ergibt sich bei Tuberkulosen und bei Bronchiektasen, wenn die Unterlappenspitze gut ausgebildet und damit erhaltungswürdig ist. Das gleiche gilt für die Chirurgie von Metastasen.

Im Prinzip gestaltet sich die Präparation bei der basalen Segmentresektion wie die bei der Unterlappenresektion (siehe Abschnitt „Resektion des rechten Unterlappens“). Die Pars basalis arteriae pulmonalis wird im Interlobium freipräpariert (Abb. 2-122a) und distal des Abganges von Unterlappenspitzenarterie und Mittellappenarterie abgesetzt (Abb. 2-122b).

Die Gefäßscheide der Vene wird nach Durchtrennung des Lig. pulmonale von dorsal her allseits eröffnet, worauf kranial der Unterlappenspitzenvenenast abgeschoben wird. Der basale Venenstamm hat in der Regel 2 Zuflüsse, welche getrennt versorgt werden (Abb. 2-122c). Danach wird der Unterlappenbronchus vom Interlobium aus zwischen 2 Fingern von seinem peribronchialen Gewebe befreit und mit der Nahtmaschine verschlossen, wobei Unterlappenspitzenabgang und Mittellappenbronchusabgang nicht eingeeengt werden dürfen (Abb. 2-122d).

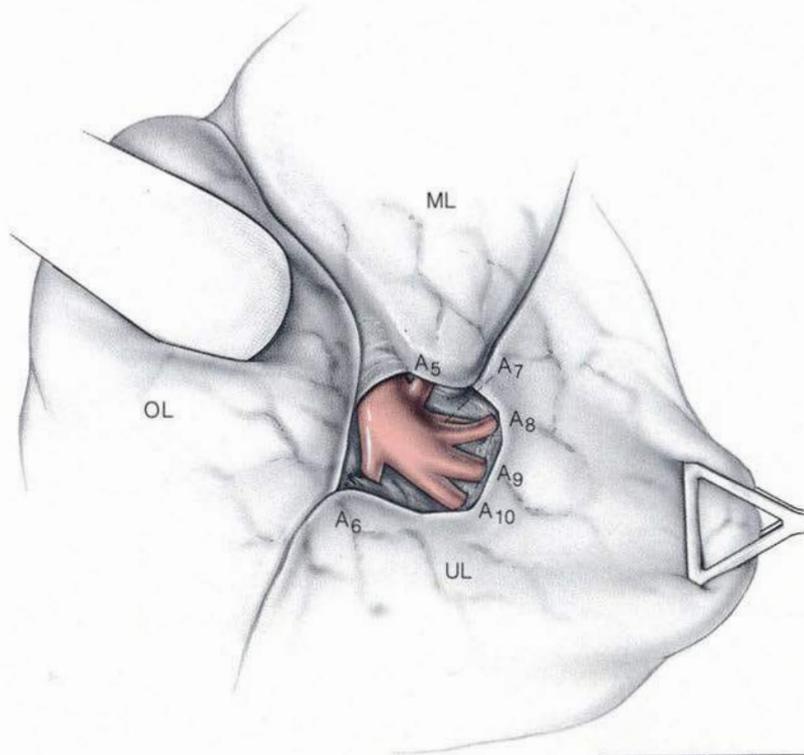


Abb. 2-122a Resektion der basalen Unterlappensegmente rechts. Die Pars basalis arteriae pulmonalis ist im Interlobium mit ihren Segmentästen dargestellt.

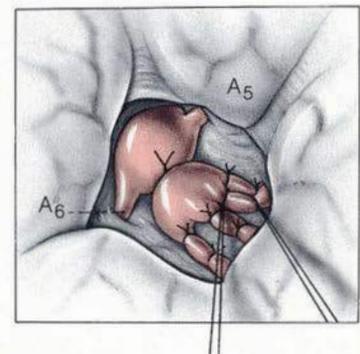


Abb. 2-122b Resektion der basalen Unterlappensegmente rechts. Die Pars basalis arteriae pulmonalis ist ligiert.

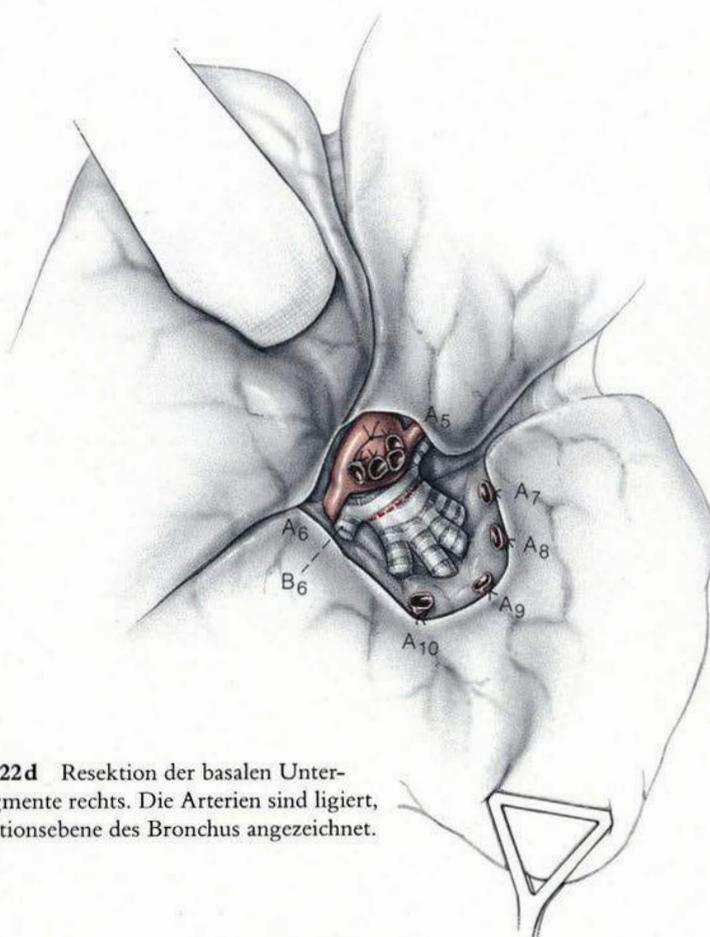


Abb. 2-122d Resektion der basalen Unterlappensegmente rechts. Die Arterien sind ligiert, die Resektionsebene des Bronchus angezeichnet.

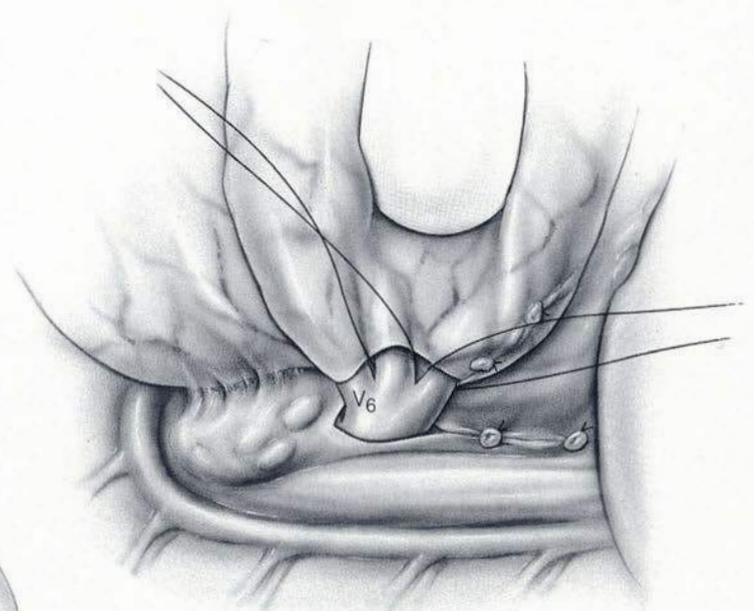


Abb. 2-122c Resektion der basalen Unterlappensegmente rechts. Die basalen Venenäste sind von dorsal präpariert und angeschlungen.

Resektion einzelner basaler Unterlappensegmente rechts

Die Resektion einzelner basaler Segmente ist möglich und in seltenen Fällen wie beidseitigen Bronchiektasen oder im Rahmen der Metastasen Chirurgie indiziert. Zuerst wird die Pars basalis arteriae pulmonalis im Interlobium nach Eröffnen der Gefäßscheide freipräpariert, und die Segmentaufzweigungen werden weit in das Lungenparenchym nach distal verfolgt (siehe Abb. 2-122a). Die Arterien verlaufen aus der Sicht des Operateurs direkt über den entsprechenden Bronchien. Nach Identifizierung der entsprechenden Segmentarterie wird diese vom zugehörigen Bronchus freipräpariert und dieser zur endgültigen Identifizierung bei belüfteter Restlung abgeklemmt. Danach erfolgen nach Ligatur der Segmentarterie die Durchtrennung und der Verschluss des Segmentbronchus. In typischer Weise wird das Segment durch Zug am angeklebten peripheren Bronchus vom Interlobium aus entfernt und werden die sich anspannenden Segmentvenenästige ligiert.

Resektion der linken Oberlappensegmente

Für die linke Lunge ergibt sich die häufigste Indikation zur Segmentresektion. Der linke Oberlappen mit seinen 5 Segmenten ist so dimensioniert, daß selbst bei Wegnahme von 3 Segmenten immer noch genügend Substanz verbleibt, welche die Funktionsfähigkeit des Lappenrestes gewährleistet. Andererseits kommt auch die Art der Lokalisation krankhafter Prozesse innerhalb des Oberlappens der Möglichkeit entgegen, den krankhaften Prozeß segmental im Gesunden abzusetzen. Bei der Tuberkulose sind häufig das apikale und das posteriore Oberlappensegment betroffen, so daß anteriores Segment und Lingula erhalten werden können. Bei gemeinsamer Entfernung der gesamten apikalen Segmentgruppe hat die verbleibende Lingula noch ausreichend funktionsfähiges Gewebe. Isolierte Lingulaprozesse ihrerseits gestatten die Erhaltung der 3 oberen Segmente. Bei Bronchiektasen des Unterlappens ist nicht selten die Lingula mitbefallen, so daß dann der apikalen Segmentgruppe allein die Aufgabe zufällt, den Thoraxraum auszufüllen.

Die Gefäßpräparation beginnt mit der Darstellung des Hauptarterienstammes in dem Abschnitt, in welchem der jeweilige Segmentabgang zu vermuten ist. Wegen der zahlreichen Gefäßvarianten ist es empfehlenswert, den gesamten Arterienstamm von zentral bis ins Interlobium freizupräparieren. Der Oberlappenbronchus bildet nach seinem Abgang aus dem Hauptbronchus zunächst einen kurzen gemeinsamen Truncus, der nach etwa 1 cm nach kaudal lateral den Lingulabronchus abgibt. Dieser teilt sich bereits nach wenigen Millimetern in seine beiden Äste auf. Die apikale Segmentgruppe des linken Oberlappens zieht als ein kurzes gemeinsames Stück weiter nach lateral. Dieses gabelt sich zunächst in 2 Teile, nämlich in den nach lateral und ventral ziehenden anterioren Segmentbronchus und einen gemeinsamen Stamm des apikalen und posterioren Segmentbronchus, der in kranialer Richtung verläuft. Wegen dieses gemeinsamen

Truncus werden das apikale und das posteriore Segment der linken Seite oft auch als gemeinsame bronchopulmonale Einheit aufgefaßt. Dabei wird jedoch nur die bronchiale Situation berücksichtigt. Geht man von der Gefäßversorgung aus, so muß ebenfalls von 2 Segmenten gesprochen werden. Technisch ist daher auch die selektive Resektion jedes einzelnen Segmentes möglich.

Resektion des apikalen Oberlappensegmentes links

Bei nach ventral abgedrängtem Oberlappen wird die Pleura im Bereich des Aortenbogens und am hinteren Hilusrand inzidiert und anschließend die Pulmonalarterie von dorsal her nach zentral und distal präpariert. Nach Eröffnen der Gefäßscheide müssen die Abgänge der Segmentarterien topographisch dargestellt werden, so daß die posteriore und die apikale Segmentarterie klar zu identifizieren sind (Abb. 2-123a). Im Zweifelsfall kann man sich zusätzlich am Abgang der Segmentarterie zur Unterlappenspitze oder an der Lingulaarterie orientieren. Hilfreich ist es, die Pulmonalarterie auch von zentral darzustellen. Die apikale Arterie geht distal der anterioren Arterie vom kranialen Rand der Pulmonalarterie ab (Abb. 2-123b).

Nach Durchtrennung der apikalen Arterie wird der periphere Stumpf nach distal abgeschoben. Dabei stößt man auf den apikoposterioren Segmentbronchus. Er wird noch weiter zur Peripherie hin präpariert, bis man auf eine Gabelung stößt. Bei

dem nach kranial gerichteten Zweig handelt es sich um den apikalen Segmentbronchus (Abb. 2-123c). Er wird mit dem Dissektor umfahren und danach zwischen 2 Bronchusklemmen durchtrennt. Entweder begegnet man schon bei der Präparation des Bronchus oder erst nach dessen Durchtrennung der apikalen Segmentvene. Sie wird zwischen Ligaturen durchtrennt. Unter Zug an der peripher gesetzten Bronchusklemme wird nun das Segment vom posterioren und anterioren Segment herausgelöst, wobei die in der Segmentebene austretenden Venenäste ligiert werden (Abb. 2-123d).

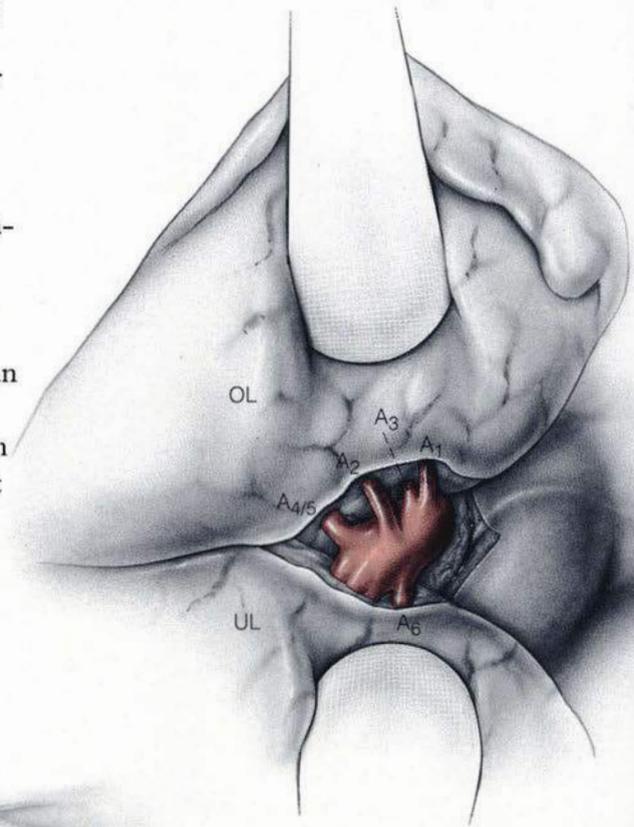


Abb. 2-123a Resektion des apikalen Oberlappensegmentes links. Darstellen der oberen Segmentarterienabgänge aus der Pulmonalarterie von dorsal her gesehen.

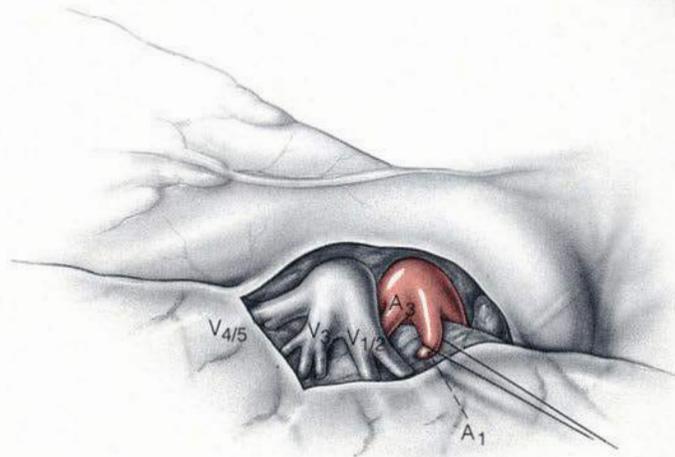


Abb. 2-123b Resektion des apikalen Oberlappensegmentes links. Darstellen der apikalen Arterie (mit Faden angeschlungen) von vorne her.

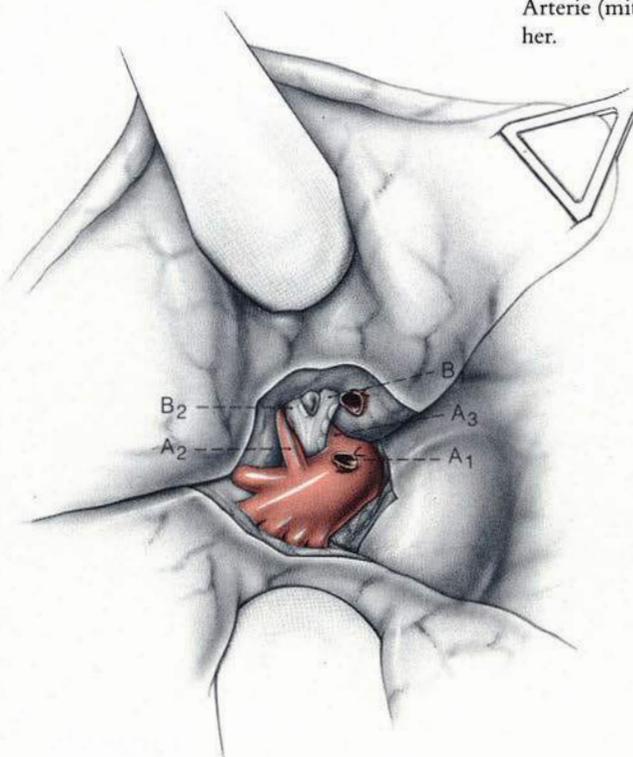


Abb. 2-123c Resektion des apikalen Oberlappensegmentes links. Die apikale Arterie ist ligiert, der Bronchus dargestellt (Blick von dorsal).

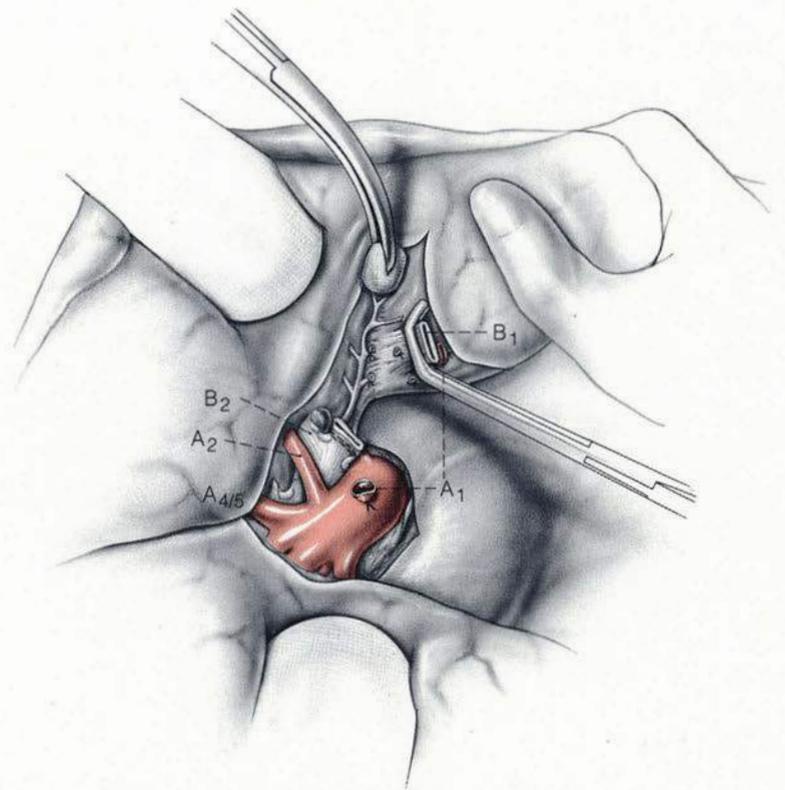


Abb. 2-123d Resektion des apikalen Oberlappensegmentes links. Nach Ligatur von Arterie und Bronchus wird das Segment typisch entfernt (Blick von dorsal). Die Intersegmentalvene des 2. Segmentes wird geschont.

Resektion des posterioren Oberlappensegmentes links

Die Darstellung des Arterienstammes erfolgt wie im Abschnitt „Resektion des apikalen Oberlappensegmentes links“ beschrieben. Nach Identifizierung der posterioren Arterie wird sie zwischen Ligaturen durchtrennt (Abb. 2-124a). Wiederum wird der periphere Arterienstumpf nach distal abpräpariert, wonach man entlang der dorsalen Wand des apikoposterioren Bronchus auf die Gabelung desselben stößt. Der kaudale Ast der Gabel ist der posteriore Segmentbronchus (Abb. 2-124b). Er wird mit dem Dissektor umfahren und zwischen 2 Klemmen durchtrennt. Nun beginnt man am besten von der Unterkante des Segmentbronchus aus, also vom Lappenspalt her, mit leichtem Druck der Fingerkuppe oder einem kleinen Präpariertupfer die Grenze zur Lingula stumpf darzustellen (Abb. 2-124c). Abschließend werden in gleicher Weise in der entsprechenden Segmentebene die Verbindungen zu den übrigen Segmenten unter Unterbindung der austretenden Venenäste gelöst. Bronchusstumpf und Segmenttrennungsflächen werden anschließend versorgt.

Sowohl bei der Entfernung des apikalen als auch der des posterioren Oberlappensegmentes liegen die Bronchusstümpfe so weit von der mediastinalen Pleura entfernt, daß eine Pleuradeckung nicht möglich ist. Es genügt, etwas Lungenparenchym über die Stümpfe zu steppen.

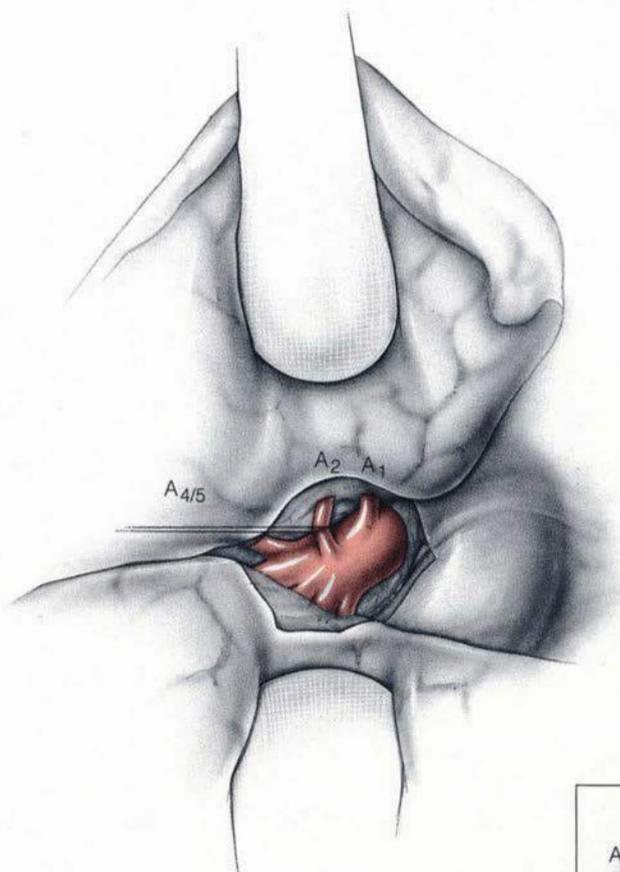


Abb. 2-124a Resektion des posterioren Oberlappensegmentes links. Die posteriore Arterie ist von dorsal her dargestellt und angeschnitten.

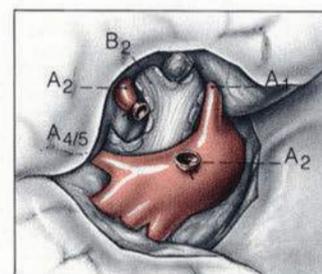


Abb. 2-124b Resektion des posterioren Oberlappensegmentes links. Die posteriore Arterie ist durchtrennt und der apikoposteriore Bronchus präpariert.

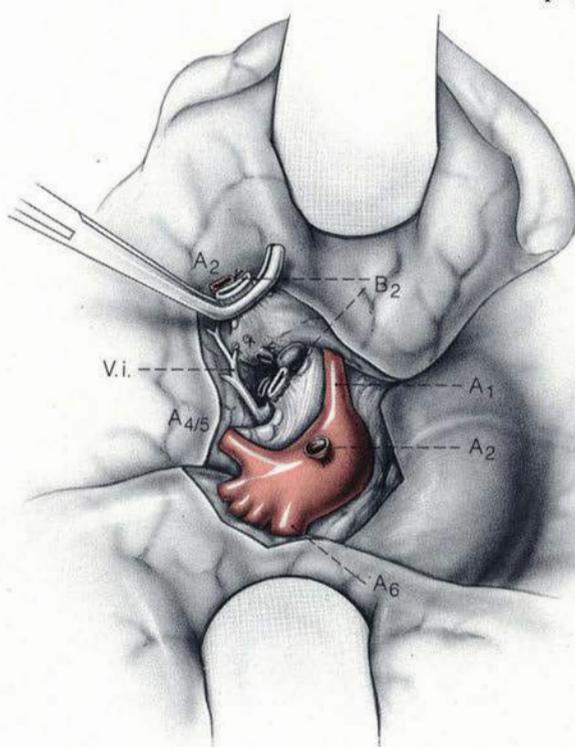


Abb. 2-124c Resektion des posterioren Oberlappensegmentes links. Der posteriore Oberlappensegmentbronchus ist durchtrennt. Das Segment wird von den Lingulasegmenten abpräpariert, wobei die Intersegmentalvene zu schonen ist. V.i. = Intersegmentalvene

Resektion des apikoposterioren Oberlappensegmentes links

Bei der gemeinsamen Resektion des apikalen und posterioren Segmentes gleichen Gefäßdarstellung und Bronchuspräparation den beiden eben geschilderten Vorgehensweisen. Der Verlauf der Pulmonalarterie wird sowohl von dorsal als auch von ventral dargestellt. Hiernach lassen sich die Segmentarterien in der Regel ihren Segmenten zuordnen. Wie bereits beschrieben, kann es eine Erleichterung sein, die apikale Arterie von zentral her zu ligieren (siehe Abb. 2-123b). Die posteriore Arterie läßt sich von dorsal meist unproblematisch unterbinden (siehe Abb. 2-124a).

Nach Durchtrennen der beiden arteriellen Versorgungen und der Präparation der apikoposterioren Bronchusgabel wird proximal der Gabel der Bronchus isoliert (Abb. 2-125a).

Beachte:

Hier sehr nahe gelegene Abgänge des anterioren Bronchus und der Lingula dürfen nicht verletzt werden.

Die Venen des 1. und 2. Segmentes werden nun von vorne her nach Präparation des Hilus dargestellt (Abb. 2-125b). Der intersegmental zwischen S₁ und S₃ verlaufende Venenast muß erhalten bleiben. Durch leichten Zug am Stumpf des apikoposterioren Bronchus spannen sich die Venenäste an, so daß sie einzeln ligiert werden können (Abb. 2-125c).

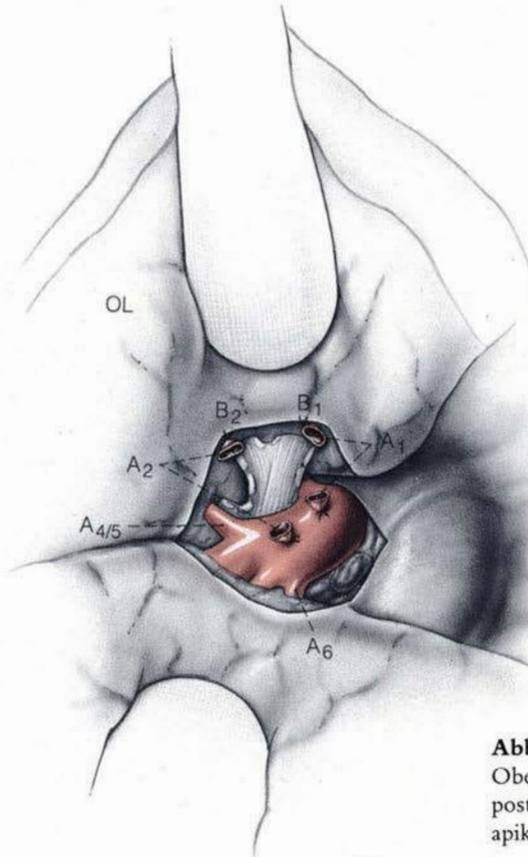


Abb. 2-125a Resektion des apikoposterioren Oberlappensegmentes links. Die apikale und die posteriore Arterie sind ligiert; die Gabelung des apikoposterioren Bronchus ist dargestellt.

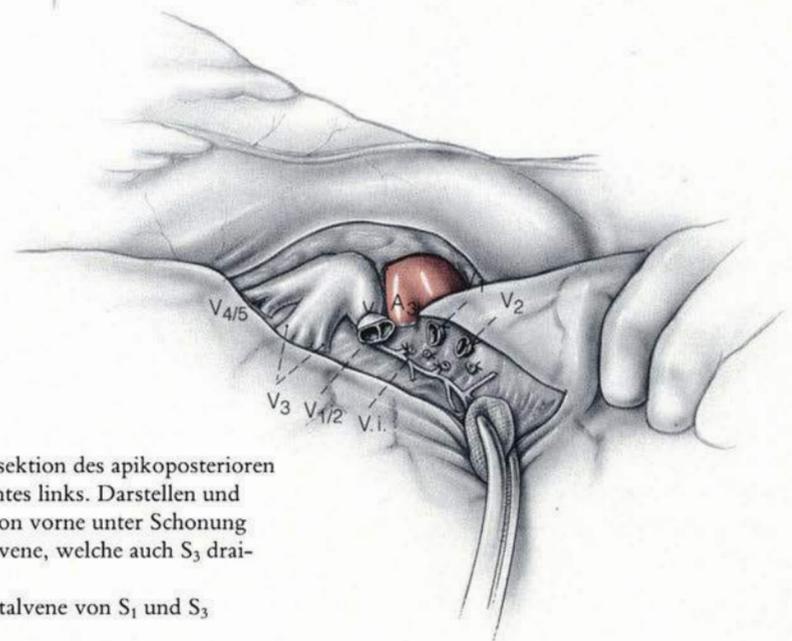


Abb. 2-125b Resektion des apikoposterioren Oberlappensegmentes links. Darstellen und Ligatur der Vene von vorne unter Schonung der Intersegmentalvene, welche auch S₃ drainiert.
V.i. = Intersegmentalvene von S₁ und S₃

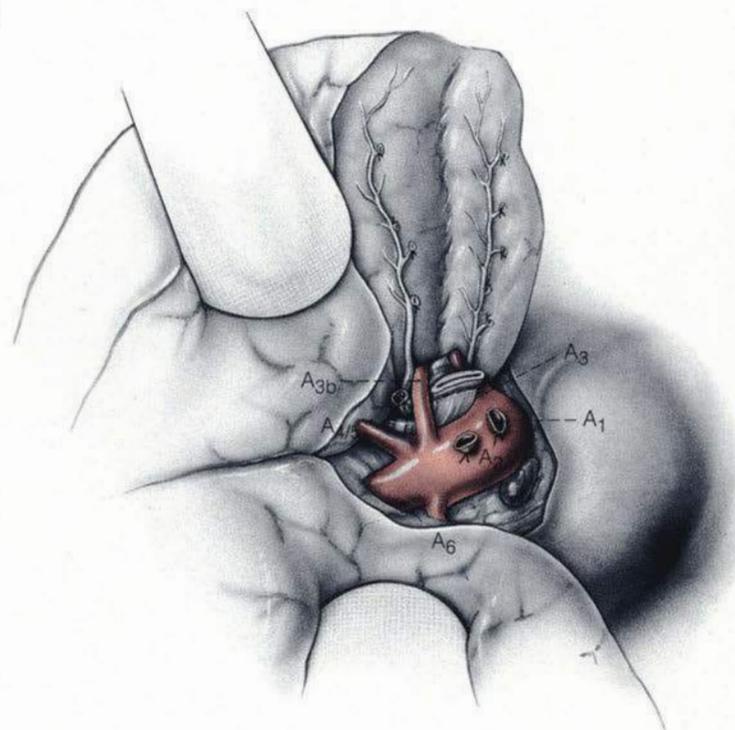


Abb. 2-125c Resektion des apikoposterioren Oberlappensegmentes links. Die Situation nach Resektion des apikoposterioren Oberlappensegmentes ist von apikodorsal dargestellt. Das anteriore Segment wird hier von einem mediastinalen Ast (A₃) und einem interlobären Ast (A_{3b}) versorgt.

Resektion des anterioren Oberlappensegmentes links

Die isolierte Resektion des anterioren Oberlappensegmentes links ist nur selten indiziert. Sie bietet darüber hinaus gewisse technische Schwierigkeiten. Die anteriore Segmentarterie läßt sich nur nach vorheriger Präparation der Oberlappenvene darstellen, da sie von dieser verdeckt wird. Die Lunge wird nach dorsal gezogen und die Pleura am vorderen Hilus semizirkulär nach kraniodorsal inzidiert. Die Präparation beginnt nun mit der Darstellung der gesamten oberen Vene von ihrem Stamm bis zu den peripheren Aufzweigungen. Die aus dem apikalen und posterioren Segment kommenden Venenäste ($V_{1/2}$) werden angeschlungen und zur Seite gehalten (Abb. 2-126a).

Jetzt kann man vom zentralen Anteil des Stammes der A. pulmonalis ausgehend die anteriore Segmentarterie in der Tiefe auffinden und ligieren. Zuerst sollte man sich aber vergewissern, daß kein anormaler Abgang der Lingulararterie vorliegt (siehe Abschnitt „Varianten der Pulmonalarterien“). Hierzu ist es notwendig, im vorderen Anteil des Lappenspaltes den Abgang der Lingulararterien eindeutig darzustellen. Der mittlere Venenast der Oberlappenvene (V_3), welcher nur Blut aus dem anterioren Segment führt, kann nun von vorne meist günstig isoliert und ligiert werden (Abb. 2-126b), wobei die Intersegmentalvene zur Lingula erhalten bleibt.

Bevor die Isolierung des direkt unter der anterioren Arterie verlaufenden anterioren Segmentbronchus vorgenommen wird, muß der interlobäre Verlauf der Pulmonalarterie dargestellt sein. Ein eventuell aus ihr entspringender zusätzlicher interlobärer Versorgungsast des anterioren Lungensegmentes muß ligiert werden (siehe Abschnitt „Varianten der Pulmonalarterien“) (Abb. 2-126c).

Danach kann nach erneutem Positionswechsel B_3 von vorne versorgt und das Segment typisch exstirpiert werden (Abb. 2-126d).

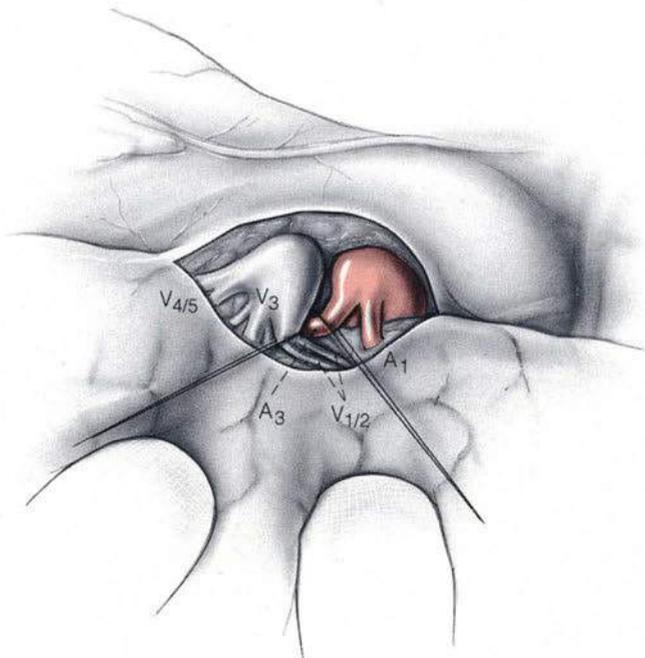


Abb. 2-126a Resektion des anterioren Oberlappensegmentes links. Darstellen der anterioren Arterie von vorne. $V_{1/2}$, die Blut aus dem apiko-posterioren Oberlappensegment in die Pulmonalvene drainiert, ist angeschlungen und zur Seite gezogen, die anteriore Arterie A_3 ist ebenfalls angeschlungen.

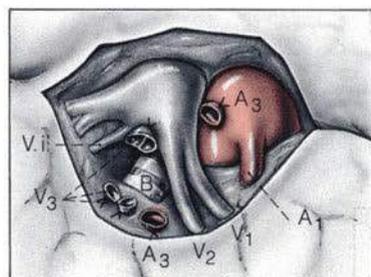


Abb. 2-126b Resektion des anterioren Oberlappensegmentes links, Präparation von vorne. Die anteriore Vene (V_3) ist durchtrennt, der Intersegmentalvenenast zur Lingula bleibt erhalten (V.i.). Die anteriore, aus dem Pulmonalisstamm entspringende Arterie (A_3) ist ebenfalls ligiert. Der anteriore Segmentbronchus (B_3) ist dargestellt.

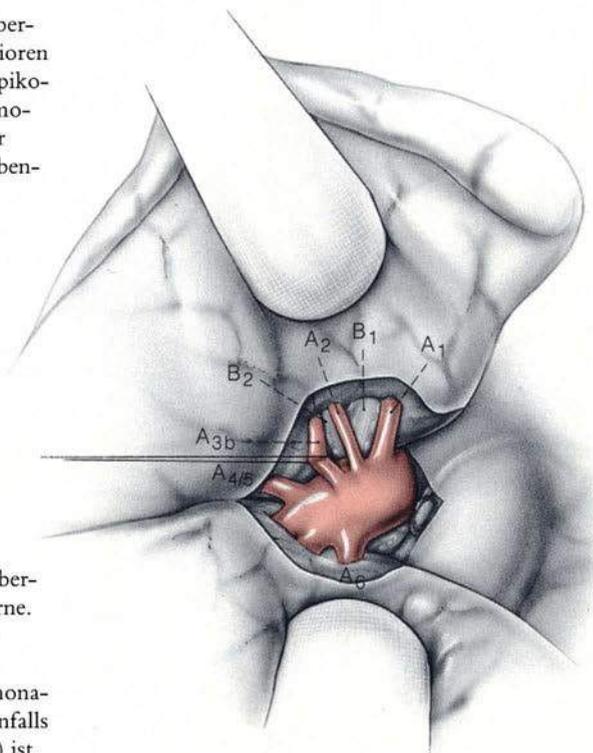


Abb. 2-126c Resektion des anterioren Oberlappensegmentes links, Präparation von dorsal. Ein zusätzlich aus dem Interlobium der Pulmonalarterie entspringender Ast zum anterioren Segment (A_{3b}) ist von hinten her präpariert und angeschlungen.

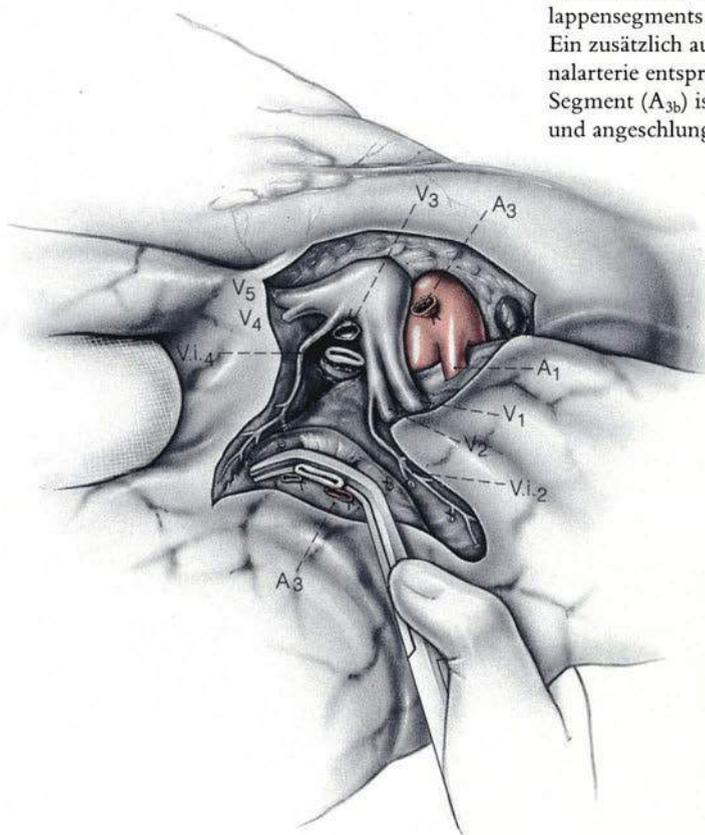


Abb. 2-126d Resektion des anterioren Oberlappensegmentes links, Präparation von ventral. Der Bronchus ist durchtrennt und nach distal angeklemt. Das Segment wird typisch entfernt.
V.i.4 = Intersegmentalvene zwischen S_3/S_4
V.i.2 = Intersegmentalvene zwischen S_2/S_3

Resektion der apikalen Segmentgruppe des linken Oberlappens

Während die Lunge nach vorne gehalten wird, inzidiert man die Pleura wie zur Oberlappenresektion. Danach wird die Pulmonalarterie vom dorsalen Lappenspalt aus nach proximal dargestellt (siehe Abb. 2-123a). Nach Eröffnen der Gefäßscheide werden die Segmentabgänge präpariert und identifiziert. Von distal nach zentral vorgehend erfolgt die Ligatur und Durchtrennung einer eventuell vorhandenen, aus dem Interlobium entspringenden anterioren Arterie (A_{3b}), der posterioren Arterie (A_2) und der apikalen Arterie (A_1). Jetzt wird die Lunge nach hinten abgedrängt, und die beiden oberen Venenäste werden in ihrem peripheren Aufzweigungsgebiet unterfahren und ligiert, nachdem die Lingulavene identifiziert ist (Abb. 2-127a).

Jetzt läßt sich auch die anteriore Arterie von ventral versorgen, wobei auf eine von vorne abgehende Lingulaarterie zu achten ist. Der Stamm der A. pulmonalis läßt sich sodann vom Oberlappenbronchus nach dorsal abschieben. Der gemeinsame Abgang der 3 kranialen Segmentbronchien wird von dorsal her verschlossen. Hierzu muß die Gabelung zur Lingula exakt getastet werden. Nach Umfahren des kurzen gemeinsamen Stammes der apikalen Segmentgruppe wird dieser zwischen Bronchusklemmen oder einer peripher gesetzten Klemme und der Nahtmaschine durchtrennt. Die Lösung der 3 Segmente von der Lingula erfolgt in der bereits beschriebenen Technik (Abb. 2-127b). Der Bronchusstumpf läßt sich mittels mediastinaler Pleura oder aber mit Lungenparenchym decken.

Beachte:

Da der Lappenspalt zwischen Lingula und Unterlappen meist sehr gut ausgebildet ist, neigt die isolierte Lingula dazu, sich zu torquieren. Sie muß daher mit feinen atraumatischen Nähten in der richtigen Position am Unterlappen fixiert werden.

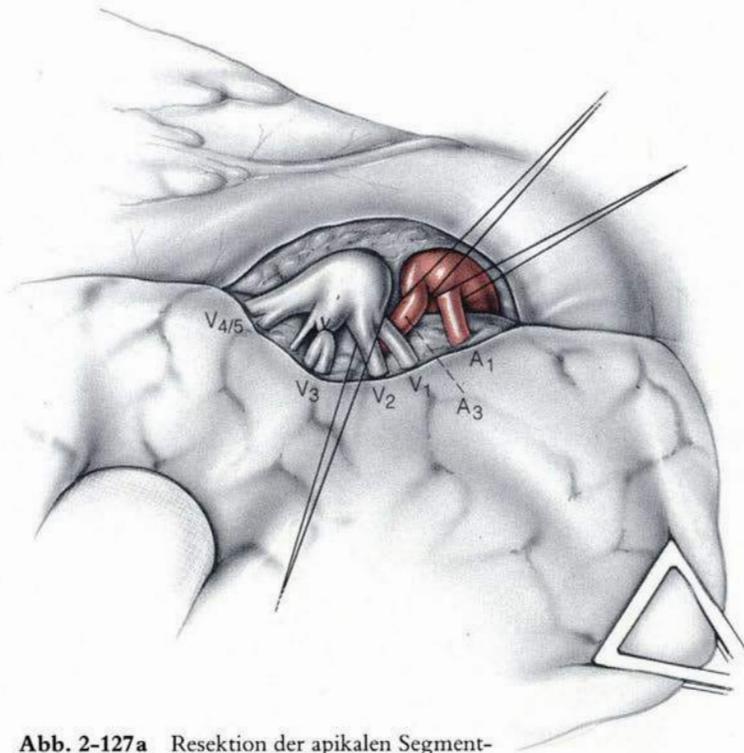


Abb. 2-127a Resektion der apikalen Segmentgruppe des linken Oberlappens. Darstellen des Oberlappenhilus von vorne. V_3 ist ligiert, $V_{1/2}$ sind angeschlungen, während die Lingulavenen erhalten bleiben. Von vorne medial sind die aus der Pulmonalarterie entspringenden anteriore und apikale Arterie dargestellt und angeschlungen.

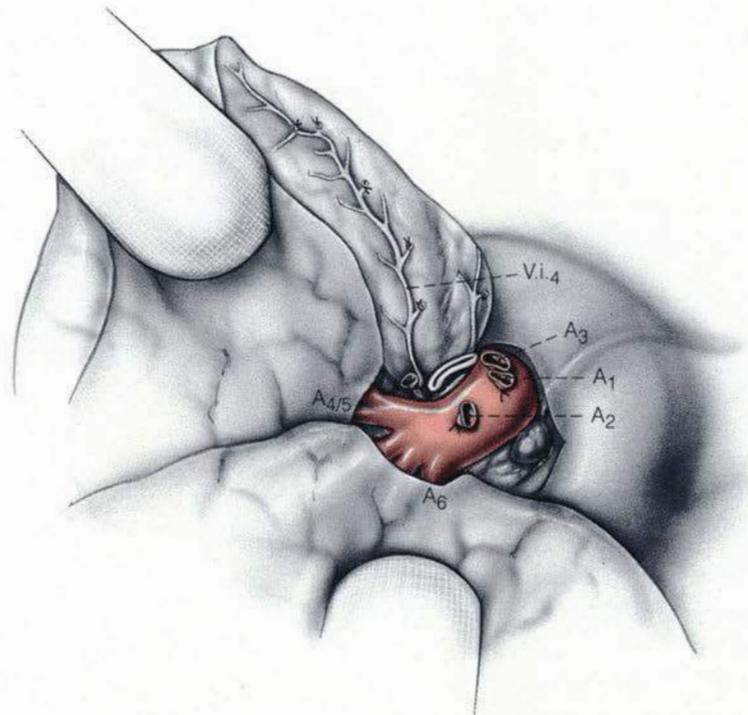


Abb. 2-127b Resektion der apikalen Segmentgruppe des linken Oberlappens (obere Trisegmentektomie). Situation nach Auslösung der 3 Segmente. Blick von apikodorsal. V.i.4 = Intersegmentalvene zwischen S_3/S_4

Resektion der Lingula

Die Präparation zur Lingularesektion beginnt im Interlobärsplatt, wo die Pars interlobaris arteriae pulmonalis dargestellt wird. Nach Eröffnen der Gefäßscheide wird die Lingulasegmentarterie distal des Abganges der Unterlappenspitzenarterie präpariert und versorgt. Manchmal können es auch 2 getrennt abgehende Arteriennäste sein (Abb. 2-128a). Eine Gefäßversorgung vom mediastinalen Teil der Pulmonalarterie ist möglich. In diesem Fall entspringen aus dem Interlobium nur eine oder aber keine Lingulararterie (siehe Abschnitt „Varianten der Pulmonalarterien“).

Jetzt wird die Lingulaspitze mit einer Faßzange gefaßt und das Lungenparenchym nach dorsal gezogen. Parenchymbrücken zum Unterlappen werden durchtrennt und somit das vordere Interlobium eröffnet. Hiernach folgt die Inzision der Pleura über der Oberlappenvene. Mediastinales Bindegewebe schiebt man nach zentral ab und präpariert den kaudalen Rand der Oberlappenvene. Nach Eröffnen der Gefäßscheide und Präparation zur Peripherie hin werden der oder die beiden aus der Lingula austretenden Venenäste isoliert und zwischen Ligaturen durchtrennt (Abb. 2-128b). Eine Lingulaversorgung vom mediastinalen Teil der Pulmonalarterie entlang des vorderen Lungenhilus wird nach Durchtrennen der Vene sichtbar und kann jetzt ligiert werden (siehe Abschnitt „Varianten der Pulmonalarterien“). Die Darstellung des Lingula bronchus erfolgt vom vorderen Interlobium aus. Er wird zwischen 2 Fingern von seinem umgebenden Gewebe befreit und in Höhe des Abganges der apikalen Segmentgruppe mit dem Dissektor unterfahren sowie in typischer Weise versorgt (Abb. 2-128c). Es folgt die Auslösung des Präparates in der Segmentebene. Der Bronchusstumpf wird von ventral mit mediastinaler Pleura oder mit Lungenparenchym überdeckt.

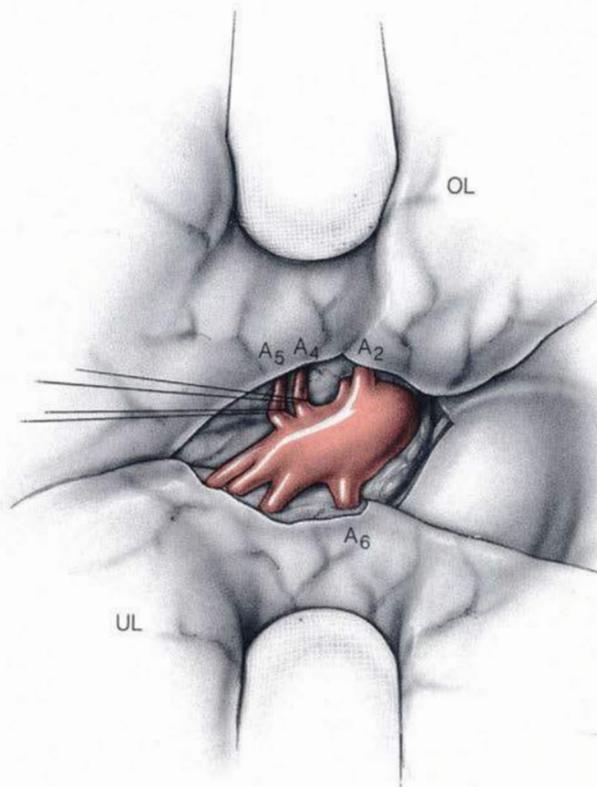


Abb. 2-128a Resektion der Lingula. Blick auf das hintere Interlobium. Die Abgänge der Lingulararterien sind im Interlobium präpariert und angeschlungen. Es sind 2 getrennte Lingulararterien A₄ und A₅ dargestellt.

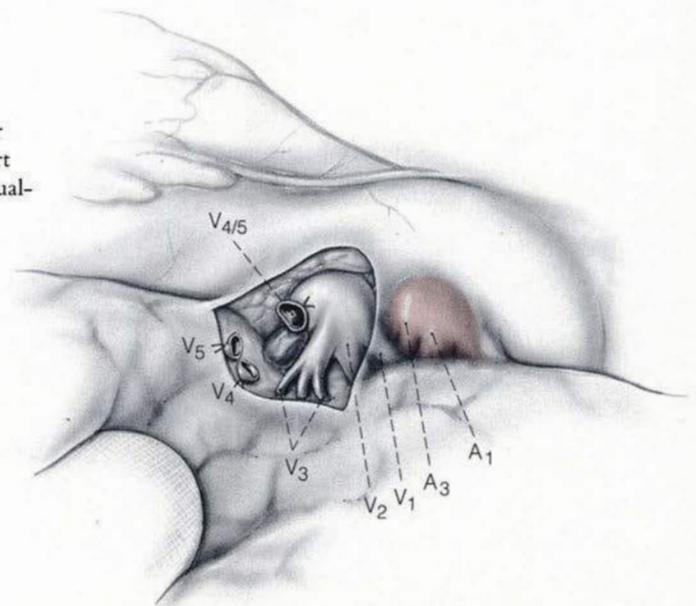


Abb. 2-128b Resektion der Lingula. Die Lingulavenen sind von vorne her dargestellt und ligiert.

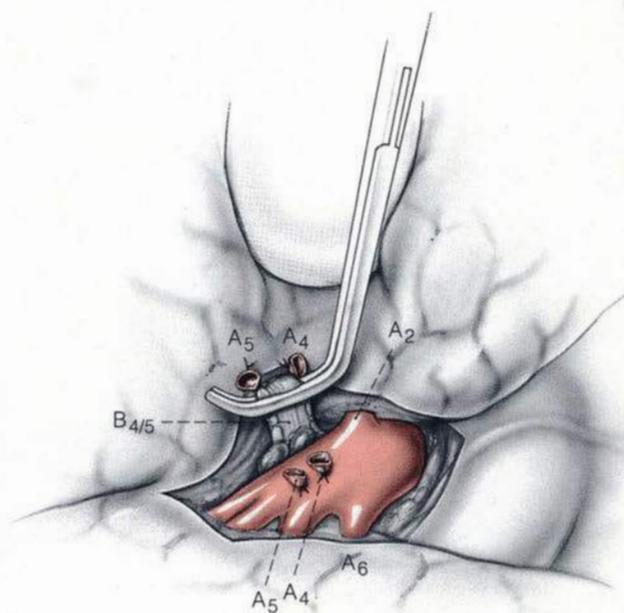


Abb. 2-128c Resektion der Lingula. Blick auf das Interlobium. Die Lingulavenen und Lingulararterien sind durchtrennt. Der Lingulasegmentbronchus ist von dorsokaudal dargestellt und mit einer Bronchusklemme nach distal verschlossen.

Resektion der linken Unterlappensegmente

Die Segmentanatomie des linken Unterlappens unterscheidet sich etwas von der des rechten. Es fehlt das mediobasale Segment, so daß im Gegensatz zum rechten Unterlappen nur 4 Segmente vorhanden sind. Von praktischer Bedeutung für die Operationstechnik ist dies nicht.

Resektion der Unterlappenspitze links

Die Präparation beginnt bei nach ventrokranial abgedrängtem Oberlappen sowie nach unten gezogener Unterlappenspitze mit der Darstellung der Pulmonalarterie an ihrem Eintritt in das Interlobium. Nach Eröffnen der Gefäßscheide läßt sich die arterielle Unterlappenspitzengefäßversorgung identifizieren und versorgen (Abb. 2-129a). Jetzt wird der Unterlappen nach ventral gezogen, worauf die Pleura entlang des hinteren Hilus inzidiert wird. Es stellt sich die Unterlappenvene von dorsal her dar. Sie gibt nach kranial einen isolierten Ast zur Unterlappenspitze ab. Nach Eröffnen der Venengefäßscheide läßt sich dieser Venenast unterfahren und getrennt ligieren. Er gibt distal einen Intersegmentalast ab, welcher geschont werden sollte (Abb. 2-129b). Direkt unter der Unterlappenspitzenvene kommt der Unterlappenspitzenbronchus zur Darstellung, welcher jetzt mit dem Präpariertüpfelchen freigelegt werden kann. Hierbei müssen Lymphknoten, welche sich konstant in dem Winkel zwischen Unterlappenspitzenbronchus und Unterlappenspitzenarterie befinden, entfernt werden. Der Bronchus wird in typischer Weise versorgt und das Segment in bekannter Art durch Zug an der distalen Bronchusklemme entfernt (Abb. 2-129c). Der Bronchusstumpf sollte von hinten mit mediastinaler Pleura gedeckt werden.

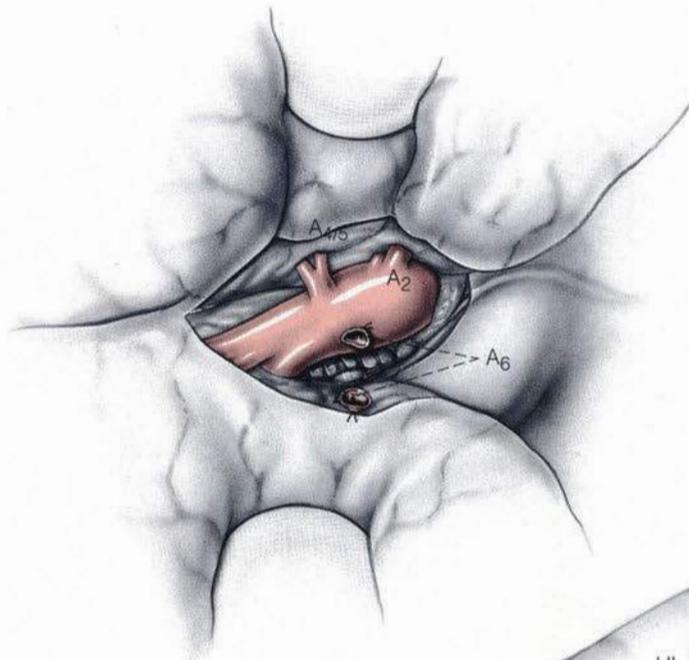


Abb. 2-129a Resektion der Unterlappenspitze links. Das Interlobium ist präpariert. Die Unterlappenspitzenarterie ist ligiert.

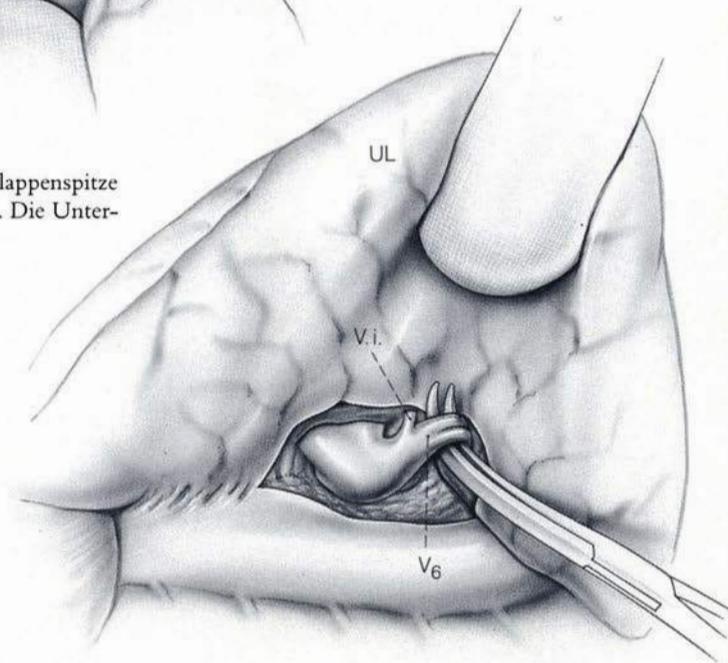


Abb. 2-129b Resektion des Unterlappenspitzensegmentes links. Die Unterlappenspitzenvene ist mit ihren Aufzweigungen präpariert und mit dem Overholt unterfahren; die Intersegmentalvene bleibt erhalten (V.i.).

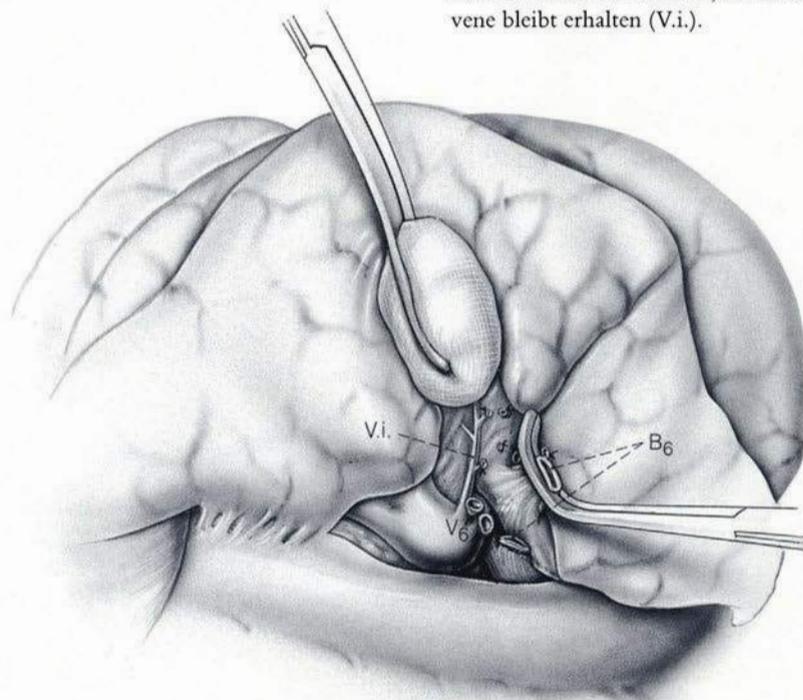


Abb. 2-129c Resektion des Unterlappenspitzensegmentes links. Blick von dorsal. Technik der Auslösung des Unterlappenspitzensegmentes links. Die Vene V₆ ist ligiert. Der Intersegmentalvenenast (V.i.) ist geschont.

Resektion der basalen Unterlappensegmente links

Für die Resektion der basalen Segmentgruppe unter Erhalt der Unterlappenspitze gleicht das technische Vorgehen weitgehend der Unterlappenresektion (siehe Abschnitt „Resektion des linken Unterlappens“). Dabei muß sowohl die arterielle Versorgung der Unterlappenspitze als auch die der Lingula einwandfrei dargestellt und geschont werden (Abb. 2-130a). Erst dann kann die Pars basalis arteriae pulmonalis unterfahren und ligiert werden. Nach distal werden die basalen Segmentarterien einzeln unterbunden (Abb. 2-130a). Wenn der Pulmonalarterienstumpf nach proximal abgeschoben wird, kann man den Abgang des Unterlappenspitzensegmentbronchus darstellen und die Resektions-ebene der basalen Segmentbronchien festlegen (Abb. 2-130b).

Indem der Unterlappen nach kranial gezogen wird, spaltet man das Lig. pulmonale und stellt die Unterlappenvene wie zur Unterlappenresektion dar (siehe Abschnitt „Resektion des linken Unterlappens“). Die Venenäste werden zu ihren Aufzweigungen im Parenchym verfolgt. Die V. basalis communis mit ihren beiden Ästen wird von der Unterlappenspitzenvene isoliert und in 2 Portionen ligiert. Zusätzlich erfolgt zur Sicherung noch eine zentrale Ligatur des basalen Venenstammes (Abb. 2-130c).

Der Bronchusverschluß erfolgt in der in Abbildung 2-130b eingezeichneten Resektionsebene am günstigsten mit der Nahtmaschine TATM 30. Die Trennung der Segmente von der Unterlappenspitze und von der Lingula geschieht in der üblichen Technik (Abb. 2-130d). Der Bronchusstumpf wird mit mediastinaler Pleura gedeckt.

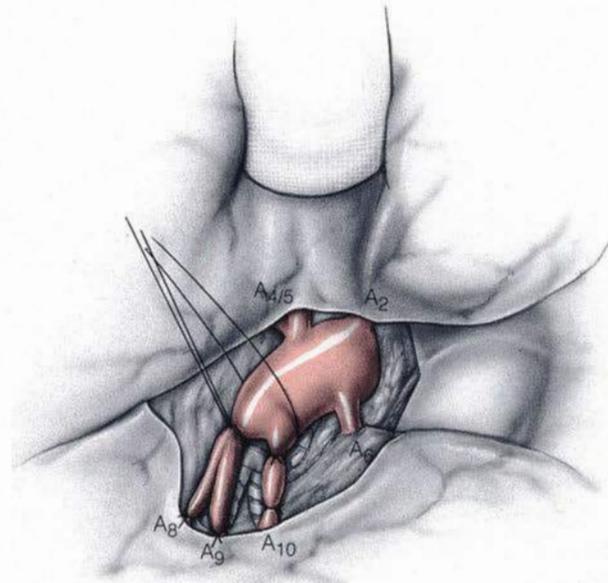


Abb. 2-130a Resektion der basalen Unterlappensegmente links. Die Pars basalis arteriae pulmonalis ist präpariert und angeschlungen. Die basalen Segmentäste A₈, A₉ und A₁₀ sind isoliert und nach peripher und zentral unterbunden. Direkt unter den Segmentarterien kommen die Aufzweigungen der basalen Unterlappensegmentbronchien zur Darstellung.

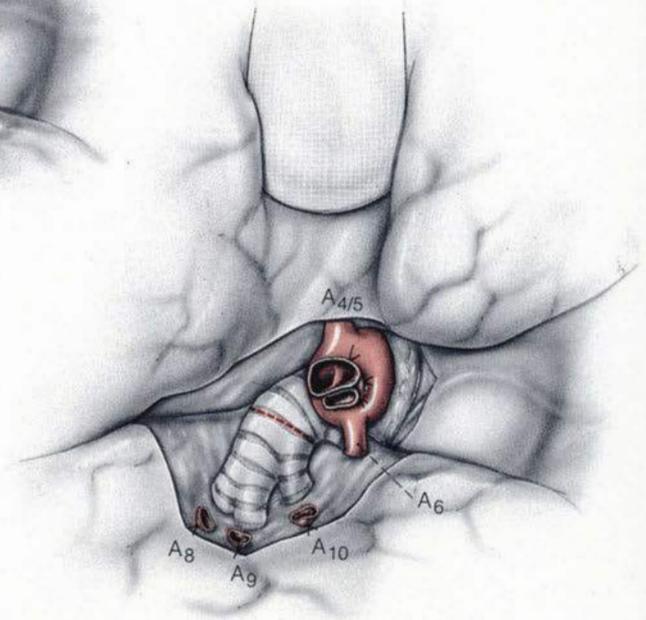


Abb. 2-130b Resektion der basalen Unterlappensegmente links. Die Arterienäste sind unterbunden und der zentrale Stumpf der Pars basalis arteriae pulmonalis nach proximal abgeschoben. Die Segmentbronchusaufzweigung ist präpariert und die Resektionsebene eingezeichnet.

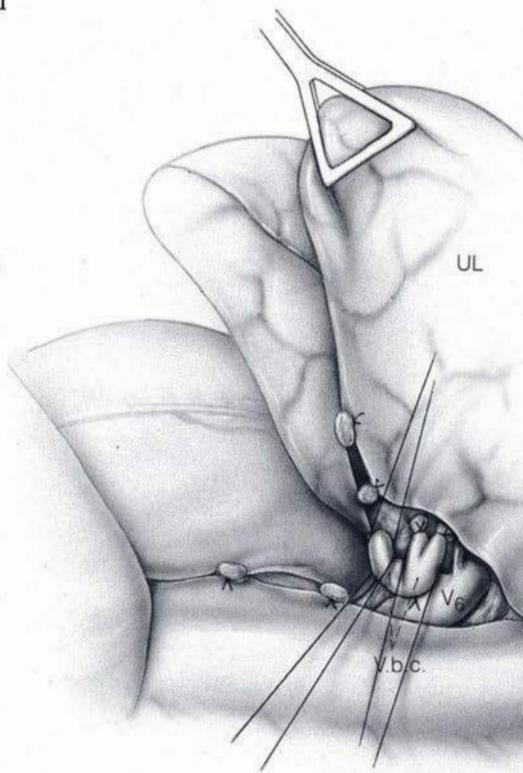


Abb. 2-130c Resektion der basalen Unterlappensegmente links. Nach Spalten des Lig. pulmonale sind die basalen Venenäste von dorsal her präpariert. Die V. basalis communis (V.b.c) ist nach zentral ligiert. Nach peripher hin sind ihre beiden Aufzweigungen angeschlungen.

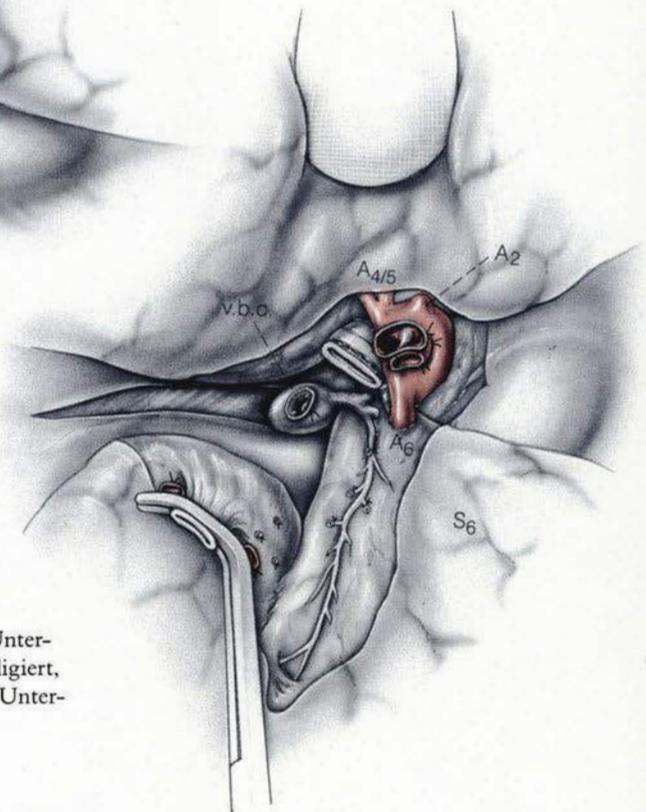


Abb. 2-130d Resektion der basalen Unterlappensegmente links. Die Gefäße sind ligiert, die basalen Segmente werden von dem Unterlappenspitzensegment isoliert.
v. b. c. = vena basalis communis ligiert

Resektion einzelner basaler Unterlappensegmente links

Hierbei wird das Interlobium, wie im Abschnitt „Resektion des linken Unterlappens“ beschrieben, präpariert. Die einzelnen basalen Segmentarterien werden dargestellt und identifiziert (siehe Abb. 2-130a). Wenn die Arterie des zu resezierenden Segmentes unterbunden und durchtrennt ist, kommt der direkt unter ihr verlaufende Segmentbronchus zur Darstellung. Er wird unterfahren, angeklemt und durchtrennt. Durch Zug an der distalen Bronchusklemme gelingt die Auslösung des Segmentes wie bereits beschrieben. Die sich anspannenden Segmentvenen müssen ligiert und durchtrennt werden.

Keilresektion

Klassische Keilresektion

Die Keilresektion kommt nur in Frage bei gut abgegrenzten Prozessen, nahe der Lungenoberfläche oder unmittelbar an den Lappenspalten. Die bevorzugte Indikation zu diesem Eingriff ist bei der Chirurgie multipler Lungenmetastasen zu sehen.

Der betreffende Lungenabschnitt wird mit 2 Pinzetten hervorgezogen und beidseits des Herdes werden in der zu erwartenden Resektionsebene 2 Haltefäden gelegt. Hiernach wird der Herd links und rechts mittels 2er weicher Klemmen ausgeklemmt (Abb. 2-131). Unter den Klemmen wird von lateral her bis zum Scheitelpunkt des Keiles jeweils eine U-Naht mit Polyglactinfaden der Stärke 3-0 gelegt und danach der Lungenkeil peripher entlang der Klemme mit dem Skalpell reseziert. Nach Abnahme der Klemmen wird die Resektionsebene zwischen den Haltefäden ausgespannt. Blutungen müssen durch Einzelknopfnähte zusätzlich durchstochen werden.

Hiernach erfolgt eine fortlaufende resorbierbare Naht der Stärke 3-0 (Abb. 2-132).

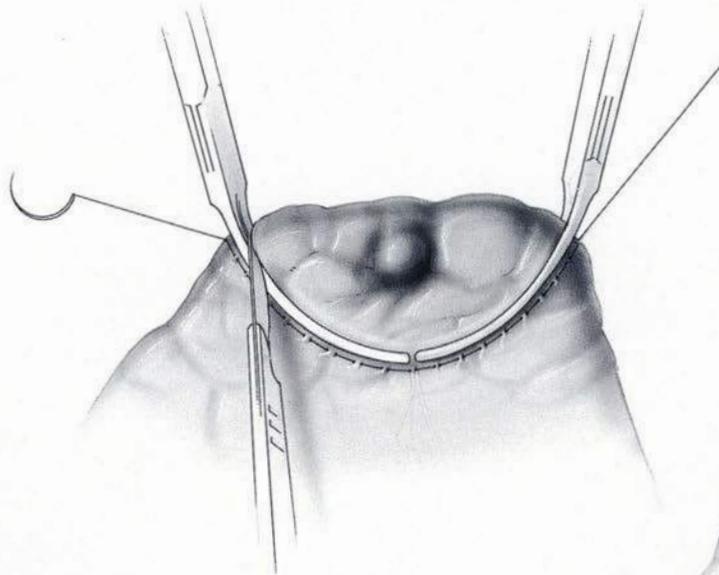


Abb. 2-131 Keilresektion eines peripheren Parenchymherdes.



Abb. 2-132 Nahttechnik bei der Keilresektion.

Keilresektion mittels Nahtmaschine GIA™

Selbstverständlich können Keilresektionen auch mittels der Nahtmaschine durchgeführt werden. Hier bietet sich das GIA™-Klammernahtgerät an, welches den Vorteil hat, daß es beidseitig klammert und gleichzeitig schneidet (Abb. 2-133). Eine zusätzliche Übernähung der Resektionsebene mit fortlaufender Naht ist zu empfehlen.

Keilresektion mittels Nahtmaschinen TA™90 und TA™55

Mit dem TA™90-Klammernahtgerät lassen sich relativ große Keilresektionen ausführen. Hierbei bleibt der Segmentaufbau der Lunge unberücksichtigt, so daß es zum „Kappen“ größerer Bronchien kommen kann. Eine Anwendung dieser atypischen Resektion ist deswegen nur bei der operativen Entfernung von Lungenmetastasen indiziert, insbesondere wenn sich aufgrund vorgegebener anatomischer Verhältnisse die Möglichkeit einer Segmentresektion nicht bietet.

Bei kollabierter Lunge werden die Resektionsebenen festgelegt und die Maschine von außen nach innen angebracht. Im Zentrum des Keiles muß der Führungsdorn des Magazins durch das Lungenparenchym gestoßen werden (Abb. 2-134a). Tumorwärts wird in der Regel eine Klemme gesetzt und anschließend das Parenchym entlang der Maschine durchtrennt. Manchmal kann es auch von Vorteil sein, mit 3 Klammernahtreihen den Keil relativ klein zu halten (Abb. 2-134b). Wir übernähen die Klammernähte immer noch zusätzlich mit Polyglactin-Faden der Stärke 3-0 in typischer Weise.

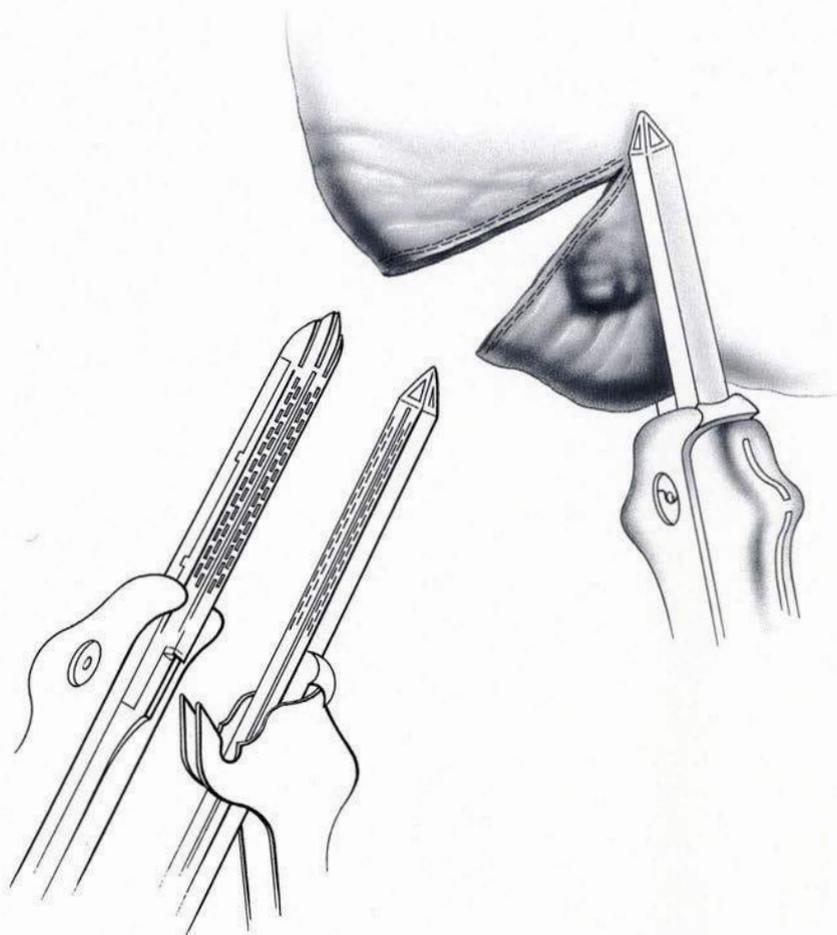


Abb. 2-133
Keilresektion mit GIA™-Nahtapparat.

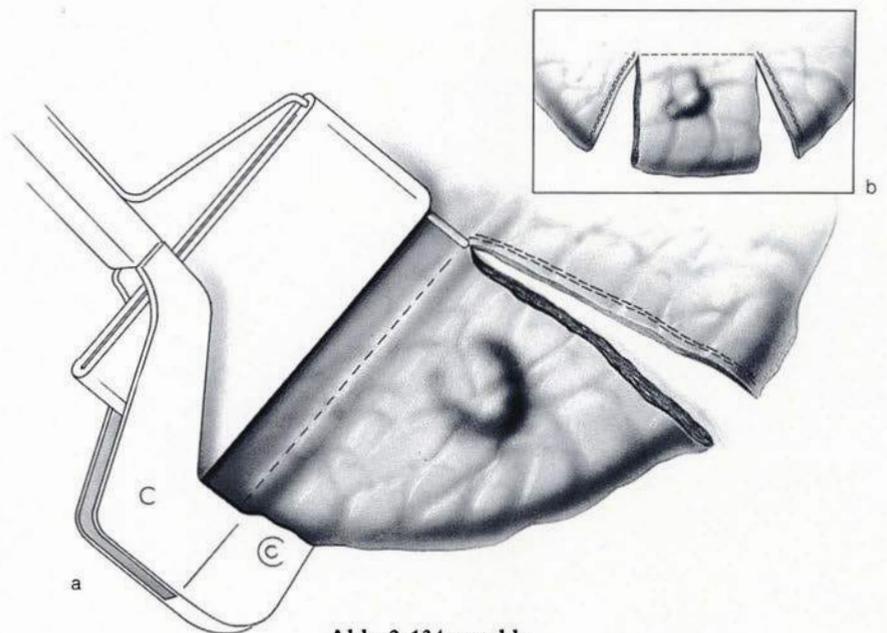


Abb. 2-134a und b
a) Keilresektion mit der Nahtmaschine TA™90.
b) Parenchymresektion mit 3 Klammernahtreihen des TA™55.

Klemmenresektion

Die Technik der Klemmenresektion bietet sich bei peripheren Prozessen an, welche auf der Konvexität des Lungenparenchyms liegen. Über dem Tumor wird das Lungenparenchym mit einer Faßzange unter Zug gehalten und eine stark gebogene Klemme so gesetzt, daß ein genügender Sicherheitsabstand zum Tumor resultiert. Um ein Abrutschen der Klemme zu verhindern, werden die Branchen durch Einzelnähte gesichert. Hiernach wird entlang der Klemme schrittweise reseziert, wobei das Parenchym sofort mit Einzelknopfnähten, möglichst Z-förmig gestochen, versorgt wird. Nach Beendigung der Resektion erfolgt zusätzlich eine fortlaufende Parenchymnaht (Abb. 2-135).

Pulmotomie

Das Operationsverfahren ist zur Entfernung von Chondrohamartomen geeignet.

Das Hamartom wird zwischen Daumen und Zeigefinger von unten gegen die Parenchymoberfläche gedrückt und das Parenchym über dem Tumor bis zu seiner Kapsel senkrecht inzidiert (Abb. 2-136a). Durch leichten Druck von unten springt das Hamartom meist aus dem Parenchymverband heraus. Blutungen werden elektrisch koaguliert und kleinere eröffnete Bronchien mit Polyglactinfäden 3-0 durchstochen. Der Defekt wird zweireihig mit Polyglactinfäden der Stärke 3-0 vernäht (Abb. 2-136b).

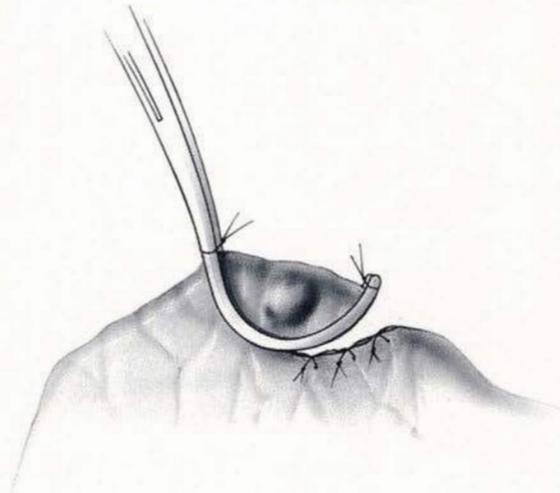


Abb. 2-135 Technik der Klemmenresektion. Die Klemmenbranchen sind durch eine „Cerclage“ gesichert.

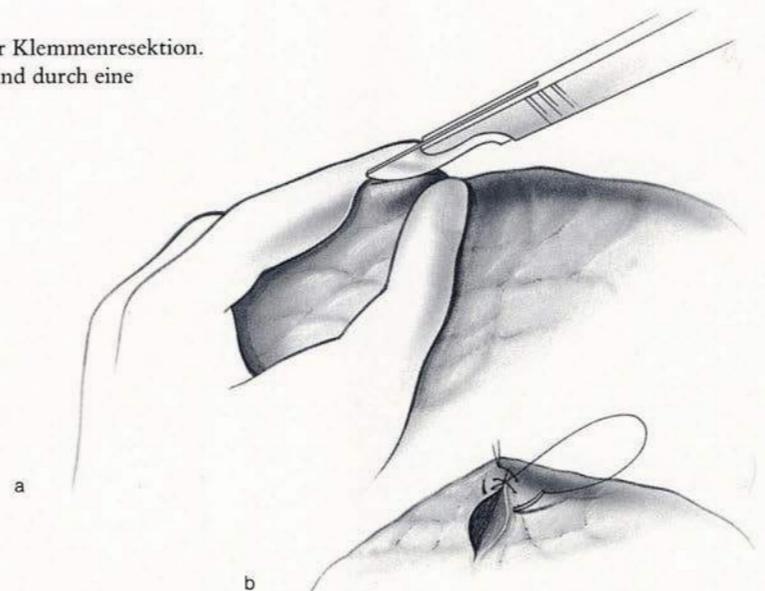


Abb. 2-136a und b Pulmotomie.

- a) Technik der Pulmotomie und Enukleation eines Chondrohamartoms.
- b) Verschluss der Pulmotomie durch fortlaufende Naht.

Bronchoplastische Resektionen

Von bronchoplastischen Operationen spricht man allgemein, wenn durch entsprechendes operatives Vorgehen distal des Krankheitsherdes gelegene Lungenabschnitte erhalten bleiben. Hierbei wird die Kontinuität des Bronchialsystems entweder durch einfache Naht, durch Interposition homoioplastischen Materials oder durch eine Reanastomosierung der distalen Bronchusabschnitte wieder hergestellt.

Durch diese gewebeerhaltenden Operationsverfahren, welche heute generell unter Berücksichtigung der entsprechenden Sicherheitsabstände auch bei malignen Prozessen anzustreben sind, gelingt es, den Verlust an Lungenfunktion so gering wie möglich zu halten, so daß auch Patienten, bei denen eine klassische Resektion mit einem erhöhten pulmonalen Risiko verbunden wäre, durchaus einer operativen Behandlung zugeführt werden können.

Beachte:

Voraussetzung für dieses operative Vorgehen ist die Intubation des Patienten mit einem Doppellumentubus und damit die Möglichkeit der einseitigen Beatmung. Ist dies, aus welchen Gründen auch immer, nicht möglich, so muß der entsprechende Bronchusabschnitt während der Bronchuseröffnung zentral mit einer weichen Klemme abgeklemmt werden.

Bronchotomie

Die Bronchotomie stellt den einfachsten bronchoplastischen Eingriff dar. Indiziert ist sie bei im Bronchialsystem inkarzierten Fremdkörpern, sofern die distalen Lungenabschnitte durch die Schleimretention und die sekundären Entzündungen noch nicht irreversibel im Sinne sekundärer Bronchiektasen geschädigt sind. Der entsprechende Bronchusabschnitt (Hauptbronchus, Bronchus intermedius und Unterlappenbronchus) wird im Bereich seiner Hinterwand freipräpariert, wobei die Bronchialarterienversorgung zu schonen ist. Nach exakter Lokalisation des Fremdkörpers legt man an der medialen und lateralen Seite der Pars membranacea einen Haltefaden (Abb. 2-137). Die Pars membranacea wird über dem Fremdkörper quer inzidiert, so daß dieser problemlos extrahiert werden kann. Die distalen Bronchusabschnitte müssen gründlich abgesaugt werden. Der Verschluß der Bronchotomie erfolgt durch resorbierbare Einzelknopfnähte der Stärke 3-0, wobei eine Stenosierung des Lumens vermieden werden muß. Eine Sicherung der Naht mit Fibrinkleber und Pleura hat sich bei uns bewährt.

Bronchusteilresektion und Bronchusteilersatz

Gutartige Tumoren wie Fibrome oder Hamartome können auf dieselbe Art und Weise exstirpiert werden, wobei die Basis des Prozesses aus der Bronchuswand exzidiert werden muß (Abb. 2-138a). Hierdurch entsteht ein Defekt in der Bronchuswand, welcher oft nicht ohne Gefahr der Lumeneinengung durch primäre Naht verschlossen werden kann. Sofern die Gefahr der Instabilität des Bronchiallumens nicht besteht, wie bei Exzision aus der Pars membranacea, kann der Defekt durch Einnähen eines Patch aus lyophilisierter Dura gedeckt werden (Abb. 2-138b). Dieses Material ist sehr gut verträglich, bietet genügend Eigenstabilität und wird leicht epithelisiert.

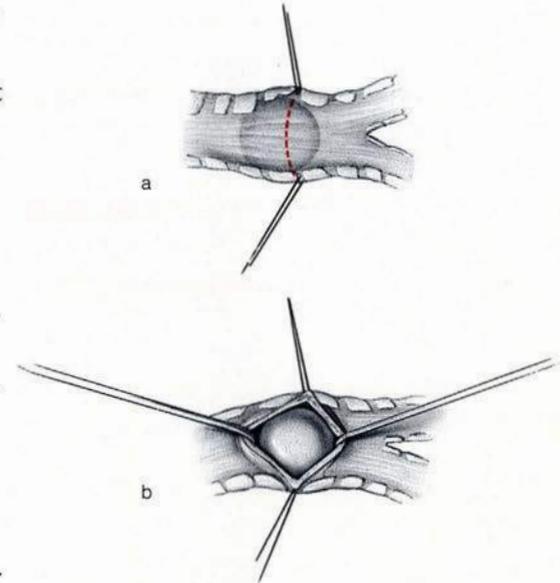


Abb. 2-137 Bronchotomie nach Setzen von Haltefäden über einem Fremdkörper. Die Pars membranacea wird quer inzidiert.

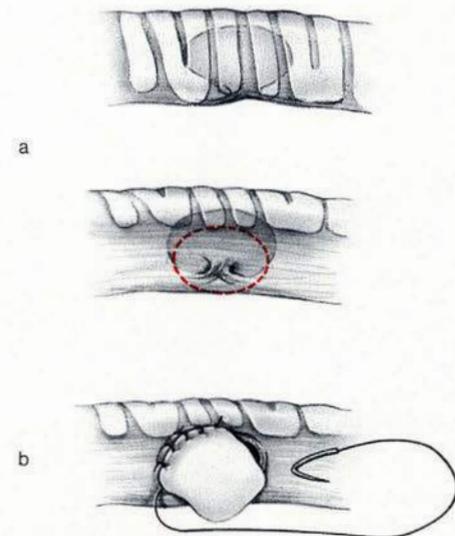


Abb. 2-138a und b Bronchusteilresektion und Bronchusteilersatz.

- a) Exzision eines Fibroms aus der Pars membranacea des rechten Hauptbronchus.
- b) Decken des Bronchusdefektes mit lyophilisierter Dura nach Exzision des Fibroms.

Manschetten(Sleeve)-Resektionen

Die häufigste Indikation zur Manschettenresektion stellt sich bei Tumoren, welche aus dem Niveau des Oberlappens heraus in den Hauptbronchus vorwachsen. Die aufgrund des Tumorsitzes notwendige Pneumonektomie läßt sich mit Hilfe dieses Operationsverfahrens umgehen. Bei Tumorsektionen ist zur Vermeidung eines Lokalrezidivs unbedingt auf den nötigen Sicherheitsabstand von mindestens 0,5 cm zu achten. Besser und sicherer ist es, die Resektionsränder intraoperativ durch einen Schnellschnitt auf Tumorfreiheit zu untersuchen.

Die Anastomosentechnik ist im Abschnitt „Bronchusanastomose“ ausführlich beschrieben.

Bei sorgfältiger Nahttechnik sind Anastomoseninsuffizienzen selten. Wichtig ist, daß die Resektionsränder gut durchblutet sind. Man sichert die Anastomosen, indem zirkulär ein gestielter Pleuralappen mit Fibrinkleber auf die Nahtreihe aufgebracht wird (siehe Abb. 2-57).

Hauptbronchusmanschettenresektion

Die Indikation hierzu ergibt sich bei gutartigen, breitbasig auf der knorpeligen Bronchuswand aufsitzenden Prozessen, bei T1-Karzinomen des Hauptbronchus oder bei Bronchusstrikturen. Auf der rechten Seite kann so auch ein Stück des Bronchus intermedius reseziert werden (Abb. 2-139). Linksseitige Hauptbronchusmanschettenresektionen (Abb. 2-140) sind technisch schwieriger, da hier der Aortenbogen die Naht behindert. In extrem schwierigen Situationen wird die Übersicht dadurch verbessert, daß die aus der oberen Aorta thoracica abgehenden Interkostalarterien ligiert werden und der Aortenbogen mobilisiert wird. Er wird angeschlungen und nach kaudal verlagert, so daß die Naht oberhalb des Aortenbogens bei genügender Übersicht durchgeführt werden kann. Wegen der mit diesem Operationsverfahren verbundenen Gefahr der Querschnittläsion sollte es nur Ausnahmesituationen vorbehalten bleiben.

Cave

Gefahr der Querschnittläsion bei Ligatur der Interkostalarterien.

Der Hauptbronchus wird in seiner ganzen Länge von dorsal beginnend freipräpariert. Während dies rechts problemlos möglich ist, muß links die Oberlappenvene angeschlungen und nach ventral gezogen werden, während die Pulmonalarterie ebenfalls zentral umfahren und angeschlungen werden muß. In ihrem weiteren Verlauf wird sie nach mediastinal und distal weggehalten, so daß sich der Hauptbronchus von dorsal und unten bis zur Bifurkation überblicken läßt.

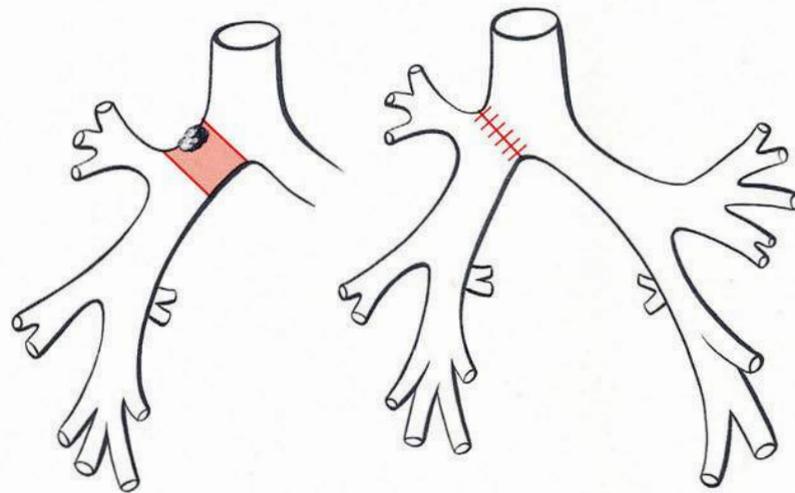


Abb. 2-139 Prinzip der Hauptbronchusmanschettenresektion rechts.

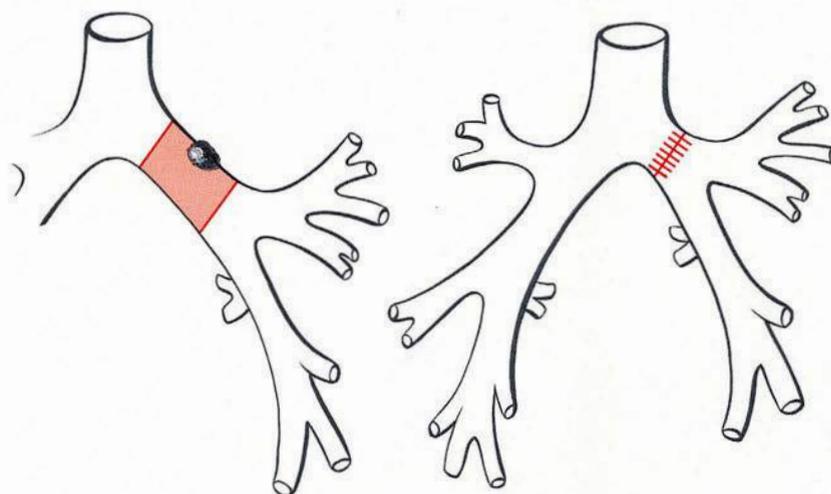


Abb. 2-140 Prinzip der Hauptbronchusmanschettenresektion links.

Oberlappenmanschettenresektion rechts

Das operative Vorgehen gestaltet sich wie bei der Oberlappenresektion (siehe Abschnitt „Resektion des rechten Oberlappens – Klassisches Vorgehen“). In bereits beschriebener Weise werden die Oberlappenvene und der Truncus anterior der Pulmonalarterie versorgt, wonach der Pulmonalarterienstamm wie zur Pneumonektomie unterfahren und mit einem Tourniquet gesichert werden kann. Jetzt präpariert man den Hauptbronchus bis distal des Oberlappenbronchusabganges an seiner Hinterwand frei. Zur Darstellung der aus dem Interlobium ascendierenden Arterien wird die Pars interlobaris arteriae pulmonalis präpariert (siehe Abschnitt „Resektion des rechten Oberlappens, Vorgehen bei zentralem Tumorsitz“). Die Segmentäste werden ligiert und die Parenchymbrücke zwischen Oberlappen und Unterlappenspitze mit der Nahtmaschine oder zwischen Doppelligaturen durchtrennt. Nachdem die Gefäßscheide der Pulmonalarterie weiter nach proximal eröffnet wurde, kann der Abgang der Mittellappenarterie dargestellt werden. Parenchymbrücken zwischen anteriorem Oberlappensegment und Mittellappen lassen sich jetzt mit der Nahtmaschine durchtrennen. Der Hauptbronchus wird distal der Bifurkation an seiner medialen Seite freipräpariert, wobei die dort vorhandenen Lymphknoten exstirpiert werden. Danach wird er mit dem Overholt umfahren und mit einem Gummizügel angeschlungen (Abb. 2-141). Distal des Oberlappenabganges kann der Bronchus intermedius ebenfalls an seiner Medialseite freipräpariert werden, wenn die ihn überquerende Pulmonalarterie nach medial abgeschoben wird. Der Bronchus wird proximal im Bereich der Bifurkation und distal 0,5 cm oberhalb des Mittellappenabganges mit genügendem Sicherheitsabstand durchtrennt, woraufhin der Oberlappen mit der Bronchusmanschette entfernt werden kann (Abb. 2-142).

Wenn der Tumor auf den interlobären Teil der Pulmonalarterie übergreift, lassen sich die aus dem Inter-

lobium ascendierenden Segmentäste nicht ligieren. In diesem Fall wird die Pulmonalarterie zentral mit einer Klemme verschlossen. Distal wird sie vor dem Abgang der Unterlappenspitzenarterie ebenfalls ausgeklemmt, so daß ein Teil der Pulmonalarterienwand offen reseziert werden kann (siehe Abschnitt „Offene Segmentarterienresektion“). Um ein Rückfließen des Blutes aus dem Mittellappen zu verhindern, muß auch die Mittellappenarterie

abgeklemmt werden. Es erfolgt die Naht der Pulmonalarterie mit Polypropylenfaden der Stärke 5–0 fortlaufend und anschließend die Bronchusanastomose. Manchmal kann es erforderlich sein, ein Segment der Pulmonalarterie zirkulär zu resezieren. In diesem Falle wird die Anastomose der Arterie nach der Bronchusanastomose ausgeführt, und zwar mit einem doppelt armierten Polypropylenfaden der Stärke 5–0 (siehe Abschnitt „Gefäßanastomose“).

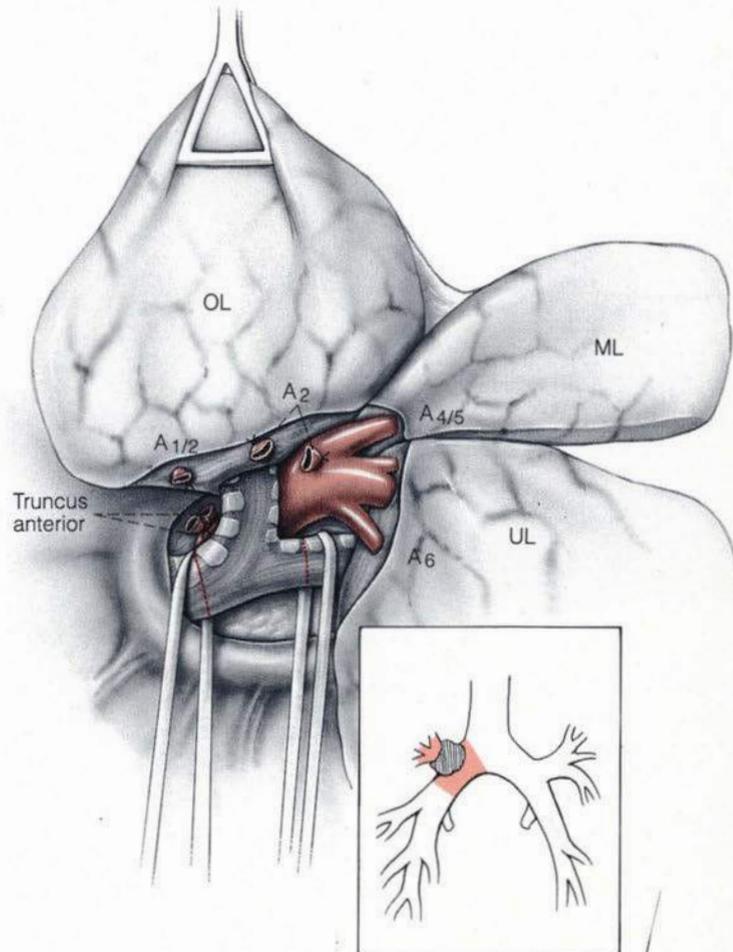


Abb. 2-141 Oberlappenmanschettenresektion rechts. Hauptbronchus und Bronchus intermedius sind angeschlungen. Die Arterien des Oberlappens sind ligiert.

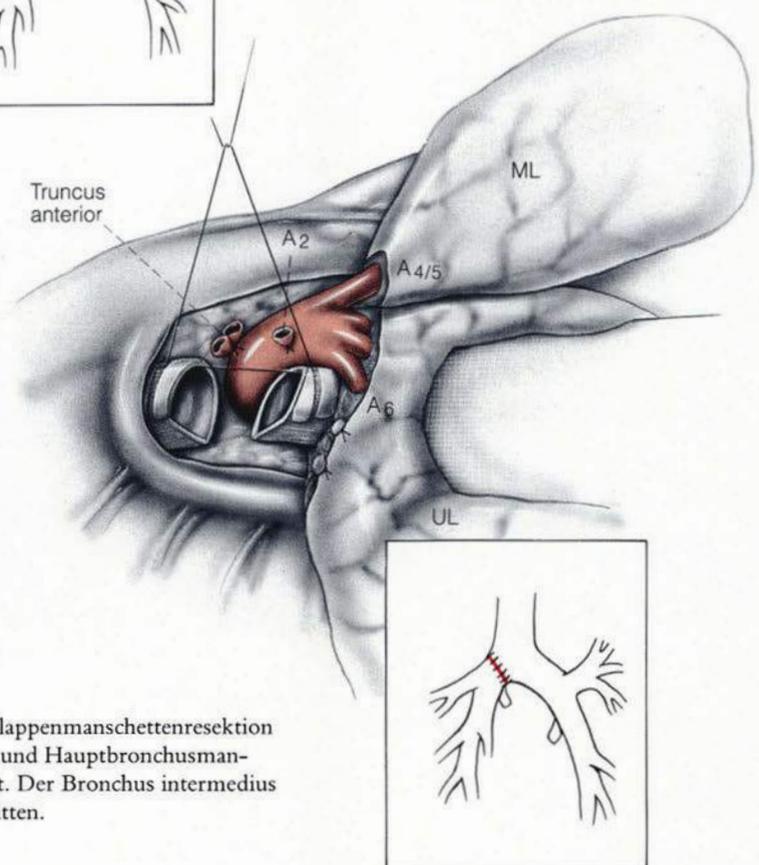


Abb. 2-142 Oberlappenmanschettenresektion rechts. Oberlappen und Hauptbronchusmanschette sind entfernt. Der Bronchus intermedius ist schräg angeschnitten.

Mittellappenmanschettenresektion

Der Eingriff ist angebracht, wenn sich Tumoren nach zentral bis in die Ebene des Bronchus intermedius erstrecken und der Unterlappenspitzenbronchus distal des Mittellappenbronchus abgeht. Die Präparation wird, wie in Abschnitt „Resektion des Mittellappens“ beschrieben, durchgeführt. Als erstes wird die Vene ligiert. Hiernach stellt man die Pulmonalarterie in ihrem interlobären Verlauf dar. Vorher sollte der Pulmonalarterienstamm jedoch durch einen Tourniquet gesichert sein. Nach Ligatur des Mittellappenarterienabganges wird die Pars interlobaris der Pulmonalarterie von dem darunter verlaufenden Bronchus intermedius abpräpariert und mit einem Gummizügel zur Seite gezogen (Abb. 2-143). Der Bronchus intermedius wird bis zum Abgang der Unterlappenspitze von dorsal her dargestellt (siehe Abb. 2-75) und proximal als auch distal des Mittellappenabganges umfahren und mit einem Zügel angeschlungen (Abb. 2-144). Hierzu muß vorher das Interlobium zwischen Mittellappen und Unterlappen sowie zwischen Oberlappen und Unterlappenspitze eröffnet werden. Ebenso sollte die Unterlappenvene freipräpariert und angezügelt sein. Der Bronchus intermedius wird distal des Oberlappenbronchusabganges durchtrennt, ebenso wird der Unterlappenbronchus nach dem Abgang des Mittellappenbronchus schräg abgesetzt. Hiernach können Unterlappenbronchus und Bronchus intermedius miteinander anastomosiert werden (siehe Abschnitt „Bronchusanastomose“). Da der Unterlappenbronchus in der Regel schräg abgesetzt wird, bestehen bei der Anastomose auch keine Lumendifferenzen (Abb. 2-145).

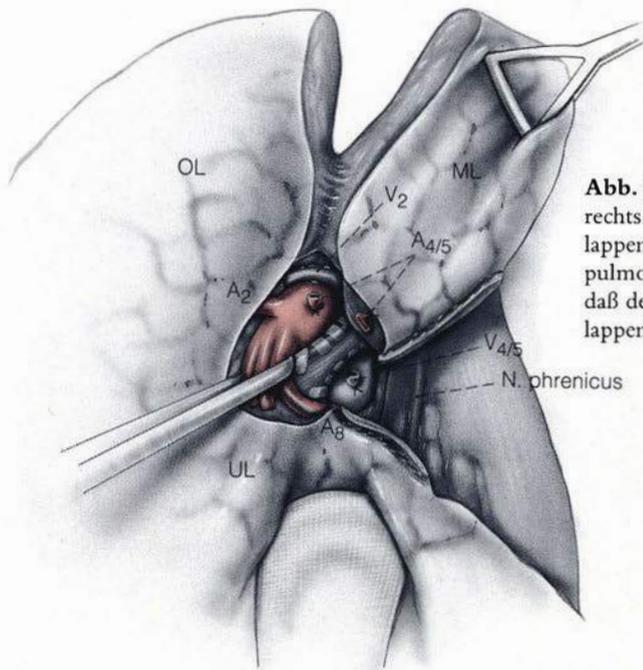


Abb. 2-143 Mittellappenmanschettenresektion rechts. Blick auf das Interlobium. Die Mittellappenarterie ist ligiert, die Pars basalis arteriae pulmonalis ist nach dorsal weggehalten, so daß der Bronchus intermedius und der Mittellappenbronchus sichtbar werden.

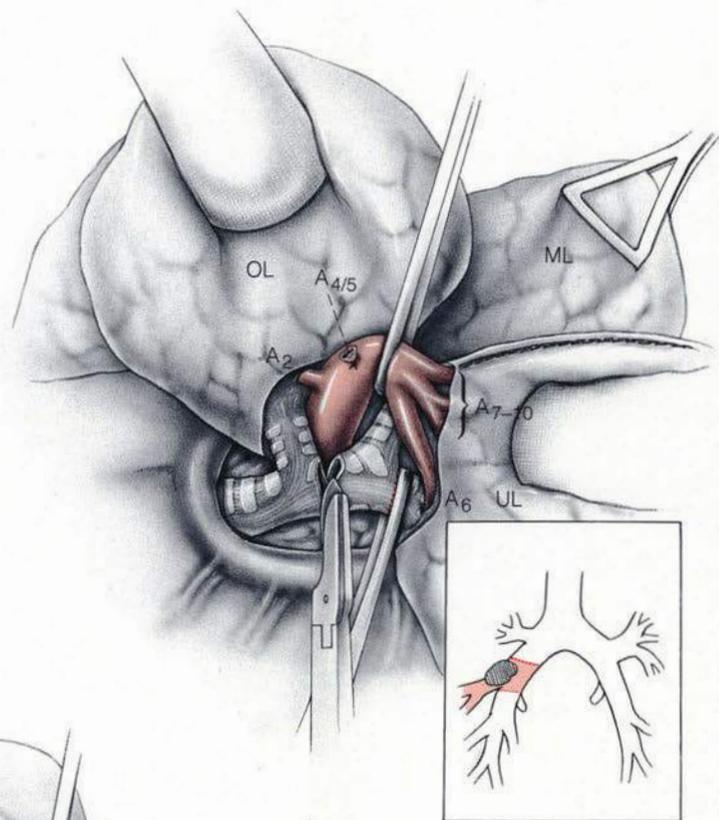


Abb. 2-144 Mittellappenmanschettenresektion rechts. Der Unterlappenbronchus ist angeschlungen, die Mittellappenarterie ligiert.

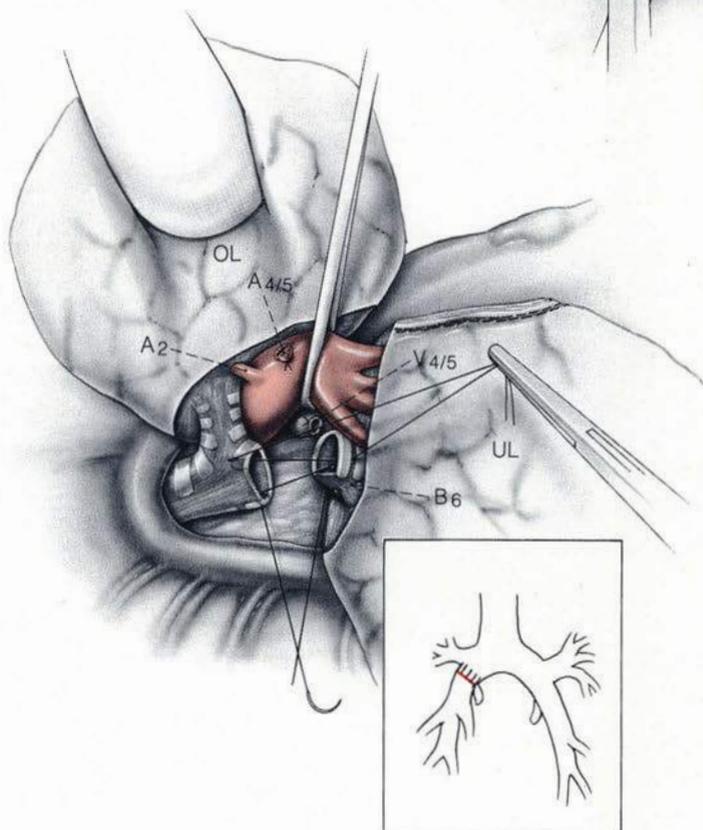


Abb. 2-145 Mittellappenmanschettenresektion rechts. Die Manschette und der Mittellappen sind reseziert, die Anastomose wird begonnen. Der Stumpf der Mittellappenvene ist mediastinal sichtbar.

Unterlappenmanschettenresektion rechts

Diese Operation kann bei Tumoren angebracht sein, welche aus der Unterlappenspitze herauswachsen und auf den Bronchus intermedius übergreifen. Das operative Vorgehen gestaltet sich wie bei der Unterlappen- und der Mittellappenresektion (siehe Abschnitt „Resektion des rechten Unterlappens“ und Abschnitt „Resektion des Mittellappens“). Als erstes wird die Unterlappenvene ligiert. Danach eröffnet man das Interlobium zwischen Mittellappen und Unterlappen (siehe Abschnitt „Resektion des Mittellappens“) sowie zwischen Oberlappen und Unterlappenspitze (siehe Abschnitt „Resektion des rechten Oberlappens, Vorgehen bei zentralem Tumorsitz“). Die Pars interlobaris arteriae pulmonalis wird nach proximal bis zum Abgang der Mittellappensegmentarterien präpariert. Nun können die Unterlappenspitzengefäßversorgung und die Pars basalis arteriae pulmonalis unterbunden und der Pulmonalarteriestumpf nach proximal abgeschoben werden. Der Mittellappenbronchus wird an seiner Basis reseziert, wobei die vor ihm liegende Vene nicht verletzt werden darf (Abb. 2-146). Nach Resektion des Unterlappenbronchus und eines Teiles des Bronchus intermedius kann die Anastomose zwischen ihm und dem Mittellappenbronchus typisch gefertigt werden (siehe Abschnitt „Bronchusanastomose“). Wegen der hier immer bestehenden Lumendifferenz wird das Ostium des Bronchus intermedius durch Resektion eines Keiles aus der Bronchuswand und anschließende Naht verkleinert (siehe Abb. 2-56b und 2-147).

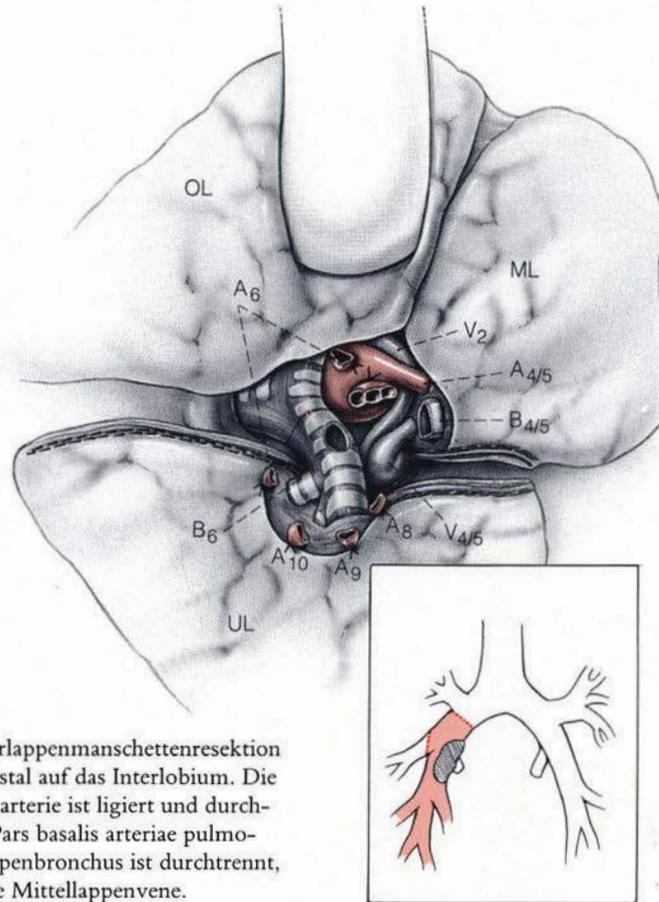


Abb. 2-146 Unterlappenmanschettenresektion rechts. Blick von distal auf das Interlobium. Die Unterlappenspitzenarterie ist ligiert und durchtrennt, ebenso die Pars basalis arteriae pulmonalis. Der Mittellappenbronchus ist durchtrennt, vor ihm verläuft die Mittellappenvene.

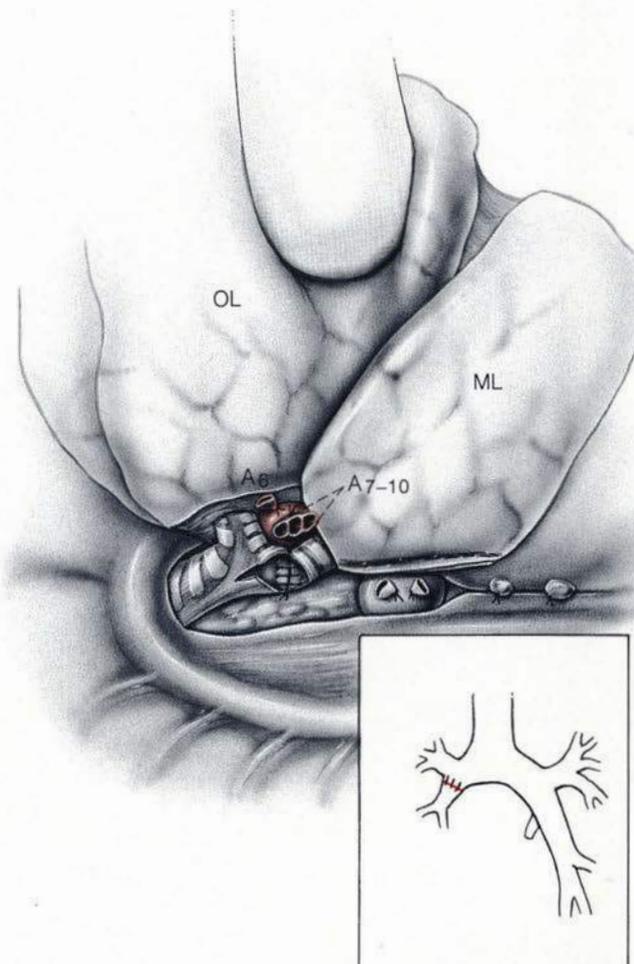


Abb. 2-147 Unterlappenmanschettenresektion rechts. Der Unterlappen mit der Manschette des Bronchus intermedius sind entfernt. Die mediale Wand der Anastomose ist fertiggestellt. Aus dem Bronchus intermedius wurde ein Keil zur Lumenangleichung entfernt.

Untere Manschettenbilobektomie rechts

Das operative Prinzip besteht in der Resektion des Unterlappens und Mittellappens unter Mitnahme des Hauptbronchus, wobei der Oberlappen an seiner Einmündungsstelle abgesetzt wird. Somit sind alle präparativen Schritte der unteren Bilobektomie durchzuführen (siehe Abschnitt „Untere Bilobektomie“). Zusätzlich muß die venöse und arterielle Versorgung des Oberlappens isoliert und mit einem Gummibändchen angeschlungen werden (siehe Abschnitt „Resektion des rechten Oberlappens“). Die zusätzliche Sicherung des Pulmonalarterienstammes mit einem zentralen Tourniquet ist obligat, da der Eingriff immer in einer Pneumonektomie enden kann.

Sind die präparatorischen Schritte der unteren Bilobektomie durchgeführt, nämlich Versorgung der Unterlappenvene, Ligatur der Mittellappenvene und Absetzen der Pars interlobaris arteriae pulmonalis distal des Abganges der posterioren Oberlappenarterie, so werden der Bronchus intermedius und der Hauptbronchus von dorsal und von kaudal her bis zur Bifurkation mobilisiert (Abb. 2-148). Nachdem der Hauptbronchus in Höhe der Bifurkation allseits freipräpariert ist, wird er in der Bifurkationsebene durchtrennt. Truncus anterior und Oberlappenvene werden mittels Gefäßbändchen unterfahren und zur Seite gehalten. Jetzt läßt sich der Oberlappenbronchus nahe seiner Einmündung in den Hauptbronchus allseits freipräparieren und in der Ebene des Hauptbronchus abtrennen. Das Operationspräparat, bestehend aus Hauptbronchus, Bronchus intermedius, Mittellappen und Unterlappen, kann nun entfernt werden. In typischer Weise wird die Anastomose zwischen Oberlappenbronchus und Bifurkation hergestellt (siehe Abschnitt „Bronchusanastomose“). Um die unterschiedlichen Lumina der zu anastomosierenden Bronchusanteile anzugleichen, ist es erforderlich, aus der lateralen Trachealwand eine Keilexzision vorzunehmen (Abb. 2-149).

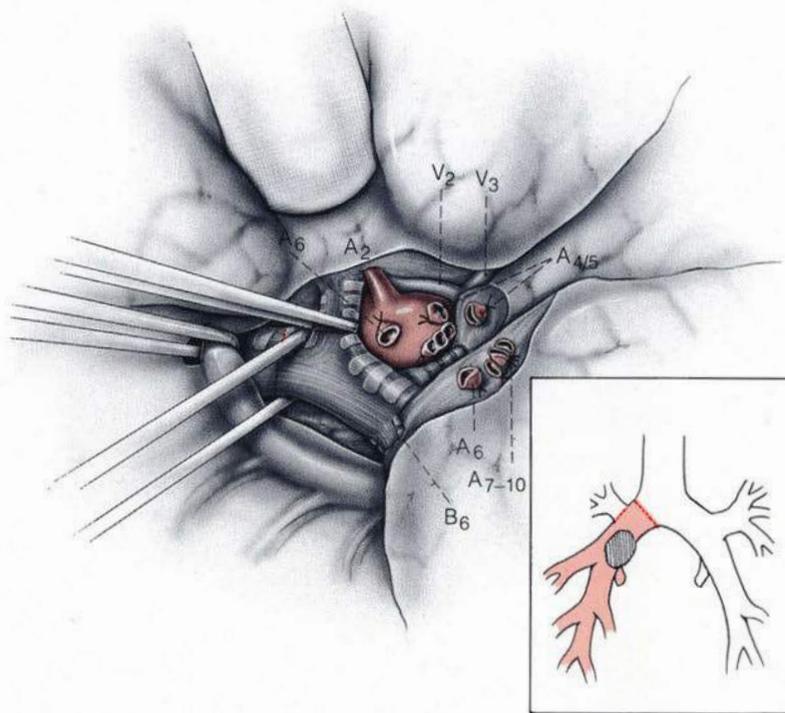


Abb. 2-148 Untere Manschettenbilobektomie rechts. Mittellappenarterie und Unterlappenarterien sind durchtrennt, der Hauptbronchus, der Oberlappenbronchus und die V. azygos sind angeschlungen.

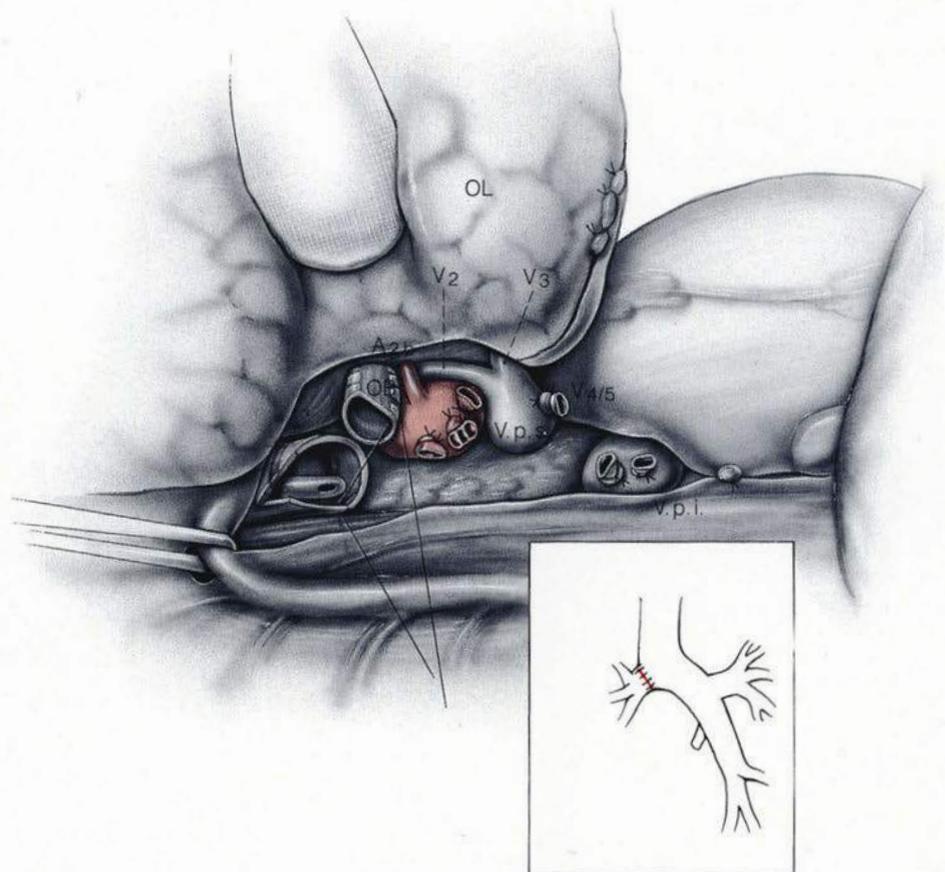


Abb. 2-149 Untere Manschettenbilobektomie rechts. Mittellappen, Unterlappen und Hauptbronchus sind reseziert. Der Oberlappen wird an die Bifurkation anastomosiert.
V. p. i. = V. pulmonalis inferior
V. p. s. = V. pulmonalis superior
O. B. = Oberlappenbronchus

Oberlappenmanschettenresektion links

Die Präparation des linken Hilus beginnt wie bei der Vorbereitung zur Pneumonektomie (siehe Abschnitt „Pneumonektomie links“), da die A. pulmonalis zentral immer mit einem Tourniquet gesichert werden muß. Die spätere Mobilisierung der Pulmonalarterie wird erleichtert, wenn das Lig. ductus Botalli nach Eröffnung des Perikardes zwischen Doppelligaturen durchtrennt wird. Die Oberlappenvene wird von vorne her dargestellt und ligiert (siehe Abb. 2-106 bis 2-108). Wenn die bindegewebigen Verwachsungen zwischen Herzbeutel und Bronchus mit der Schere scharf durchtrennt sind, wird der Blick auf die Vorderwand des Hauptbronchus und den Abgang des Oberlappens frei.

Jetzt eröffnet man das Interlobium und stellt den interlobären Verlauf der Pulmonalarterie dar (siehe Abb. 2-105). Die Lingulaäste werden ligiert und durchtrennt (siehe Abschnitt „Resektion des linken Oberlappens, Vorgehen bei verlötetem Interlobium oder fehlender Hauptspalte“). Durch Abschieben der Pars interlobaris arteriae pulmonalis nach kaudal läßt sich der Unterlappenbronchus darstellen und nach proximal bis zum Abgang des Oberlappenbronchus unter Mitnahme der hier immer vorhandenen Lymphknoten präparieren.

Zur Darstellung der kranialen Oberlappensegmentarterien wird die Gefäßscheide nach proximal weiter eröffnet. Die Segmentarterien lassen sich nun, wie bei der Oberlappenresektion beschrieben, versorgen (siehe Abschnitt „Resektion des linken Oberlappens“). In der Regel wachsen die zentralen Tumoren jedoch sehr nahe an die Pulmonalarterienwand heran, so daß sich posteriore, apikale und anteriore Arterie nicht typisch versorgen lassen. In diesem Fall werden die Segmentäste offen reseziert, nachdem der Pulmonalarterienstamm und die Pars interlobaris arteriae pulmonalis mit Gefäßklemmen ausgeklemmt wurden (siehe Abb. 2-46). Die Defekte in der Pulmonalarterienwand werden mit atraumatischer, nicht resorbierbarer Gefäßnaht der Stärke 5-0 vernäht (siehe Abb. 2-47). Wird nun die Pulmonalarterie nach ventral gezogen, ist die Präparation nicht schwierig. Die Lymphknoten entlang des Hauptbronchus werden bis zur Bifurkation entfernt, so daß sich der Hauptbronchus jetzt allseits umfahren läßt (Abb. 2-150). Er wird je nach Tumorausdehnung etwa 2 cm proximal des Oberlappenbronchusabganges durchtrennt.

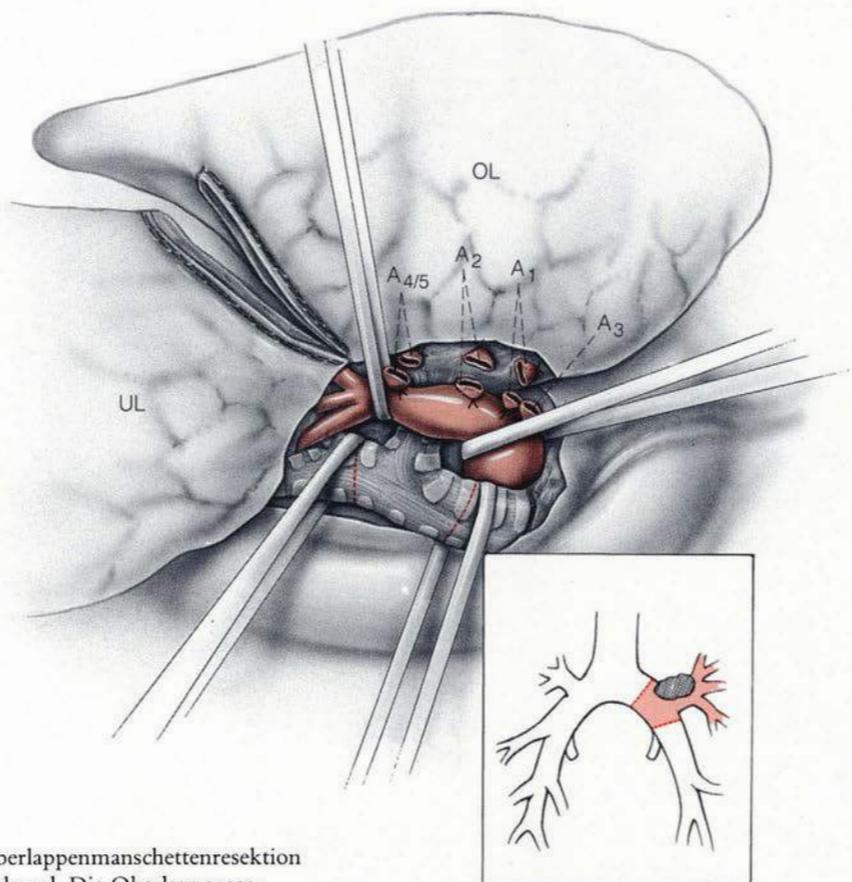


Abb. 2-150 Oberlappenmanschettenresektion links. Blick von dorsal. Die Oberlappensegmentarterien A_{4/5}, A₁, A₂, A₃ sind ligiert. Der Unterlappenbronchus und Hauptbronchus sind angeschlungen, die Pulmonalarterie ist nach ventral gezogen.

Ebenso läßt sich der Unterlappenbronchus proximal des Abganges des Unterlappenspitzenbronchus durchtrennen, so daß der Oberlappen mit der entsprechenden Hauptbronchusmanschette entfernt werden kann (Abb. 2-151). Die Anastomose von Hauptbronchus und Unterlappenbronchus gestaltet sich wie in Abschnitt „Bronchusanastomose“ beschrieben.

Unterlappenmanschettenresektion links

Dieses Operationsverfahren wird vor allem bei Tumoren angewandt, die aus dem Unterlappenspitzenbronchus herauswachsen und an der medialen Wand auf den Hauptbronchus übergreifen.

Wie bei der Oberlappenmanschettenresektion bzw. der Pneumonektomie muß die Pulmonalarterie von dorsal und ventral bei ihrem Austritt aus dem Mediastinum allseits freipräpariert werden (siehe Abb. 2-96). Sie ist mit einem Tourniquet zu sichern. Damit die Vorderwand des Hauptbronchus zur Darstellung kommt, muß auch die Oberlappenvene präpariert und mit einem Zügel angeschlungen werden. Jetzt gestaltet sich das Vorgehen wie bei der Präparation zur Unterlappenresektion (siehe Abschnitt „Resektion des linken Unterlappens“). Nach Spaltung des Lig. pulmonale wird die untere Vene dargestellt und versorgt. Durch Zug des Unterlappens nach kranial und ventral kann der Unterlappenbronchus von dorsokaudal her in Richtung Bifurkation aus dem Mediastinum herausgelöst werden, wobei die dort immer vorhandenen Lymphknoten gleich mit entfernt werden. Nach Eröffnen des Interlobiums wird der interlobär verlaufende Teil der Pulmonalarterie präpariert. Unter Schonung der Lingularversorgung werden die Segmentarterien des Unterlappens versorgt und der zentrale Gefäßstumpf der Pulmonalarterie nach kranial abgeschoben (siehe Abb. 2-115). Jetzt ist der Unterlappenbronchus sichtbar, und er wird nach kranial bis zum Abgang des Oberlappenbronchus dargestellt. Durch Zug der Oberlappenvene nach ventral wird eine Verletzung der

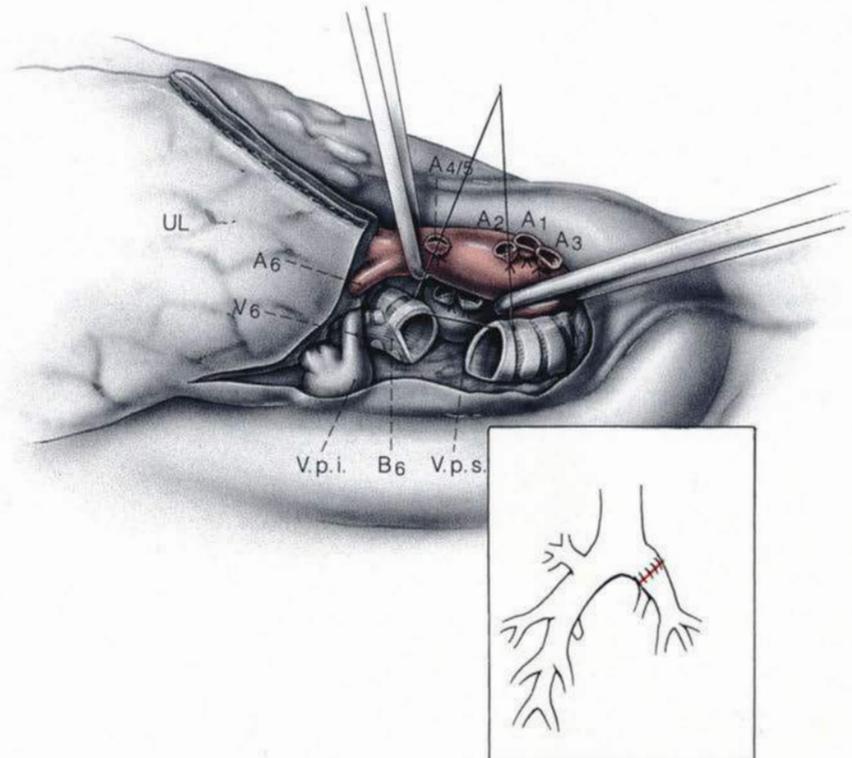


Abb. 2-151 Oberlappenmanschettenresektion links. Blick von dorsal. Oberlappen und Hauptbronchusmanschette sind entfernt. Die Anastomose wird begonnen.

V. p. i. = V. pulmonalis inferior
V. p. s. = V. pulmonalis superior

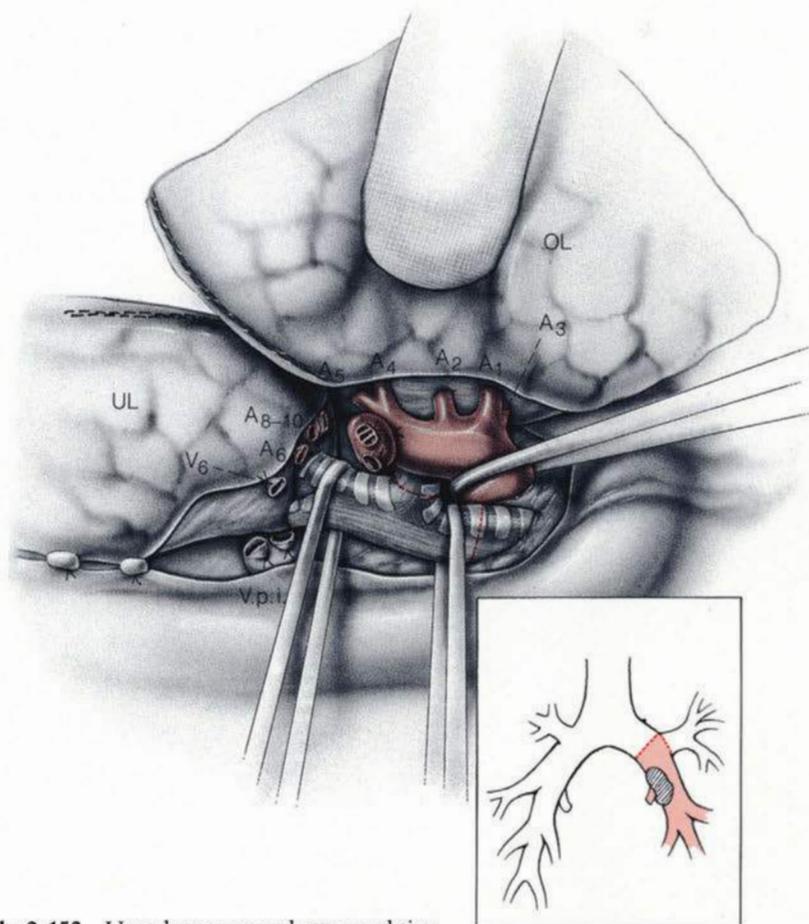


Abb. 2-152 Unterlappenmanschettenresektion links. Situs vor Absetzen des Oberlappenbronchus. Blick von dorsal. Die Pulmonalarterie ist nach ventral gezogen. Unterlappenspitzenarterie und Pars basalis arteriae pulmonalis sind ligiert.

Lingulavene vermieden und die weitere Darstellung der Vorderseite des Hauptbronchus ermöglicht. Indem der Pulmonalarterienstumpf mit einem Zügel weiter nach kranial und ventral gezogen wird, wird der Blick auf die Hinterwand des Oberlappenbronchus frei (Abb. 2-152). Bevor Hauptbronchus und Oberlappenbronchus jedoch umfahren werden können, müssen bindegewebige Verwachsungen zum Oberrand der Oberlappenvene und zur Unterseite der Pulmonalarterie von ventral her durchtrennt werden. Hierbei ist darauf zu achten, daß die sehr zentral abgehende anteriore Arterie nicht verletzt wird. Der Oberlappenbronchus wird mit einem Overholt unter Führung des Fingers von der Gegenseite umfahren und in der Ebene des Hauptbronchus durchtrennt. Jetzt läßt sich durch Zug des abgetrennten Oberlappens nach ventral und kranial der Hauptbronchus weiter nach zentral darstellen. Eventuell noch bestehende Verwachsungen zum Herzbeutel werden durchtrennt. Nach Durchtrennen des Hauptbronchus kann der Unterlappen mit der Hauptbronchusmanschette entfernt werden (Abb. 2-153). Die Anastomosierung zwischen Oberlappen und Hauptbronchus ist technisch meist schwierig wegen des kurzen Oberlappenbronchus und seiner engen Beziehung zur Vene und den apikalen Segmentarterien (Abb. 2-154). Der dem Operateur abgewandte Teil der Anastomose wird, von kranial beginnend, in bekannter Weise zuerst genäht (siehe Abschnitt „Bronchusanastomose“). Zuletzt wird die Naht der Pars membranacea durchgeführt.

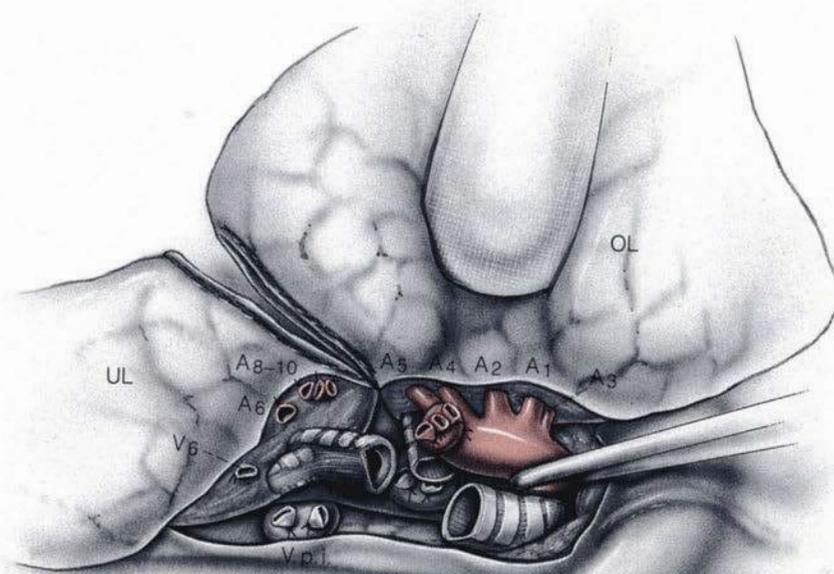


Abb. 2-153 Unterlappenmanschettenresektion links. Blick von dorsal. Die arterielle und venöse Versorgung des Unterlappens ist unterbrochen. Der Oberlappenbronchus und der Hauptbronchus sind durchtrennt.
V. p. i. = V. pulmonalis inferior
V. p. s. = V. pulmonalis superior

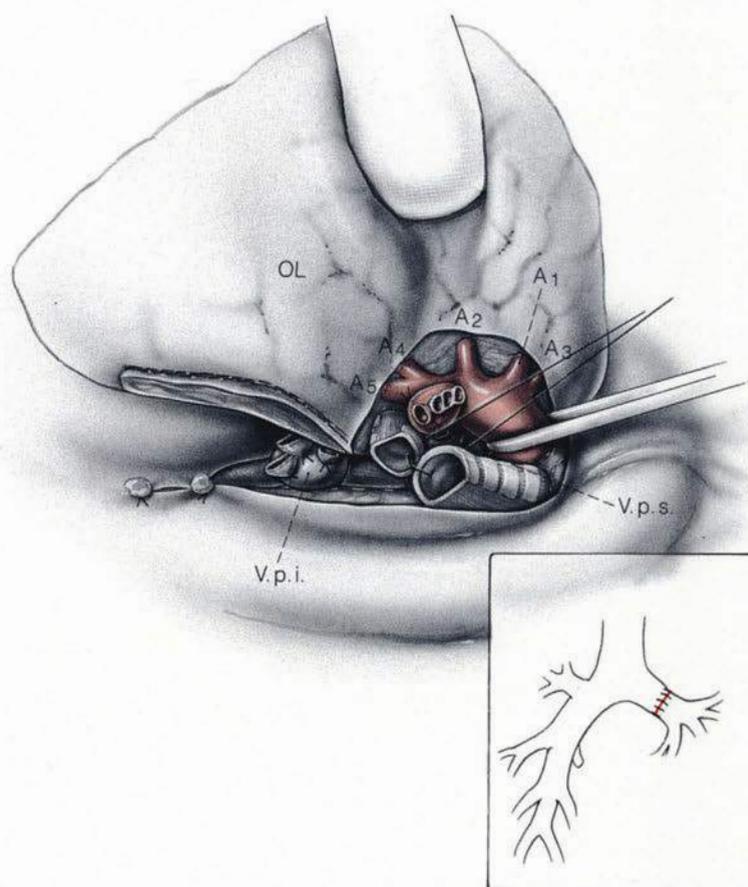


Abb. 2-154 Unterlappenmanschettenresektion links. Blick von dorsal. Der Unterlappen und ein Teil des Hauptbronchus sind entfernt. Die Anastomose zwischen Oberlappenbronchus und Hauptbronchus ist begonnen.
V. p. i. = V. pulmonalis inferior
V. p. s. = V. pulmonalis superior

Pleurolobektomie und Pleuropneumonektomie

Pleurolobektomie

Die Indikation zu dieser Operation ist gegeben bei sekundären Erkrankungen der Pleura, welche mit einem einschmelzenden oberflächennahen Prozeß eines Lungenlappens und einer Bronchusfistel einhergehen.

Wie im Abschnitt „extrapleurales Vorgehen“ beschrieben, wird nach Durchtrennung der Interkostalmuskulatur primär extrapleural präpariert, ohne die Pleurahöhle zu eröffnen. Wegen der starken Schrumpfungsnegung der Interkostalräume bei Pleuraerkrankungen kann die Resektion der 5. und 6. Rippe in ihrem Bett zur Erleichterung des Zuganges erforderlich werden. Nach Durchtrennen der letzten Fasern des M. intercostalis internus, welcher am Rippenperiost inseriert, gelangt man in die Schicht der Fascia endothoracica, in der die weitere stumpfe Präparation vorgenommen wird. Die Reihenfolge der Lösung gestaltet sich, wie in Abschnitt „Lösung von Adhäsionen“ beschrieben (siehe Abb. 2-39). Nachdem auch die mediastinale Pleura gelöst ist, werden im Bereich der Umschlagsfalten die Hilusgefäßstrukturen dargestellt und die Vene ligiert.

Ist die pleurale Beteiligung auf einen Lappen begrenzt, so wird die Lappenfissur eröffnet, und die Segmentarterien werden typisch versorgt. Zuletzt wird der Bronchus verschlossen und das Präparat entfernt. Bei bestehenden bronchopleuralen Fisteln ergibt sich durch operative Manipulation die Gefahr der Aspiration von Eiter auf die gesunde Seite. Bei solchen Patienten ist die Doppellumenintubation mit der Möglichkeit der endobronchialen Abblockung obligat.

Beachte:

Wurde die Doppellumenintubation versäumt, muß nach Lösung der Lunge als erstes der Hauptbronchus dargestellt und vorübergehend abgeklemmt werden. Erst dann dürfen die Gefäßstrukturen präpariert und versorgt werden.

Bei septischen Prozessen des Unterlappens ist zur Exstirpation des Empyemsackes im Sinus phrenicocostalis meist ein zweiter Interkostalschnitt 2 bis 3 ICR tiefer erforderlich (siehe Abb. 2-40). Auf die Reihenfolge der Lösung (siehe Abschnitt „Lösung von Adhäsionen“) soll noch einmal hingewiesen werden, da bei dem Versuch, von dorsal her den Sinus phrenicocostalis zu lösen, die Gefahr besteht, in der Schicht der Fascia endothoracica die Bauchhöhle zu eröffnen.

Cave

Eröffnung der Bauchhöhle bei Präparation in der falschen Schicht.

Um die Ausbildung einer kranialen Resthöhle zu vermeiden, muß die Restlunge in ihrer gesamten Ausdehnung mobilisiert und feindekortiziert werden. Wenn es bei der Operation zur Öffnung der Empyemhöhle und zu einer Kontamination der Pleurahöhle mit Eiter gekommen ist, droht bei kleiner Restlunge ein Resthöhlenempyem. In solchen Fällen ist es ratsam, lieber primär eine Deckplastik zu machen.

Über der zu erwartenden Resthöhle werden die Rippen aus dem Periost herausgelöst und reseziert. Das verbleibende Thoraxwandgewebe sinkt von kranial so weit ein, daß der Thoraxinnenraum derart verkleinert wird, daß ihn die Restlunge wieder ausfüllen kann. Die Pleurahöhle wird durch eine obere und untere Drainage drainiert, während eine 3. Drainage über die Interkostalmuskel-Periostschicht gelegt wird. Die Thoraxdrainagen werden in der postoperativen Phase langsam zurückgezogen.

Pleuropneumonektomie

Diese Operation ist erforderlich bei entzündlichen Erkrankungen, welche zu einer Zerstörung des Lungenparenchyms geführt haben (destroyed lung). Durch extrapleurales Vorgehen werden als erstes der gesamte Oberlappen und die mediastinale Pleura gelöst, so daß Pulmonalarterie und obere Vene dargestellt werden können. Hiernach erfolgt die Lösung des Unterlappens vom Perikard und von der dorsalen Thoraxwand, bis die Unterlappenvene zur Darstellung kommt (siehe Abb. 2-39). Nachdem die großen Gefäße und der Bronchus verschlossen sind und das Präparat abgesetzt ist, wird als letzter Schritt der Operation der Empyemsack aus dem Sinus phrenicocostalis mobilisiert, wobei ein dezenter Zug am Operationspräparat nach kranial die Präparation erleichtert. Auch hier ist oft eine 2. Thorakotomie 2 ICR tiefer erforderlich (siehe Abb. 2-40).

Kommt es bei der Operation zur Eröffnung des Empyemsackes und zum Austritt von Eiter, so muß die Höhle nach Beendigung des Eingriffs gründlich mit Betaisodona® gespült werden. Je nach Keimspektrum ist es sinnvoll, die Spülung postoperativ über 2 liegende Thoraxdrainagen fortzusetzen. Wir spülen alle 12 Stunden mit 1000 ml physiologischer Kochsalzlösung unter Zusatz von Betaisodona®. Während der Spülung ändert der Patient seine Lage im Bett wie bei der „Rollkur“. In der frühen postoperativen Phase ist eine parenterale resistenzgerechte Antibiotikatherapie erforderlich. Eine lokale Beimengung von Antibiotikum in die Spülflüssigkeit scheint beim frischen Empyem ebenfalls sinnvoll zu sein.

Beachte:

Die Drainagen dürfen erst entfernt werden, wenn in 3 aufeinanderfolgenden Kulturen im Abstand von mindestens je 3 Tagen keine Keime mehr gezüchtet werden können.

Nachresektionen

Einer konservativen Therapie unzugängliche Krankheitsrezidive der Restlunge können Anlaß sein für die Nachresektion des betroffenen Lungenabschnittes. Früher ergab sich die Indikation zu Nachresektionen vor allem nach Exazerbation von zurückgelassenen tuberkulösen Herden. Diese Komplikation läßt sich durch konsequente chemotherapeutische Nachbehandlung vermeiden. Nachresektionen nach Bronchiektasenoperationen lassen sich durch gründliche präoperative Abklärung mit Messung der mukoziliären Clearance und Bronchographie und somit exakter Indikationsstellung vermeiden. Heutzutage hingegen ist die *Indikation zu Nachresektionen* hauptsächlich nach Karzinomoperationen gegeben, sei es wegen eines Karzinomrezidivs oder wegen eines Zweitkarzinoms. Am häufigsten sind Zweit- und Mehrfacheingriffe an der Lunge im Rahmen der Metastasen-chirurgie erforderlich.

Nachresektionen sind meist technisch schwierig, da sich durch die vorangegangenen Operationen kein freier Pleuraspalt mehr findet. Oft bestehen am Mediastinum derbe Schwielen, welche eine Präparation der Gefäße erschweren.

Um die besonders starken und derben Verwachsungen der Lunge im ehemaligen Thorakotomiebereich zu umgehen, empfiehlt es sich, den Thorax einen ICR höher oder tiefer zu eröffnen, da man hier eine intakte Pleura parietalis vorfindet, welche das Auffinden einer Präparationsschicht erleichtert. Bei völlig verlötetem Pleuraspalt löst man die Lunge am besten extrapleural. Nach vollständiger Mobilisierung der Lunge ist als erstes die Pulmonalarterie darzustellen und mit einem Tourniquet zu sichern. Bereitet die Präparation Schwierigkeiten, so ist die intraperikardiale Darstellung der Arterie anzuraten.

Beachte:

Erst wenn der Pulmonalarterienstamm gesichert ist, wende man sich der Präparation der peripheren Segmentarterien zu. Ist eine Restpneumonektomie geplant, empfiehlt es sich, bei aseptischen Operationen von vornherein die großen Gefäße intraperikardial abzusetzen.

Reinterventionen wegen früher postoperativer Komplikationen

Reintervention wegen Nachblutung

Nachblutungen in der Lungenchirurgie sind nicht mit letzter Sicherheit zu vermeiden. Bei gewissenhafter Versorgung der großen Gefäße sind Nachblutungen aus ihnen allerdings sehr selten. Kommt es dennoch zu Blutungen aus dem Pulmonalarterienstamm, so führt der Blutverlust in wenigen Minuten zum Tod. Reinterventionen sind, wenn überhaupt, nur am Krankenbett notfallmäßig erfolgversprechend.

Die häufigste Quelle für Nachblutungen sind Blutungen aus der Thoraxwand, vor allem nach Pleurektomien und Dekortikationen. Hierbei werden zahllose kleinste Arterien eröffnet, die von der Brustwand in die Verwachsungen eintreten. Bei der Lösung der Schwiele bilden diese Gefäße multiple spritzende Blutpunkte. Intraoperativ können sich die Gefäße durch einen Spasmus verschließen, so daß sie nicht identifiziert werden können. 1 bis 2 Stunden später, wenn sich die Arterien wieder eröffnen, setzt die Nachblutung ein.

Beachte:

Bei der Operation empfiehlt es sich, zur besseren Identifizierung dieser Gefäße vor dem Thoraxverschluß die Thoraxwand mit heißen Kompressen abzutupfen, da sich hierdurch der Gefäßspasmus löst und die Blutungsquelle sichtbar wird.

Die Blutstillung sollte möglichst nicht durch Koagulationen vorgenommen werden, da die Koagel durch die sich bewegende Lungen-

oberfläche abgerieben werden können. Besser sind Durchstechungsligaturen. Relativ häufig entsteht eine Nachblutung, wenn die Bronchialarterie nicht isoliert durchstochen wurde. Die Arterie begleitet den Bronchus und wird mit der Klammernaht beim Absetzen des Stumpfes ebenfalls verschlossen. Beim Husten kann sie sich aus der Nahtreihe zurückziehen und verursacht dann Nachblutungen, die einer Rethorakotomie bedürfen.

Auf die exakte Kontrolle des Blutverlustes über die Thoraxdrainage in der frühen postoperativen Phase ist besonders zu achten. Bei Blutverlusten von mehr als 900 ml Blut innerhalb der ersten 6 Stunden ist mit der Rethorakotomie nicht zu zögern. Weiteres Zuwarten verschlechtert nur die Ausgangssituation. Um die Nachblutungen beurteilen zu können, ist die Pflege der Drainage auf Durchgängigkeit ganz wichtig, da sich sonst das Blut im Thorax als Koagel sammelt und zu Kompressionserscheinungen auf Restlunge, Herz und Gefäße führen kann.

Cave

Thorakale Blutungen können sich nie tamponieren, vielmehr führen sie zu Verdrängungserscheinungen.

Die Rethorakotomie muß unter entsprechender Volumensubstitution durchgeführt werden. Der Zugang erfolgt über die alte Thorakotomiewunde. Nach Ausräumen der Koagel mit der Hand wird nach einer größeren Blutungsquelle gesucht, die – wenn vorhanden – sofort digital zu komprimieren ist, bis die nötige Übersicht gewonnen ist. Bei diffusen Blutungen hat sich die Blutstillung durch Aufkleben von Kollagenvlies mit Fibrinkleber bewährt. Da der intrathorakale Blutkuchen durch seine hyperfibrinolytische Eigenschaft ein Sistieren der Blutung verhindert, reicht bei diffusen Blutungen oft auch das Entfernen der Koagel, um die Blutung zum Sistieren zu bringen. Bei größeren Blutverlusten sind Gerinnungsprobleme zu erwarten, so daß die Substitution von Frischplasma erforderlich wird.

Reintervention wegen akuter Bronchusstumpfsuffizienz

Nach Segmentresektion

Insuffizienzen des Bronchusstumpfes nach Segmentresektion sind selten, da der Stumpf durch das umgebende Lungengewebe reichlich abgedeckt ist. Sie bedürfen, wenn sie dennoch auftreten, meistens keiner Rethorakotomie. Die Resthöhle wird drainiert und verkleinert sich unter Saugung sehr rasch, da die Restlunge den Raum genügend ausfüllt. Sollte dennoch eine sterile Resthöhle verbleiben, so wird sie über die liegende Drainage mit Fibrinkleber und eventuell Eigenblut aufgefüllt, womit es zum sicheren Fistelverschluß kommt.

Nach Lappenresektion

Kommt es in der frühen postoperativen Phase zu einer Insuffizienz des Lappenbronchus, richtet sich die Indikation zur Rethorakotomie nach der Größe des Lecks.

Zeichen einer Insuffizienz sind zunehmende Luftverluste über die Drainage oder aber das Abhusten von reichlich blutigem oder wäßrigem Sekret, das aus der Pleurahöhle über die Stumpfsuffizienz in das Bronchialsystem drainiert. Durch die sofort angezeigte Bronchoskopie läßt sich das Ausmaß des Lecks ersehen und die Indikation zur Rethorakotomie stellen. Während kleinere Fisteln sich nach verlängerter Drainagezeit meistens verschließen, ist eine vollständige Stumpfsuffizienz immer eine Indikation zur Rethorakotomie. Die Maßnahmen sind unverzüglich erforderlich, da bei Zuwarten mit einer massiven Infektion der Resthöhle zu rechnen ist, wodurch die Sicherheit jeder Sekundärnaht gefährdet wird.

Der Eingriff wird in Doppellumentubation vorgenommen, so daß eine Aspiration des Höhleninhaltes auf die gesunde Lungenseite vermieden wird. Der Zugang erfolgt im ehemaligen Thorakotomiebereich.

Sofern der Bronchusstumpf nicht vollständig nekrotisch und noch genügend lang ist, soll die Sekundärnaht angestrebt werden. Der Bronchusstumpf wird nachreseziert, bis die Schnittfläche gut durchblutet ist.

Danach erfolgt die Naht entweder mit der Nahtmaschine oder aber mit resorbierbaren Polyglactin-Einzelknopfnähten.

Zur Sicherung der Naht und zur besseren Durchblutung des Stumpfes wird ein Muskelpleuralappen aus der Interkostalmuskulatur mit Interkostalgefäßen präpariert. Hierzu wird die kaudal der Thorakotomie gelegene Rippe deperiostiert und ihr dorsaler Anteil reseziert. Hierdurch wird eine Verletzung der an ihrem Unterrand verlaufenden Interkostalgefäße vermieden. Am Oberrand der nächst unteren Rippe trennt man die Muskulatur scharf ab (Abb. 2-155). Der Muskellappen wird in genügender Länge nach dorsal gestielt und mit 1 ml Fibrinkleber auf den Bronchusstumpf geklebt. Zusätzlich wird er mit 4 Nähten allseits fixiert.

Ist eine Sekundärnaht nicht möglich, da der Bronchusstumpf zu kurz oder vollständig nekrotisch ist, bleibt nur die Möglichkeit, in der nächst höheren Ebene den Bronchus nachzuresezieren, was in der Regel eine Pneumonektomie bedeutet. Auch dann muß der Bronchusstumpf mit einem Interkostalmuskellappen bedeckt werden.

Eventuell kann auch eine Manschettenresektion erwogen werden, sofern sich der nekrotische Stumpf als Manschette am gut durchbluteten Hauptbronchus resezieren läßt. Eine Sicherung der Anastomose mit einem Muskellappen halten wir in diesem Fall ebenfalls für erforderlich. Dieses Vorgehen ist immer sinnvoll, wenn man hierdurch die Pneumonektomie vermeiden kann, da die Pneumonektomiehöhle bei einer Nachresektion nach Bronchusstumpfsuffizienz immer als empyemgefährdet anzusehen ist.

Vor dem Thoraxverschluß ist ein Abstrich auf Bakterien aus der Umgebung des insuffizierten Stumpfes zu entnehmen. Anschließend muß die Thoraxhöhle gründlich mit z. B. Betaisodona®-Lösung, 1:2 mit Kochsalzlösung verdünnt, gespült werden. Eine resistenzgerechte parenterale postoperative antibiotische Behandlung ist unbedingt erforderlich. Ebenso muß die Pleurahöhle länger als üblich postoperativ drainiert werden. War eine Pneumonektomie erforderlich, ist die frühe postoperative Spülbehandlung der Pneumonektomiehöhle angezeigt (siehe Abschnitt „Pleuropneumonektomie“).

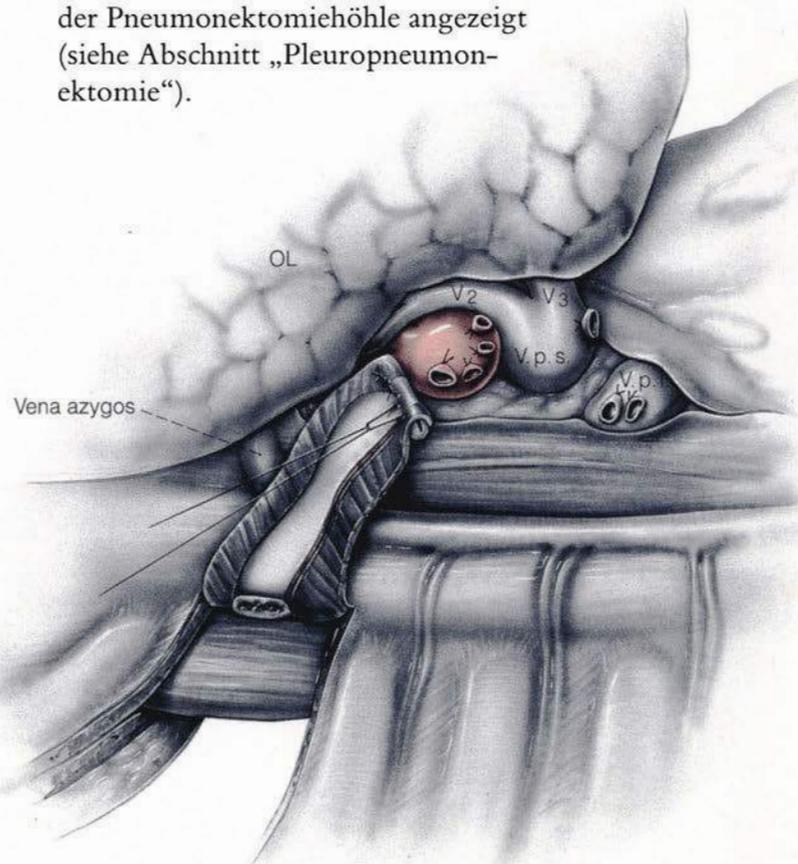


Abb. 2-155 Sicherung einer Sekundärnaht nach Bronchusstumpfsuffizienz mittels eines gestielten Interkostalmuskellappens. Situation nach unterer Bildektomie rechts.

Nach Pneumonektomie

Eine Bronchusstumpfsuffizienz nach Pneumonektomie ist, unabhängig von der Größe der Fistel, immer eine Indikation zur Rethorakotomie, da auch eine kleine Bronchusfistel innerhalb kurzer Zeit ein Empyem der Pneumonektomiehöhle zur Folge hat. Die Bronchusfistel läßt sich durch die sogenannte *Fistelprobe* diagnostizieren: Legt man den Patienten auf die gesunde Seite, tritt das Sekret aus der zu diesem Zeitpunkt nicht mehr drainierten Pneumonektomiehöhle über die Fistel auf die kontralaterale Seite über, was bei dem Patienten einen Hustenreiz provoziert. Die Bronchoskopie zeigt das Ausmaß der Insuffizienz. Das operative Procedere gestaltet sich wie in Abschnitt „Stumpfsuffizienz nach Lappenresektion“ beschrieben.

Nach Anfrischen der Absetzungs-ränder des Bronchusstumpfes erfolgt die Naht. Eventuell muß die Trachea tangential abgenäht werden. Hier ist die maschinelle Naht, wenn technisch möglich, immer anzustreben (Abb. 2-156).

Eine Sicherung der erneut insuffizienzgefährdeten Sekundärnaht mit einem gestielten Interkostalmuskellappen ist unbedingt erforderlich. Wir selbst haben gute Erfahrungen mit der Sicherung des sekundär genähten Bronchusstumpfes nach Pneumonektomie mit gestieltem Omentum majus (siehe auch Band III, Kapitel 7). Hatte der Patient keine abdominellen Voroperationen, kann man das große Netz durch eine Inzision des Zwerchfelles aus dem Abdomen hervorziehen und in die Thoraxhöhle stielen. Sind aufgrund vorangegangener Laparotomien größere Verwachsungen zu erwarten, ist die Mobilisierung des großen Netzes durch eine kleine Laparotomie sicherer. Das Verfahren sollte nicht bei manifestem Pleuraempyem durchgeführt werden. Selbstverständlich sind die in Abschnitt „Stumpfsuffizienz nach Lappenresektion“ beschriebenen Maßnahmen, wie bakteriologischer Abstrich, intraoperative Spülung mit z. B. Betaisodona®-Lösung, parenterale antibiotische Behandlung sowie postoperative Spülbehandlung der Pneumonektomiehöhle, bei Bakteriennachweis zu beachten.

Reintervention wegen Bronchusanastomoseninsuffizienz

Kommt es nach Manschettenresektionen zu einer Nahtinsuffizienz, ist die Indikation zur Rethorakotomie ebenfalls rasch zu stellen. Eine Nachresektion und Reanastomosierung ist wegen des meist vorhandenen Nahtabszesses nicht sinnvoll. Zu empfehlen ist deshalb die Resektion in der nächsthöheren Ebene, was oft eine Pneumonektomie bedeutet. Die vorher beschriebenen Maßnahmen sind zu beachten.



Abb. 2-156 Tangentiale Nachresektion der Trachea bei Bronchusstumpffistel nach rechtsseitiger Pneumonektomie.

Reintervention wegen Parenchymfisteln

Parenchymfisteln sind in der Regel keine Indikation zur Rethorakotomie. Kurzzeitige Erhöhung des Sogs auf -50 cm bis -100 cm Wassersäule führt in der Regel zu einer Ausdehnung der Restlung. Damit wird ein wesentliches Behandlungsziel erreicht, nämlich die Obliteration des Pleuraspaltes, so daß die Luft aus der Parenchymfistel nur noch über die dem Parenchymleck benachbarte Drainage abgeleitet wird. Durch Zurückziehen dieser Drainage kommt es dann zum spontanen Verschuß der Fistel. Hierzu ist es erforderlich, den Sog zu erniedrigen. Man sollte dann auf eine kontinuierliche Saugung verzichten und die Luft lediglich über eine Büblau-Flasche mit Wasserschloß ableiten. Hierdurch wird ein Verkleben der Fistel mit Exsudat erleichtert. Bei weiterhin persistierender Fistel muß unter Bildwandlerkontrolle eine weitere, möglichst dünne Drainage (Charrière 16 bis 18) gelegt werden. Hierzu wird die fistelnde Drainage für 2 Stunden abgeklemmt. Dort, wo sich dann ein Pneumothorax ausbildet, ist die neue Drainage zu plazieren. Zeigt der Luftverlust über der Fistel zunehmende Tendenz, ist allerdings die Rethorakotomie mit Übernähung des Luftlecks oft unvermeidlich.

Eine weitere Möglichkeit des Fistelverschlusses bietet die endoskopische Fistelverklebung. Hierzu wird der fistelnde Subsegmentbronchus mittels eines über das Bronchoskop eingeführten und aufgeblasenen Fogarty-Katheters lokalisiert. Danach erfolgt die endobronchiale Fibrinverklebung über einen doppelumigen Spezialkatheter. Strenge Regeln, wie im Einzelfall zu verfahren ist, gibt es nicht. Man muß entsprechend eigener Erfahrung der Situation angepaßt handeln.

Pleuraempyem nach Pneumonektomie

Ohne Bronchusfistel

Die Pneumonektomiehöhle füllt sich postoperativ allmählich mit seröser Flüssigkeit. Sie stellt einen idealen Nährboden für Bakterien dar, wenn es bei der Operation zur Kontamination des Wundgebietes gekommen ist. Kommt es nach einer Pneumonektomie zu Temperaturerhöhungen, muß eine Probepunktion der Höhle durchgeführt werden. Lassen sich im Punktat Bakterien nachweisen, muß die Höhle unverzüglich durch Drainage entlastet werden. Das erste Ziel ist es, den Bronchusstumpf trocken-zulegen, um eine sekundäre Insuffizienz durch das infizierte Sekret zu verhindern. Eine gezielte, parenterale antibiotische Behandlung ist auf jeden Fall erforderlich. Nach Legen einer zweiten Drainage ist eine „Durchlaufspülung“ 2mal täglich mit je 1000 ml Kochsalzlösung unter Zusatz von Betaisodona®-Lösung im Verhältnis 1:50 durchzuführen. Unter dieser Behandlung kann eine Sterilisierung der Höhle erreicht werden. Erst wenn mindestens 3 bakterielle Kulturen kein Bakterienwachstum zeigen, dürfen die Drainagen entfernt werden.

Wird das Empyem chronisch, so muß die Pleurahöhle dauernd drainiert werden, wobei sich das Einlegen eines Blasenkatheters, der durch den aufgeblasenen Ballon selbst in seiner Position verbleibt, bewährt hat. Die Patienten müssen je nach eitriger Sekretion alle 2 bis 3 Tage ambulant gespült werden. Die Katheter sind von Zeit zu Zeit zu wechseln.

Besser ist es, die Pleurahöhle durch ein Thoraxfenster zu eröffnen (siehe Abschnitt „Anlage eines Thoraxfensters zur Tamponade“). Durch tägliche Tamponadebehandlung kommt es zur Reinigung und Schrumpfung der Höhle. Nach 6 bis 9 Monaten wird durch eine Hellersche Jalousieplastik die Empyemhöhle zum Verschwinden gebracht (siehe Abschnitt „Jalousieplastik nach Heller“).

Mit Bronchusfistel

Bronchusfisteln nach Pneumonektomie können auch sehr spät auftreten. Stehen die Infektion der Pleurahöhle und das septische Krankheitsbild des Patienten im Vordergrund, ist eine Rethorakotomie nicht möglich. Die Pleurahöhle muß sofort entleert und dann mittels doppelter Drainage gespült werden. Zusätzlich muß eine systemische antibiotische Behandlung erfolgen. Unter dieser Therapie können sich kleine Fisteln verschließen. Die weitere Behandlung erfolgt dann wie bereits beschrieben (siehe Abschnitt „Pleuraempyem nach Pneumonektomie ohne Bronchusfistel“).

Handelt es sich jedoch um große Fisteln, so ist eine ausreichende Dauerspülbehandlung nur schwer durchzuführen. Die Patienten sind durch Aspiration von Höhleninhalt auf die gesunde Lunge gefährdet; zudem fühlen sie sich durch die Schläuche langfristig stark beeinträchtigt. Hier ist die Thoraxfensterung mit anschließender Tamponadebehandlung vorzuziehen. Diese Behandlung kann durchaus als Dauerbehandlung bei Patienten mit nicht kurativ resezierten Karzinomen angesehen werden.

Bei Patienten mit kurativ reseziertem Bronchialkarzinom schließt sich die Thorakoplastik an, sobald die Höhle gereinigt und genügend geschrumpft ist.

Eine weitere Möglichkeit des Fistelverschlusses bietet die transsternale, transpericardiale Nachresektion des Hauptbronchusstumpfes. Hierbei wird die infizierte Höhle nicht eröffnet. Das Pleuraempyem wird durch Spülung behandelt (siehe Abschnitt „Pleuraempyem nach Pneumonektomie ohne Bronchusfistel“).

Resthöhle nach Lobektomie

Sterile Resthöhle ohne Bronchusfistel

Vor allem nach Oberlappenresektion können Resthöhlen verbleiben. Sie füllen sich mit Sekret und verkleinern sich in der Folgezeit durch Fibrosierung des Höhleninhaltes und Ausdehnung der Restlunge, so daß nach 4 bis 6 Monaten die Resthöhle völlig verschwunden sein kann und lediglich eine ausgedehnte Kuppelschwiele verbleibt.

Infizierte Resthöhle ohne Bronchusfistel

Ist die Resthöhle infiziert, so muß eine intensive Spülbehandlung durchgeführt werden, wobei der Spülflüssigkeit lokale Antiseptika, wie z. B. Betaisodona® 1:50 verdünnt, hinzugefügt werden sollen. Ziel der Spülbehandlung ist es, eine Reinigung und Verkleinerung der Höhle durch Schrumpfung zu erreichen. Die Spülbehandlung ist so lange fortzusetzen, bis keine Schrumpfungstendenz der Höhle mehr zu beobachten ist. Oftmals gelingt es hierdurch, diese so weit zu verkleinern, daß sich der Drainageschlauch schließlich spontan abstößt und damit die Behandlung endet. Bei persistierender Resthöhle ist eine abschließende Thorakoplastik nach Heller erforderlich, eventuell kombiniert mit einer Muskellappenplastik.

Infizierte Resthöhle mit Bronchusfistel

Im Vordergrund der Behandlung steht die Beherrschung der Infektion. Hierzu muß der infizierte Höhleninhalt durch eine Drainage entleert werden, worauf rasch die Entfieberung eintritt. Eine konsequente Spülbehandlung ist in der Regel nicht möglich, weil durch den Übertritt der Spülflüssigkeit über die Fistel in das Bronchialsystem heftiger Hustenreiz ausgelöst wird. In solchen Fällen muß die Resthöhle operativ eröffnet und der Patient einer Tamponadebehandlung zugeführt werden.

Anlage eines Thoraxfensters zur Tamponade

Nach genauer röntgenologischer Lokalisation der Höhle wird der Zugang festgelegt. Entscheidend dabei ist die Überlegung, nach welcher Methode später der plastische Verschluss von Resthöhle und Fistel vorgenommen werden soll. Außerdem sollte das Fenster über dem größten Durchmesser der Höhle fistelnah angelegt werden. Bei Pneumonektomiehöhlenempyemen bietet sich ein laterales Thoraxfenster in der mittleren Axillarlinie an.

Vorne gelegene Resthöhlen, wie wir sie nach Oberlappenresektion finden, werden am besten von ventral eröffnet, um sie später durch eine Muskelpломbe aus dem M. pectoralis major und minor nach Kirschner zu verschließen (siehe Abb. 2-167 und 2-168).

Zur Anlage des Thoraxfensters wird im festgelegten Bereich ein etwa 8–10 cm langer Hautschnitt geführt. Die darunter gelegene Muskulatur soll nach Möglichkeit in Faserrichtung gespalten werden, da ihre Erhaltung für die spätere plastische Deckung wichtig ist (Abb. 2-157). Die richtige Lage des Zuganges wird hiernach durch Punktion der Höhle kontrolliert. Ihr Auffinden erleichtert man sich, indem man sie vor Beginn des Eingriffes durch Instillation von Brillantblau über die liegende Thoraxdrainage färbt. Jetzt werden mindestens 2 Rippen reseziert. In einer Länge von etwa 8 cm wird das

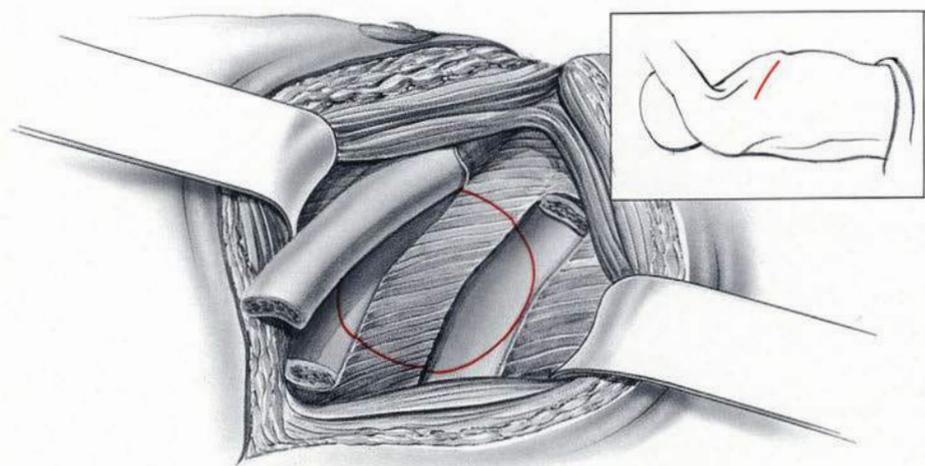


Abb. 2-157 Anlage eines Thoraxfensters. Eine Rippe ist reseziert, die 2. Rippe ist deperiostiert und dorsal durchtrennt.

Periost mit dem elektrischen Messer inzidiert und die Rippe nach kranial und nach kaudal mit dem Raspatorium deperiostiert (Abb. 2-157). Anschließend schiebt man die am Periost inserierende Interkostalmuskulatur gegen ihren Verlauf mit dem Raspatorium in ihrer ganzen Länge vom Ober- und Unterrand der Rippe ab. Mit dem Raspatorium nach Doyen wird nun das Periost der Innenseite der Rippe abgelöst und die Rippe mit der Rippenschere reseziert. Man eröffnet die Höhle im Bett der resezierten Rippen und exzidiert das parietale Schwielenewebe so weit, daß eine ovale Öffnung von etwa 5×7 cm Durchmesser entsteht (Abb. 2-158). Mit dem scharfen Löffel wird die Höhle kürettiert und von nekrotischem und entzündlichem Granulationsgewebe befreit. Die Hautränder werden mit nichtresorbierbarem Nahtmaterial in die Tiefe des entstandenen Trichters versenkt, indem sie mit durchgreifenden Nähten an der Schwielenwand fixiert werden. Hierdurch wird die Muskulatur, welche die Trichterwand bildet, mit Haut bedeckt, so daß eine postoperative Wundphlegmone vermieden wird (Abb. 2-159).

Die Höhle wird mit einer Mikulicz-Tamponade ausgefüllt. Eine entfaltete Gaze-Kompresse wird so in den Trichter verbracht, daß die Höhle von ihr vollständig ausgekleidet ist, während die Ränder der Gaze aus dem Trichter herausragen. In diese ausgebreitete Gaze tamponiert man so viele ausgezogene Mullkompressen, bis die Höhle und der Trichter des Thoraxfensters vollständig ausgefüllt sind.

Der erste Wechsel dieser Tamponade wird vorgenommen, wenn sie reichlich von Wundsekret durchtränkt ist. Der Zeitpunkt des ersten Tamponadewechsels wird in der Regel durch Eitergeruch etwa nach 4 Tagen bestimmt.

Die Kompressen werden jetzt einzeln mit der Pinzette entfernt, wobei die vorher ausgebreitete Tamponade-Gaze das Herausziehen der Kompressen erleichtert. Von jetzt an wechselt man die Tamponade täglich. Hierzu verwendet man aufgerollte spezielle Mullgazestreifen, welche in einer Länge von etwa 1 m

angefertigt werden. Diese Tamponadepflegebehandlung wird so lange fortgesetzt, bis keine Schrumpfungstendenz seitens der Höhle mehr festzustellen ist. Die Häufigkeit des Tamponadewechsels richtet sich nach der Aktivität der Infektion in der Höhle.

Schrumpft der Zugang der Höhle vorzeitig, so daß Schwierigkeiten bei der Tamponade der Höhle entstehen, muß die Öffnung durch Aufdehnen wieder erweitert werden. Eine Schrumpfung des Zuganges wird durch Einsetzen eines kurzen, großkalibrigen Gummischlauches in den

Tamponadekanal verhindert. Der Tamponadestreifen wird durch das Lumen des Schlauches herausgeleitet und dieser mit einer Sicherheitsnadel gesichert.

Es handelt sich insgesamt um eine langwierige Behandlung, welche große Anforderungen an die Geduld des Patienten und des Pflegepersonals stellt, die in der Regel jedoch immer zu einer deutlichen Verkleinerung der Höhle und zu einer Reinigung derselben führt, so daß eine abschließende Thorakoplastik ermöglicht wird.

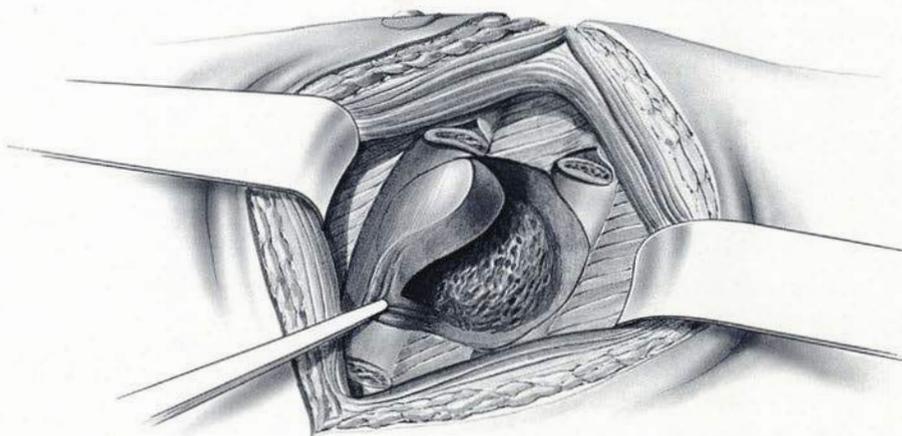


Abb. 2-158 Anlage eines Thoraxfensters. Mit dem elektrischen Messer wird die parietale Schwielen nach Resektion 2er Rippen eröffnet.

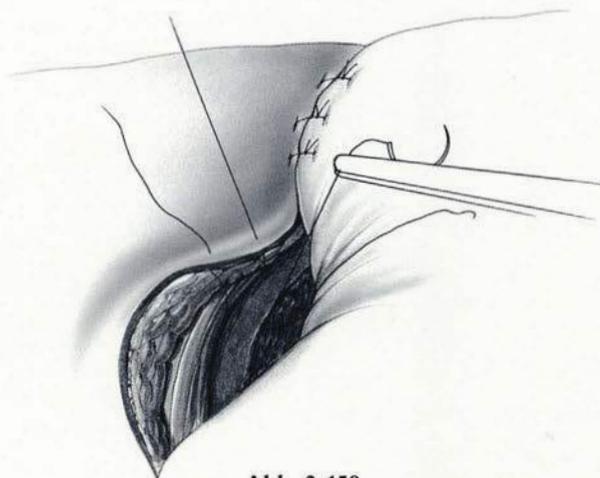


Abb. 2-159 Anlage eines Thoraxfensters. Zum Schutz der Weichteile werden die Hautränder in der Tiefe des Trichters am Schwielenrand fixiert.

Jalousieplastik nach Heller

Als Vorbereitung zur Jalousieplastik nach Heller ist in der Regel die Anlage eines Thoraxfensters mit Tamponadebehandlung oder eine Spüldrainage anzuraten, um eine gründliche Reinigung und Schrumpfung der Höhle zu erreichen. Primär durchgeführte Plastiken ohne vorangegangene Behandlung haben bei infizierten Höhlen eine höhere Mißerfolgsrate. Die Indikation zur Plastik sollte erst dann gestellt werden, wenn die Höhle sich durch fibröse Verdickung der Pleura parietalis, vor allem im Bereich der Thoraxkuppel, soweit verkleinert hat, daß die 1. Rippe erhalten werden kann. Sie hat aus statischen und kosmetischen Gründen große Bedeutung, da auf ihrer nach oben gerichteten Außenfläche sowie an ihrer Oberkante kräftige Halsmuskeln (Mm. scaleni und Pars costalis des M. sternocleidomastoideus) ansetzen. Sie ist zur Fixierung des Schulter-Armgürtels wichtig.

Der Zugang wird durch die alte Thorakotomiewunde gewählt, wobei der Hautschnitt paravertebral etwa 5 cm neben den Dornfortsätzen nach kranial bis in Höhe des 2. BWK verlängert wird. Wurde ein Thoraxfenster angelegt, so muß der Hauttrichter (Abb. 2-160) umschnitten und bis zu seiner Basis exzidiert werden. Hierdurch wird die Muskulatur an der Seite des Trichters frei. Ihre Schichten sind exakt darzustellen. Die im ehemaligen Fensterbereich immer vorhandenen Rippenregenerate müssen aus dem Narbengewebe mit dem Diathermiemesser herauspräpariert werden. Der M. latissimus dorsi und teilweise der M. serratus anterior werden soweit durchtrennt, bis man die Thoraxwand von außen dargestellt hat. Um das Schulterblatt genügend hochklappen zu können, müssen auch Teile des M. rhomboideus und M. trapezius durchtrennt werden (Abb. 2-161).

Jetzt wird das Periost einer Rippe, die sicher im Höhlenbereich liegt, mit dem elektrischen Messer inzidiert. Mit dem stumpfen Raspatorium wird ihre Außenseite in der ganzen Länge

deperiostiert. Danach schiebt man an ihrem kranialen und kaudalen Rand die am Periost inserierende Interkostalmuskulatur mit dem Periost ab, wodurch größere Blutungen vermieden werden. Schließlich wird die Rippe mit dem Raspatorium nach Doyen aus ihrem medialen Periostschlauch herausgelöst (Abb. 2-161) und mit der Brunnerschen Rippen-schere in einer Ausdehnung von etwa 10–15 cm reseziert. Mit der kranial davon gelegenen Rippe ist ebenso zu verfahren.

Hiernach wird die parietale Schwiele durch Längsinzision soweit eröffnet, daß die Emphyemhöhle ausgetastet und das Ausmaß der Rippenresektion festgelegt werden kann.

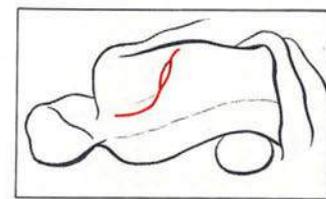


Abb. 2-160 Schnittführung zur Thorakoplastik bei vorheriger Anlage eines Thoraxfensters.

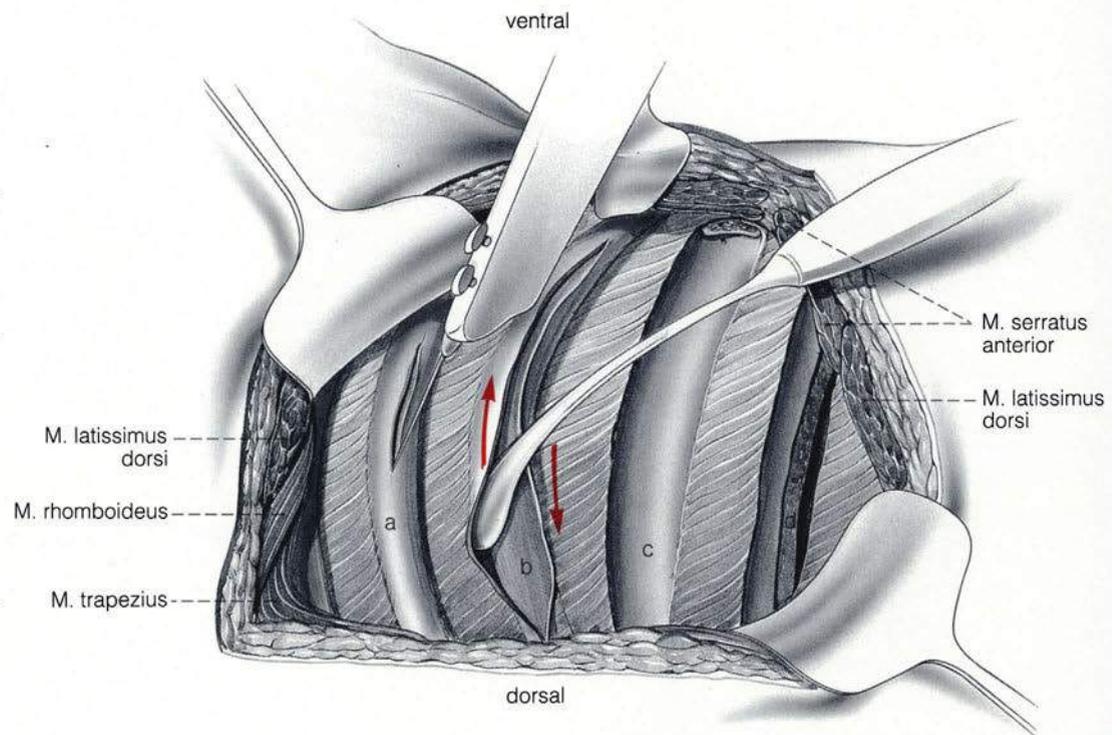
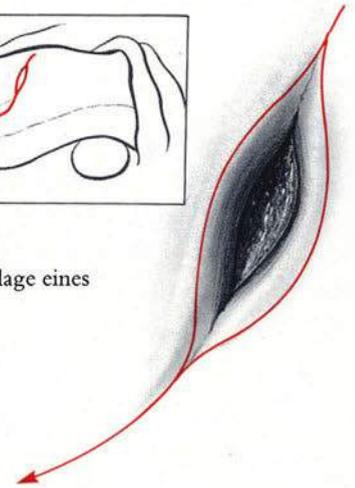


Abb. 2-161 Deckplastik als Jalousieplastik nach Heller. Blick auf die laterale Thoraxwand. M. latissimus dorsi, M. serratus anterior, M. rhomboideus und M. trapezius sind durchtrennt. Die Rippen werden deperiostiert und reseziert. (a = Spalten des Periosts; b = Deperiostierung; c = die Rippe ist entfernt; d = im resezierten Rippenbett ist die Höhle eröffnet)

Die beiden Rippenreste werden nun nach ventral soweit wie nötig reseziert, während sie dorsal im Kostotransversalgelenk zu exartikulieren sind. Hierzu hält man den M. erector trunci mit einem Langenbeck-Haken zur Seite und spaltet das Lig. costotransversale mit dem Meißel (Abb. 2-162). Der dorsale Rippenstummel wird mit der Rippenfaßzange gefaßt und durch drehende Bewegung aus dem Gelenk exartikuliert. Eventuell verbleibende Rippenreste reseziert man mit der Kastenzange nach Luer. Die Querfortsätze müssen erhalten bleiben, um die Statik der Wirbelsäule nicht durch Beseitigung der Ansatzpunkte der kleinen Rückenstrecker zu gefährden. Zahl und Länge der zu resezierenden Rippen richtet sich nach der Größe der darunter gelegenen Höhle.

Um ein gutes Anliegen der mobilisierten Brustwand auf der mediastinalen Fläche der Resthöhle zu erreichen, wird die aus Interkostalmuskulatur, Rippenperiost und Schwiele bestehende innere Brustwand im Bett der entfernten Rippen in ganzer Länge in Streifen geschnitten. Damit die Streifen elastischer werden, kann man auch Teile des zum Höhleninneren gelegenen Schwielengewebes abtragen. Mit dem scharfen Löffel wird die Höhle gründlich kürettiert und von entzündlichem Granulationsgewebe gereinigt. Zusätzlich erfolgt eine ausgiebige Spülung mit Betaisodona®-Lösung.

Besteht eine Bronchusstumpffistel, so muß diese jetzt verschlossen werden. Die Fistel wird aus dem umgebenden Schwielengewebe herauspräpariert, was meist scharf geschehen muß. Auf die in direkter Nachbarschaft zum Stumpf gelegenen Gefäßstümpfe ist zu achten. Ist der Bronchusstumpf in genügender Länge dargestellt, wird die Absetzungsstelle aufgefrischt. Hiernach erfolgt der Fistelverschluß mit resorbierbaren Einzelknopfnähten der Stärke 2-0. Mit den lang gelassenen Fäden näht man den benachbarten Muskel-Perioststreifen auf den Bronchusstumpf auf. Die einzelnen Weichteillappen werden mit resorbierbaren Nähten der Stärke 3-0 auf ihrer Unterlage fixiert. Wir kleben sie

zusätzlich mit Fibrinkleber auf die vorher getrocknete Unterfläche. Nach 5minütiger Kompression wird ein inniger Kontakt zwischen Unterlage und Muskelstreifen hergestellt. Bei Gitterlungen lassen sich auf diese Art die kleinen Parenchymfisteln sehr gut verkleben.

Auf die Muskel-Periost-Weichteilstreifen werden 2 Thoraxdrainagen oder 2 dicke Redon-Drainagen gelegt, welche innerhalb von 10 Tagen sukzessive zurückgezogen werden müssen. Danach adaptiert man die vorher durchtrennte Muskulatur des M. rhomboideus, M. trapezius, M. latissimus dorsi und M. serratus anterior wieder schichtweise. Nach der subkutanen Naht erfolgt die Hautnaht.

Um eine gute Fixierung der Muskelplastik auf ihrer Unterlage zu erreichen, muß bei dem Patienten noch in Narkose ein Kompressionsverband angelegt werden. Pelottenartig geformte und dem Thoraxwanddefekt angepaßte Mullkissen werden durch elastische Pflasterzüge fixiert. Hierbei ist darauf zu achten, daß die Pflasterzüge die gesunde Thoraxseite in ihrer Exkursion nicht beeinträchtigen (Abb. 2-163 und 2-164).

Abb. 2-162
Spalten des kostotransversalen Bandapparates bei der Rippenresektion.

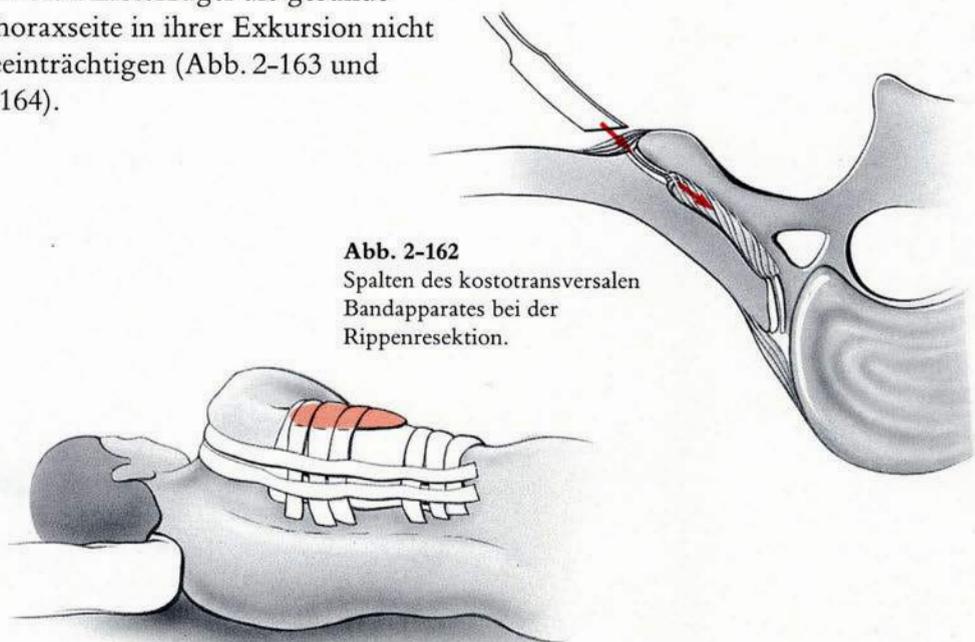


Abb. 2-163 Kompressionsverband nach Thorakoplastik. Ansicht von dorsal.

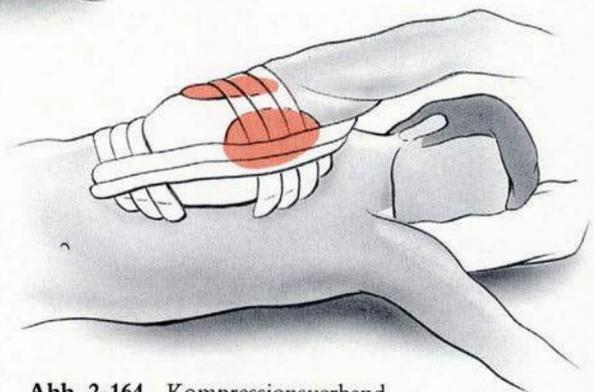


Abb. 2-164 Kompressionsverband nach Thorakoplastik. Ansicht von ventral.

Muskellappenplastik

Verwendung des M. erector trunci

Reicht das aus der Interkostalmuskulatur gewonnene Material nicht aus, um die Höhle zu füllen, kann man ortsständige Muskulatur mobilisieren und in die Höhle einschlagen. Bei dorsalen Empyemhöhlen bietet sich hierzu der M. erector trunci an. Er wird zur Hälfte quer inzidiert und längs gespalten (Abb. 2-165). Sodann schwenkt man den so entstandenen und nach kranial gestielten Muskel- lappen in den Defekt und fixiert ihn mit Nähten (Abb. 2-166).

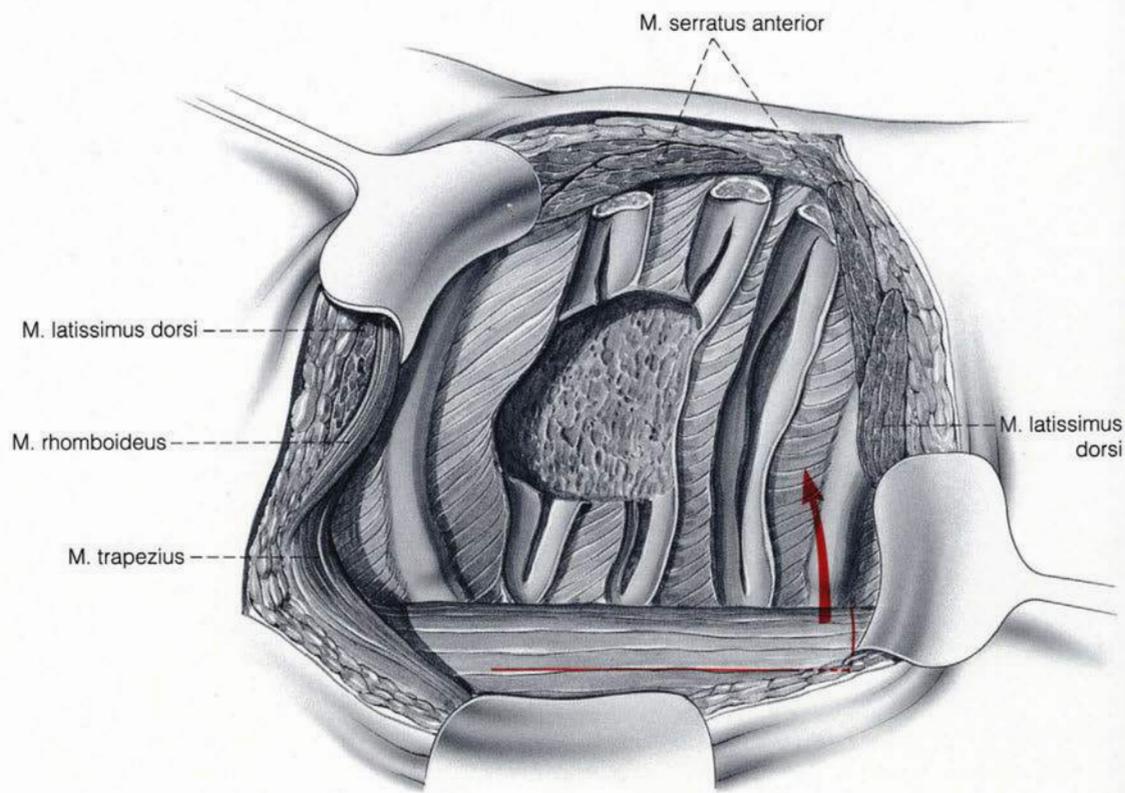


Abb. 2-165 Semizirkuläre Inzision des M. erector trunci und seine Stielung nach kranial.

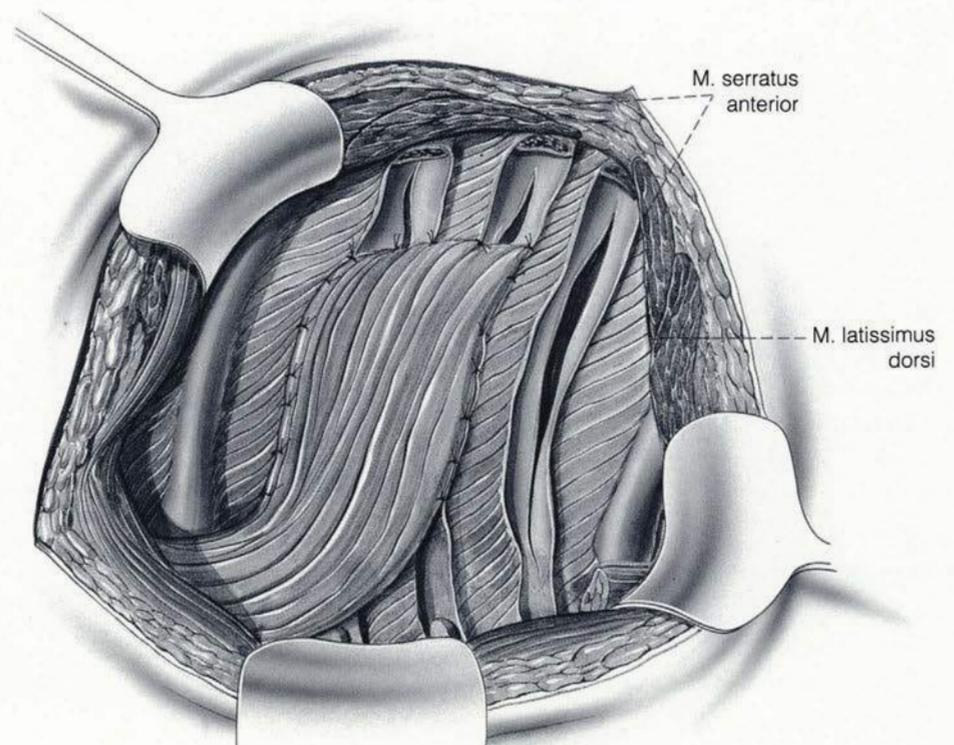


Abb. 2-166 Muskellappenplastik mit einem Teil des gestielten M. erector trunci.

Verwendung der Skapularmuskulatur

Vor allem bei Pneumonektomiehöhlen bietet sich die Verwendung der Skapularmuskulatur an. Hierzu wird die innere und äußere Skapularmuskulatur mit dem Diathermiesmesser vom Knochen abgelöst. Der untere Anteil der Skapula wird mit der Listonschen Schere reseziert. Der M. infraspinatus, M. teres major und M. teres minor sowie der M. subscapularis stehen dann als Muskelplombenmaterial zur Verfügung.

Muskellappenplastik nach Kirschner

Die bei Resektion der ventralen Rippen gewonnenen Muskel-Weichteilstreifen reichen in der Regel nicht aus, um eine kranioventral gelegene Empyemresthöhle zu füllen. Es werden deswegen der M. pectoralis major an seinem Oberarmansatz und der M. pectoralis minor an seinem thorakalen Ansatz reseziert (Abb. 2-167). Durch Einbringen dieser Muskeln in die Resthöhle ist diese immer zum Verschwinden zu bringen (Abb. 2-168).

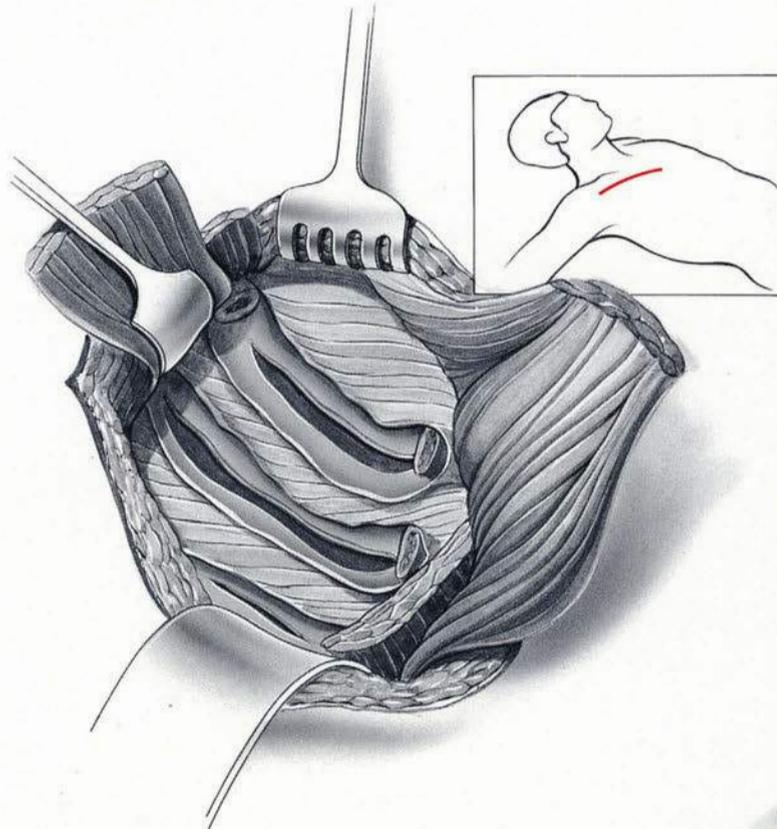


Abb. 2-167 Muskellappenplastik nach Kirschner. Die 1., 2. und 3. Rippe sind im anterolateralen Anteil reseziert. Der M. pectoralis major ist von seinem Ansatzpunkt, der Crista tuberculi majoris humeri, abgetrennt. Der M. pectoralis minor ist an seinem Ursprung an der vorderen Thoraxwand gelöst.

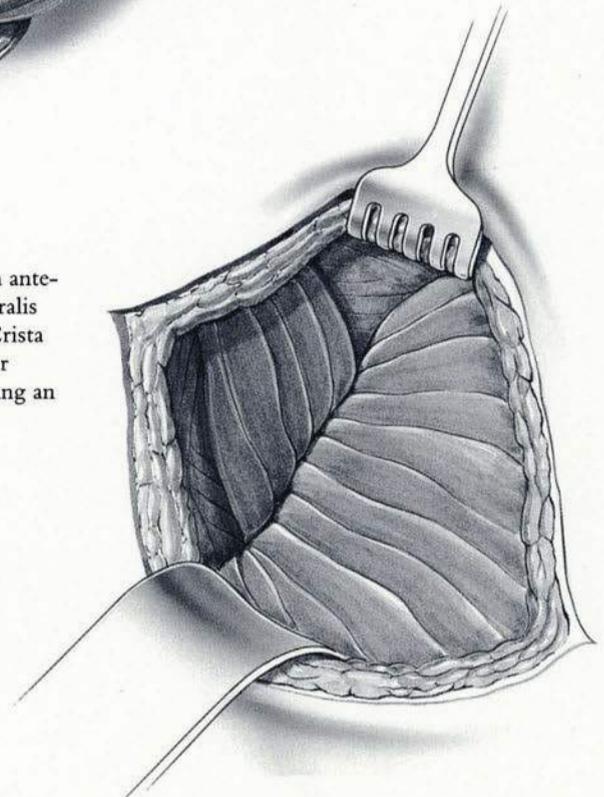


Abb. 2-168 M. pectoralis minor und M. pectoralis major sind in die vorne nach kranial gelegene Resthöhle eingeschlagen.

Operationsverfahren bei speziellen Erkrankungen

Spontanpneumothorax

Das Krankheitsbild des Spontanpneumothorax ist charakterisiert durch einen Luftaustritt in den Pleuraspalt ohne äußere Gewalteinwirkung. Zu diesem Luftaustritt kann es aufgrund des Untergangs von Lungengewebe bei Tumor oder Nekrosen oder durch Platzen von Emphyseblasen beim sogenannten blasigen Syndrom kommen.

Die Erstbehandlung des Spontanpneumothorax besteht in der Drainage und dem Ableiten der Luft über ein Wasserschloß, um die Lunge wieder zur Ausdehnung zu bringen und um einem Spannungspneumothorax vorzubeugen.

Beachte:

Lassen sich im Röntgenbild Emphyseblasen nachweisen, ist die primäre Thorakotomie angebracht, da die alleinige Drainagebehandlung in diesen Fällen meist nicht zum Ziel führt.

Ebenso ist die Operation angezeigt, wenn es trotz Drainage des Pleuraumes, notfalls auch mit Sog, nicht zur Ausdehnung der Lunge kommt (sogenannter persistierender Pneumothorax) oder wenn es nach erfolgreich durchgeführter Drainagebehandlung zu einem Rezidiv kommt.

Die Operation beim Spontanpneumothorax besteht aus zwei Teilen. Das Luftleck bzw. die Ursache des Luftaustritts muß beseitigt werden. Kleinere Emphyseblasen werden endorrhaphiert, indem die Blasen mittels einer Dreipunktnaht in das gesunde Lungengewebe eingeschlagen werden (Abb. 2-169).

Größere Blasen werden an ihrer Basis reseziert und der Parenchymdefekt typisch verschlossen (siehe Abschnitt „Versorgung des Lungenparenchyms“). Multiple Blasen in einem Lungenbereich, meist handelt es sich hierbei um die Lungenspitze, werden mittels Keilresektion entfernt und der Parenchymdefekt vernäht.

Zur Rezidivprophylaxe wird, wie von Gaensler 1956 erstmals beschrieben [10], eine partielle parietale Pleurektomie durchgeführt. Hierzu wird die Pleurakuppel in der Regel vollständig pleurektomiert, während von der vorderen, seitlichen und hinteren Thoraxwand die Pleura in Streifen abgezogen wird. Diese Wundfläche führt dazu, daß die Lunge mit der Thoraxwand verwächst, was in 99,5% der Fälle zur Rezidivfreiheit führt. Bei dieser Operation kann es leicht zu Nachblutungen aus den multipel eröffneten Gefäßen kommen, weswegen eine gründliche Blutstillung erforderlich ist.

Eine Reihe von Autoren führt anstelle der partiellen Pleurektomie lediglich eine mechanische Aufrauhung der Pleura parietalis durch. Wie von Mills [19] angegeben, reicht der mechanische Reiz, welcher durch Abreiben der Pleura parietalis mittels Mullgasetupfern entsteht, aus, um eine Pleurodese zu erzielen.

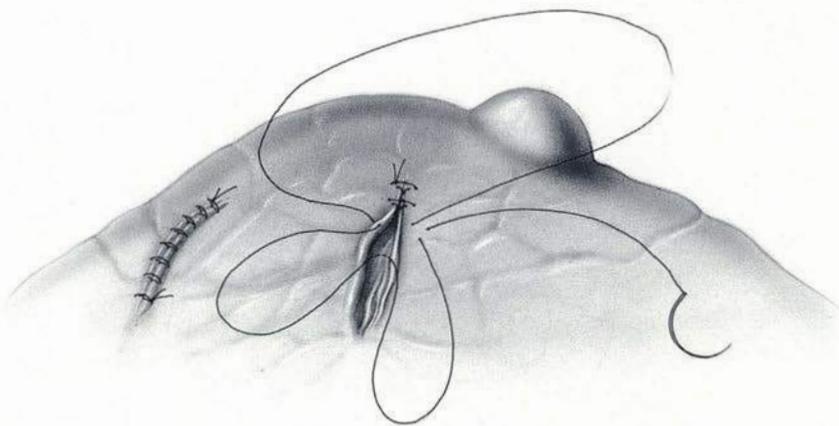


Abb. 2-169 Technik der Endorrhaphie kleiner Emphyseblasen beim Spontanpneumothorax.

Großbullöses Emphysem

Über einen Ventilmechanismus im zuführenden Bronchus können sich Emphysemblasen kontinuierlich vergrößern. Es kommt zu sogenannten Riesenbullae, welche im Extremfalle den gesamten Hemithorax einnehmen können. Diese Spannungsblasen führen zu einer Kompression des übrigen Lungengewebes, was eine progrediente Abnahme der Vitalkapazität nach sich zieht.

Die Operationsindikation ist aufgrund des Beschwerdebildes, des Perfusionsszintigramms, des Computertomogramms und des Ergebnisses der Funktionsuntersuchungen zu stellen. Hierbei gelten folgende Richtlinien:

- Der Patient muß durch seine Dyspnoe stark beeinträchtigt sein.
- Die Bulla muß klar abgrenzbar sein, das umgebende Lung parenchym soll komprimiert sein, und ein diffuses Emphysem sollte möglichst fehlen. Die Bulla sollte die Hälfte bis 2 Drittel des Hemithorax ausfüllen.
- Die Perfusion der betroffenen Seite sollte um 25% gemindert sein.
- Das Residualvolumen und der Quotient aus Residualvolumen und Totalkapazität sollten präoperativ mehr als 170% des Sollwertes betragen.
- Es muß eine prä- und postoperative antiobstruktive Behandlung und Nikotinkarenz gewährleistet sein.

Die Emphysemblasen werden reseziert und der entstandene Parenchymdefekt vernäht. Hierbei ist auf einen sicheren Verschuß der zuführenden Bronchien zu achten. Es hat sich bewährt, die tiefste Parenchymnaht im Sinne einer U-förmigen Blalock-Naht zu legen. Hierbei wird nach dem Ziehharmonika prinzip das Lungengewebe so gerafft, daß alle zuführenden Bronchien sicher verschlossen sind.

Derartige Kompressionsblasen finden sich öfter auch beidseitig, bevorzugt im Bereich der Thoraxkuppel. In solchen Fällen ist die gleichzeitige beidseitige operative

Sanierung mittels Sternotomie angezeigt. Durch die operative Dekompression des funktionstüchtigen Lungengewebes kommt es postoperativ zu einer deutlichen Funktionsverbesserung, die in der frühen postoperativen Phase bereits so groß ist, daß die durch das Operationstrauma bedingte Funktionsbeeinträchtigung bei weitem ausgeglichen wird.

Echinokokkuszysten

Die Operationsindikation bei dieser Erkrankung ist immer gegeben, da medikamentöse Behandlungsversuche erfolglos sind. Serologische Untersuchungen sichern die Diagnose, obwohl in etwa 6% der Fälle die Titer negativ sein können. Während bei infizierten oder in das Parenchym rupturierten Zysten die anatomische Resektion des entsprechenden Lappenabschnittes anzustreben ist, sollten im Regelfalle die Zysten isoliert exstirpiert werden. Bei der operativen Entfernung der Zysten ist unter allen Umständen eine Eröffnung derselben zu vermeiden, um ein Ausschwemmen der Skolizes in die Pleurahöhle zu vermeiden.

Cave

Intraoperative Eröffnung der Echinokokkuszyste.

Das Operationsfeld und die Pleurahöhle sind sicherheitshalber deswegen immer mit Tüchern peinlichst genau abzudecken. Ein Abpunktieren des Zysteninhaltes und das Einbringen von Formalin halten wir nicht für angebracht, da es bei einer Ruptur der Zyste in das Bronchialsystem während der Operation zu einer chemisch induzierten Pneumonie kommt. Außerdem besteht die Gefahr, daß es im Punktionsbereich der Zyste im Verlauf der weiteren Präparation zum Flüssigkeitsaustritt und somit zur Kontamination der Umgebung kommt. Bislang liegen nämlich keine Erkenntnisse vor, ob durch das Einbringen von 2%igem Formalin die Skolizes überhaupt sicher abzutöten sind.

Zur Erläuterung der gängigen Operationsverfahren sei nochmals auf den Aufbau der Echinokokkuszyste hingewiesen (Abb. 2-170). Die innerste Schicht stellt die *Keimschicht* dar, von der die Skolizes gebildet werden. Daran anschließend, kommt die *Kutikula*. Beide Schichten werden vom Parasiten gebildet und deswegen als *Endozyste* bezeichnet. Hingegen besteht die *Adventitia* aus Gewebe, welches als Reaktion auf den Parasiten vom Wirtsorganismus gebildet wird. Man spricht auch von der *Perizyste*.

Zystenenukleation

Bei der sogenannten Zystenenukleation wird die Adventitia mit dem Skalpell inzidiert, bis die weißliche Chitinmembran sichtbar wird. Dabei muß durch zarten Druck auf die Zyste ein forciertes Vorquellen derselben vermieden werden, da es sonst durch ihre Verformung zur Ruptur kommen kann. Wenn die Perizyste in genügender Weite inzidiert ist, hält man einen Behälter (z. B. eine Schöpfkelle) unter die Inzisionsstelle (Abb. 2-171). Durch Steigerung des Beatmungsdruckes durch den Anästhesisten kommt es zum Luftaustritt aus den zarten Bronchusfisteln in der Perizystenwand, so daß sich die Endozyste löst. Sie quillt langsam aus ihrem Bett heraus. Die Perizyste wird jetzt mit dem Kauter oder noch besser mit dem Infrarotkoagulator verschorft, um einen Verschluss der Bronchusfisteln zu erreichen. Eine Raffung der Zyste mittels mehrreihiger Nähte ist sinnvoll.

Perizystektomie nach Perez-Fontana

Wir haben bei Echinokokkuszysten gute Erfahrung mit der von Perez-Fontana [22] angegebenen Methode der Perizystektomie gemacht (Abb. 2-172). Hierbei wird die Echinokokkuszyste mit der vom Wirtsorganismus gebildeten Adventitia entfernt. Die Gefahr, daß es dabei zu einer Perforation der Zyste kommt, ist sehr gering.

Wenn man die richtige Schicht gefunden hat, läßt sich das Lungen-

parenchym teils scharf und teils stumpf abschieben. Dabei werden reichlich Parenchymfisteln eröffnet, welche sich aber mittels Infrarotkoagulator leicht verschließen lassen. Im Gegensatz zur Enukektion, bei der die Perizyste nicht entfernt wird, läßt sich der Parenchymdefekt nach Perizystektomie leicht adaptieren, da die Höhle gut kollabiert. Er wird mittels mehrschichtiger Nähte verschlossen.

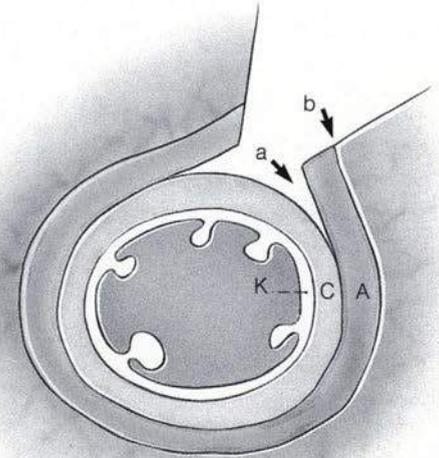


Abb. 2-170 Aufbau einer Echinokokkuszyste. K = Keimschicht; C = Kutikula; A = Adventitia; a = Zystektomie; b = Perizystektomie

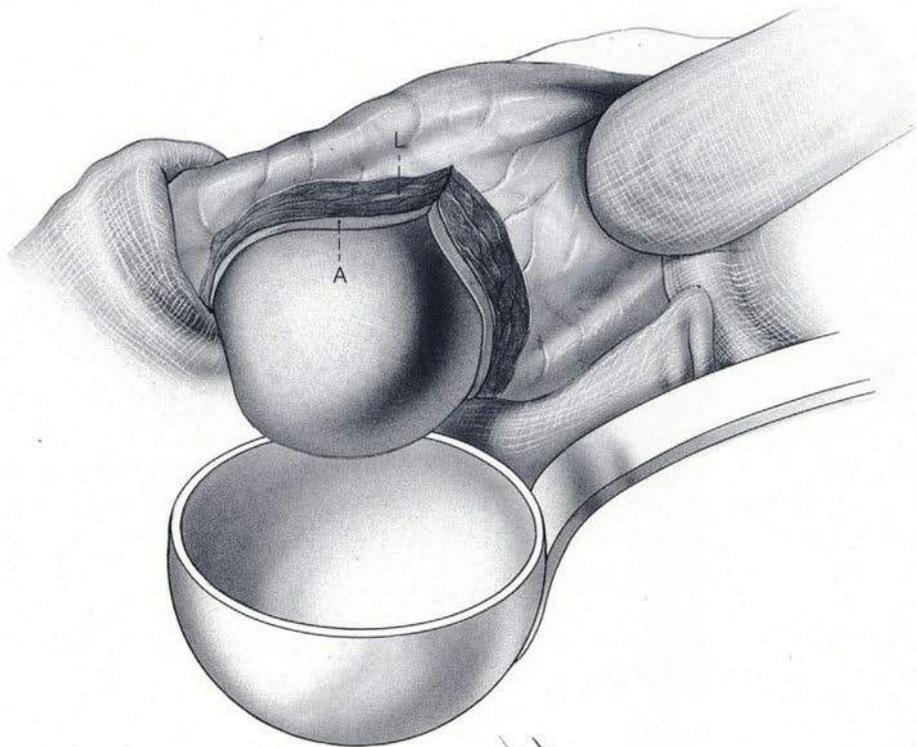


Abb. 2-171 Technik der Enukektion einer Echinokokkuszyste (Zystektomie). A = Adventitia; L = Lungenparenchym

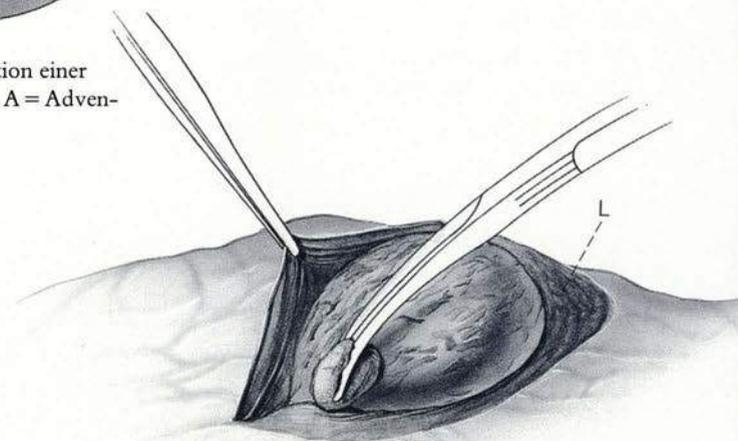


Abb. 2-172 Technik der Perizystektomie (Perez-Fontana). L = Lungenparenchym

Ausbrecherkrebs

Ausbrecherkrebs sind Bronchialkarzinome, welche in die Thoraxwand eingewachsen sind. Sie werden durch Resektion des tumortragenden Lungenlappens unter Mitnahme des entsprechenden Thoraxwandanteiles im Sinne einer „en bloc“-Resektion behandelt.

Eine präoperative Bestrahlung bis 30 Gy mit postoperativer Aufsättigung auf 60 Gy ist zu empfehlen.

Die Operation wird wie bei einer posterolateralen Thorakotomie begonnen, wobei der Thorax kranial oder kaudal des infiltrierten Thoraxwandabschnittes eröffnet wird. Als erstes überprüft man die zentrale Absetzbarkeit des befallenen Lungenabschnittes am Hilus. Ist hier Operabilität gegeben, wird zunächst der tumortragende Teil der Thoraxwand präpariert. Die Rippen werden unter Wahrung eines Sicherheitsabstandes von etwa 5 cm mit der Rippenschere durchtrennt, die Interkostalmuskulatur mit dem elektrischen Messer eingeschnitten und die Gefäßnervenbündel ligiert. Nach kranial und kaudal erfolgt die Resektion im Interkostalraum, wobei der Sicherheitsabstand ebenfalls großzügig zu wählen ist. Nachdem die Thoraxwand gut mobilisiert ist, kann der Lappen typisch reseziert werden. Danach schließt sich die Lymphadenektomie an. Der entstandene Thoraxwanddefekt wird durch Einnähen von lyophilisierter Dura oder Marlex-Netz verschlossen. Eine Stabilisierung ist nicht erforderlich. Eine Deckung des Thoraxwanddefektes ist bei Thoraxwandresektionen im oberen hinteren Thoraxwandbereich überflüssig, da die Skapula in diesem Bereich den Defekt abdeckt.

Pancoast-Tumoren

Pancoast-Tumoren sind Ausbrechertumoren, welche im Bereich der oberen Thoraxapertur in die Weichteile der Thoraxkuppel eingedrungen sind. Sie gehen vom apikalen bzw. posterioren Oberlappensegment aus. Die Symptomatik wird bestimmt durch die mehr oder weniger ausgeprägte Invasion in die in diesem Bereich verlaufenden Nervenstränge. Durch Irritation des Grenzstranges entsteht das Horner-Syndrom. Infiltriert der Tumor die unteren Anteile des Plexus brachialis, die aus Th 1 und C 8 entspringen, sind als erstes der N. cutaneus brachii medialis und der N. cutaneus antibrachii medialis betroffen, was sich in Form von ausstrahlenden Schmerzen und Sensibilitätsstörungen in deren Versorgungsbereich bemerkbar macht. Weiter fortgeschrittenes Tumorstadium führt zu motorischen Ausfällen des N. ulnaris. Erst bei weiterer Infiltration ist das Versorgungsgebiet des N. medianus befallen.

Eine Vorbestrahlung mit 30 Gy und eine postoperative Aufsättigung bis 60 Gy sind zu empfehlen.

Der Hautschnitt beginnt in Höhe des 2. bis 3. BWK, etwa 4 cm paramedian parallel zur Wirbelsäule, und wird nach laterokaudal fortgesetzt und um den Angulus scapulae nach ventral im Sinne einer anterolateralen Thorakotomie herumgezogen.

Der M. latissimus dorsi und die hinteren Anteile des M. serratus anterior werden durchtrennt. Kraniodorsal müssen der M. trapezius sowie der M. rhomboideus major zum größten Teil parallel zur Wirbelsäule durchtrennt werden. Jetzt kann der Angulus scapulae mit einem Haken vom Thorax abgehoben werden, so daß die obere Thoraxapertur zugänglich wird. Die kostalen Ansätze des M. serratus posterior superior werden scharf abgelöst und die autochthone Rückenmuskulatur von den Rippen und den Processus transversi soweit abpräpariert, daß die Wirbelbögen zur Darstellung kommen (Abb. 2-173).

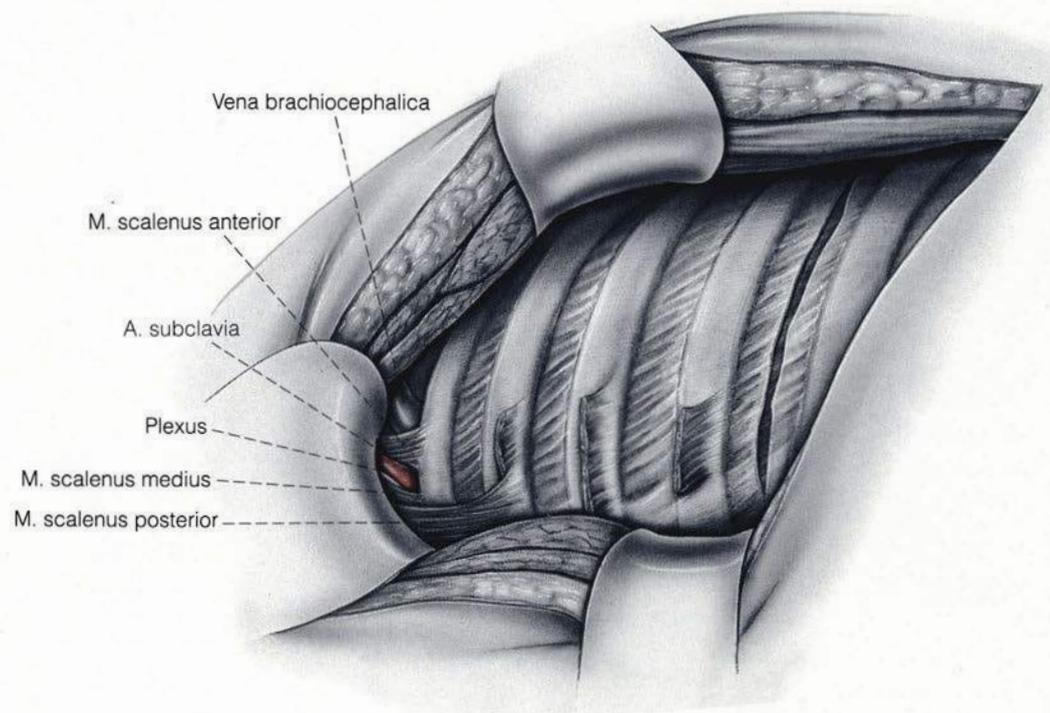


Abb. 2-173 Blick auf die hintere obere Thoraxwand. M. latissimus dorsi, M. rhomboideus und M. trapezius sind durchtrennt. Die Ansätze des M. serratus posterior superior sind von den Rippen abgelöst.

- s.p. = kostale Ansätze des M. serratus posterior superior
- sc.a. = M. scalenus anterior
- sc.m. = M. scalenus medius
- sc.p. = M. scalenus posterior
- V.b. = V. brachiocephalica
- A.s. = A. subclavia

Der Thorax wird jetzt im 4. oder 5. ICR typisch eröffnet. Nach Einsetzen des Rippensperres beurteilt man die zentrale Absetzbarkeit des Oberlappens und das Vorhandensein von mediastinalen Lymphknotenmetastasen. Danach wird die Resezierbarkeit des Tumors im Bereich der oberen Thoraxapertur untersucht.

Bei Einwachsen des Tumors in die Wirbelkörper sowie bei breitbasiger Infiltration des Plexus und des Gefäßbündels ist eine kurative Resektion nicht mehr gegeben, so daß der Befund als inoperabel zu gelten hat. Scheint Resektabilität gegeben, so ist es wegen der besseren Übersicht sinnvoll, den Tumor im Sinne einer peripheren Resektion mit der Nahtmaschine weit im Gesunden abzusetzen. Hierdurch verbessert sich der Überblick in die Thoraxkuppel von innen, da die Restlunge nach kaudal abgedrängt werden kann.

Da Pancoast-Tumoren in der Regel nicht weiter kaudal als bis zur 3. Rippe reichen, beginnt die Thoraxwandresektion von außen mit der Resektion der 3. Rippe in ihrem ventralen Anteil. Hierzu wird die Rippe in einem kleinen Bereich deperiostiert und mit der Rippenschere durchtrennt. Das Gefäßnervenbündel wird ligiert und die Interkostalmuskulatur entlang des Unterrandes der 3. Rippe durchtrennt. Die Rippe wird im Kostovertebralgelenk exartikuliert und bei entsprechender Tumorausdehnung der Processus transversus mitreseziert. Ebenso wird bei der 2. Rippe vorgegangen; allerdings müssen die kostalen Ansätze der Mm. scaleni medius und posterior am Oberrand der 2. Rippe abgelöst werden. Bevor die 1. Rippe an ihrem sternalen Ansatz reseziert werden kann, muß die V. brachiocephalica, welche die 1. Rippe in ihrem vorderen Anteil überquert, abgeschoben werden. Dies geschieht durch stumpfe Präparation mit dem Finger, welcher über die mediale Kante der Rippe geführt wird. Durch Streckbewegungen im Endglied kann man die Vene nach mediokraniel abschieben. Die 1. Rippe wird jetzt zusammen mit Teilen des Lig. costoclaviculare an ihrem sternalen Ansatz

durchtrennt und danach mit der Rippenfaßzange nach laterokaudal gezogen. So spannt sich der M. scalenus anterior an, welcher an seinem kostalen Ansatz durchtrennt wird. Direkt hinter dem M. scalenus anterior überqueren die A. axillaris und der untere Plexus nach kranial die 1. Rippe. Sie werden nach kranial stumpf abgeschoben, so daß jetzt der hintere Pfeiler der Skalenuslücke, nämlich der M. scalenus medius, sichtbar wird. Der Muskel wird ebenfalls von der 1. Rippe scharf abgetrennt. Jetzt ist der Überblick auf den Plexus brachialis ausreichend.

Da von der A. subclavia meistens nur die Gefäßscheide tumorinfiltriert ist, wird diese von der Axilla her eröffnet und das Gefäß herauspräpariert. Greift der Tumor allerdings auf die Gefäßwand über, so ist der tumorbefallene Anteil zu resezieren und durch ein Interponat zu ersetzen. Eventuell muß bei ausgedehntem Tumorwachstum auch die A. thora-

cica interna an ihrem Abgang aus der A. subclavia durchtrennt werden.

Nach Abpräparation und Anschlingen der Arterie lassen sich nun der tumorinfiltrierte Plexus darstellen und die befallenen Faszikel resezieren. Die 1. Rippe wird an ihrem Oberrand von noch vorhandenen Muskelfasern des M. scalenus medius und M. scalenus posterior befreit, worauf die kraniale und ventrale Ausdehnung des Tumors vollständig sichtbar ist.

Wenn die 1. Rippe zusammen mit dem Processus transversus mit dem Meißel vom Wirbelkörper scharf abgetrennt wird, ist der befallene Thoraxwandabschnitt frei (Abb. 2-174).

Die Resektion des Oberlappens gestaltet sich nun ebenso wie die radikale Lymphadenektomie typisch. Der in der Thoraxwand entstandene Defekt ist durch die Subskapularmuskulatur und die Skapula ausreichend gedeckt, so daß sich eine plastische Deckung des Defektes erübrigt.

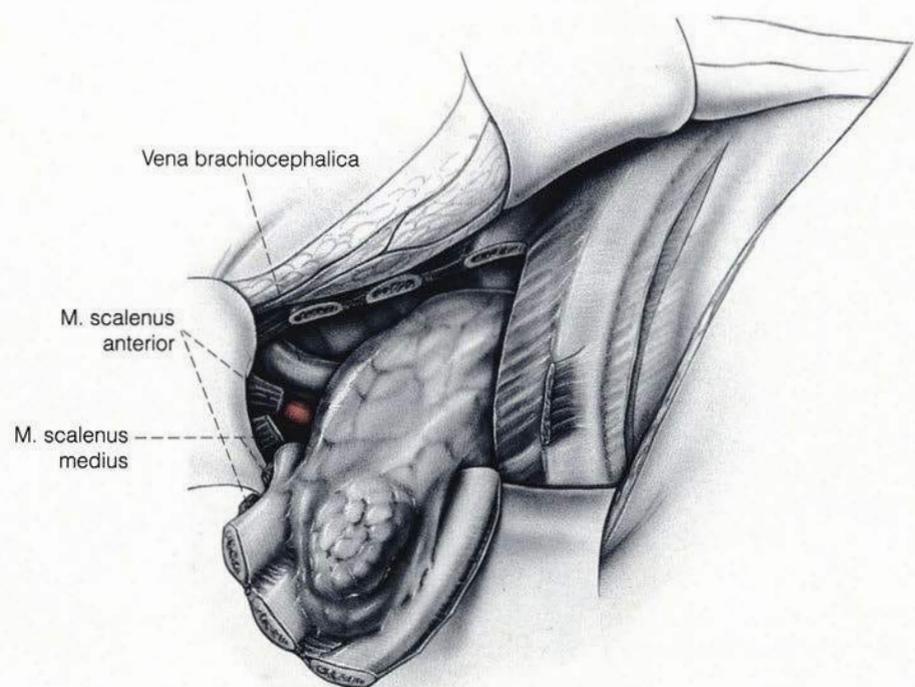


Abb. 2-174 Ansicht nach Durchtrennen der 1. Rippe an ihrem sternalen Ansatz.

Lungenmetastasen

Die Indikation zur operativen Entfernung von Lungenmetastasen ist nicht nur bei Solitärmetastasen, sondern auch bei multipler pulmonaler Metastasierung zu stellen. Die wesentliche theoretische Grundlage für das aktive chirurgische Vorgehen bei Lungenmetastasen ist die „Kaskadentheorie der Metastasierung“ (Bross und Blumenson, 1976 [4]). Danach geht die Generalisierung eines malignen Tumors in der Regel nicht von ihm selbst, sondern von den Absiedlungen im nachgeschalteten Blutfilter aus. Durch operative Entfernung dieser Absiedlungen im nachgeschalteten Filter kann die Generalisierung verhindert werden, so daß 5-Jahresüberlebensraten von bis zu 30% zu erreichen sind.

Voraussetzung für einen metastasenchirurgischen Eingriff ist, daß ein Rezidiv des Primärtumors ausgeschlossen ist. Ebenso dürfen keine Metastasen in anderen Organen bestehen. Nach eigenen Ergebnissen sollten mediastinale Lymphknotenmetastasen ausgeschlossen sein, da sonst die Prognose als infaust anzusehen ist. Weiterhin müssen der Patient funktionell operabel und die Metastasen technisch im Gesunden resezierbar sein. Hierbei gilt das Prinzip, daß so wenig gesundes Lungengewebe wie möglich entfernt werden soll. Sinnvollerweise sollte der Eingriff Bestandteil eines interdisziplinären onkologischen Therapiekonzeptes sein.

Wir wählen heute fast generell den Zugang über das Sternum, um beidseits synchron in einer Operation alle Metastasen zu entfernen. Dieser Zugang ist auch zu empfehlen, wenn die Metastasen präoperativ nur einseitig nachzuweisen waren, da wir wissen, daß in 50% der Fälle intraoperativ mehr Metastasen gefunden werden, als präoperativ durch das CT bekannt waren.

Der Patient wird mit Doppellumentubus intubiert und beatmet, so daß die jeweils zu operierende Seite von der Ventilation ausgeschlossen werden kann. Nach Eröffnen der Pleura mediastinalis wird die Lunge sowohl im beatmeten als auch im

kollabierten Zustand gründlich und möglichst schonend durchpalpiert, um die Herde zu orten. Der Patient wird etwas auf den Operateur zugelehrt, wodurch die Übersicht erleichtert wird. Nach Spalten des Lig. pulmonale und vollständiger Lösung eventuell vorhandener Verwachsungen wird die Lunge mit der Hand mobilisiert und nach ventral gezogen. Durch Einbringen von 2 bis 3 Bauchtüchern in den Thorax hinter den Hilus verlagert man die Lunge so weit nach ventral, daß ein guter Überblick gewährleistet ist. Die Metastasen werden nun meist durch Keilresektionen entfernt. Liegen sie allerdings sehr zentral, müssen die großen Gefäße angeschlungen und mit Tourniquets verschlossen werden. Bei der dann folgenden atypischen offenen Resektion hält sich der Blutverlust somit in Grenzen. Selbstverständlich sind von diesem Zugang aus alle typischen Resektionen wie Lobektomien und Segmentektomien möglich.

Erfahrungsgemäß kann lediglich die Resektion des linken Unterlappens bzw. seiner Segmente Probleme bereiten. Wegen des dort weit in den linken Thorax reichenden Herzens muß der linke Unterlappen so weit nach ventral luxiert werden, daß es zu kardiozirkulatorischen Problemen kommen kann, welche bis zum intraoperativen Herzstillstand führen können. Die Situation beruhigt sich jedoch schlagartig, wenn die linke Lunge in die Pleurahöhle zurückverlagert wird.

Cave

Intraoperativer Herzstillstand bei ventraler Luxation des linken Unterlappens.

Bei großen Metastasen im linken Unterlappen kann es deswegen manchmal sinnvoll und für den Patienten weniger belastend sein, wenn die Operation zweizeitig mittels Thorakotomie durchgeführt wird. Zwischen den beiden Operationen sollte ein Intervall von 14 Tagen liegen.

Weiterführende Literatur

1. Barner, S., D. Kaiser, W. Wolfart: Die Thorakoskopie, eine Methode zur Behandlung des gekammerten Pleuraempyems. *Prax. Klin. Pneumol.* 39 (1985) 505
2. Boyden, E. A., C. J. Hamre: Segmental anatomy of the lungs. Blackston, New York 1955
3. Brandt, H. J., R. Loddenkemper, J. Mai: Atlas der diagnostischen Thorakoskopie, Indikationen – Technik. Thieme, New York 1983
4. Bross, I. D. J., L. E. Blumenson: Metastatic sites that produce generalized cancer; identification and kinetics of generalizing sites. In: Weiss, L. (ed.): *Fundamental aspects of metastasis*, p. 359–375. North-Holland, Amsterdam – Oxford 1976
5. Brunner, A.: Die Eingriffe im Bereich der Brusthöhle. In: Guleke, N., R. Zenker (Hrsg.): *Allgemeine und spezielle Chirurgische Operationslehre*, 2. Aufl., Bd. 6, Teil 1, S. 253–481. Springer, Berlin–Heidelberg–New York 1967
6. Denk, W.: Die operative Kollapstherapie der Lungentuberkulose. In: Derra, E. (Hrsg.): *Handbuch der Thoraxchirurgie*, Bd. III, S. 427–472. Springer, Berlin–Göttingen–Heidelberg 1958
7. Derra, E.: *Handbuch der Thoraxchirurgie*, Bd. III, Spezieller Teil II. Springer, Berlin–Göttingen–Heidelberg 1958
8. Franke, H., W. Irmer: Die Technik der Lungenresektionen. In: Derra, E. (Hrsg.): *Handbuch der Thoraxchirurgie*, Bd. III, S. 669–721. Springer, Berlin–Göttingen–Heidelberg 1958
9. Frey, E. K., H. Lüdeke: Bösartige Lungengeschwülste. In: Derra E. (Hrsg.): *Handbuch der Thoraxchirurgie*, Bd. III, S. 554–668. Springer, Berlin–Göttingen–Heidelberg 1958
10. Gaensler, E. A.: Parietal pleurectomy for recurrent spontaneous pneumothorax. *Surg. Gynec. Obstet.* 102 (1956) 293
11. Grewe, H.-E., K. Kremer: *Chirurgische Operationen*, Bd. I. Thieme, Stuttgart 1977
12. Kaiser, D.: Thorakoskopische Emphysemblasenabtragung und Fibrinklebung beim Spontanpneumothorax. In: Reifferscheid, M. (Hrsg.): *Neue Techniken in der operativen Medizin*, S. 72ff. Springer, Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo 1986
13. Kaiser, D.: Indikationen zur Anwendung von Fibrinkleber in der Lungenchirurgie. *Z. Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie*, Suppl. 1 (1987) 36
14. Kaiser, D.: Thorakoskopische Hämatomausräumung beim unvollständig entleerten Hämatothorax. *Hefte zur Unfallheilkunde* 198 (1987) 328
15. Kaiser, D., K. Pörschke, U. Küstner, M. Hussels: Überlebenschancen nach kurativer Resektion beim fortgeschrittenen Bronchialkarzinom. *Thorac. cardiovasc. Surg.*, Suppl. 1, 36 (1988) 10
16. Kaiser, D., J. Schildge: Thoracoscopic treatment with fibrin sealant of ruptured emphysema and recurring spontaneous pneumothorax. In: Schlag, B., H. Redl (eds.): *Fibrin sealant in operative medicine*, Vol. 5: *Thoracic Surgery*, pp. 115–120. Springer, Berlin–Heidelberg–New York–London–Paris–Tokyo 1986
17. Konietzko, N., R. Ferlinz, R. Loddenkemper, H. Magnussen, P. Schlimmer, H. Toomes, P. v. Wichert: Empfehlungen zur präoperativen Funktionsdiagnostik. *Prax. Klin. Pneumol.* 37 (1983) 1199
18. Major, J., P. G. Schmidt: Lungenresektion. In: Hein, J., H. Kleinschmidt, E. Uehlinger (Hrsg.): *Handbuch der Tuberkulose*, Bd. III, S. 378–580. Thieme, Stuttgart 1975
19. Mills, M., B. F. Baisch: Spontaneous pneumothorax. A series of 400 cases. *Ann. thorac. surg.* 1 (1965) 286
- 19a. Netter, F. H.: *Farbatlanten der Medizin*, Band 4: Atmungsorgane, Hrsg. P. Endres, Thieme, Stuttgart–New York 1982.
20. Nohl-Oser, H. Ch., G. M. Salzer: *Lungenchirurgie*. Thieme, Stuttgart–New York 1985
21. Oehlert, W., F. Brendlein, W. Wenig, W. Wolfart: Bronchusheilung nach operativem Eingriff. Histologische und autoradiographische Untersuchungen zum zeitlichen Ablauf der Heilung des Bronchusstumpfes beim Miniaturschwein. *Prax. Klin. Pneumol.* 28 (1974) 1001
22. Perez-Fontana, V.: Le traitement chirurgical du kyste hydatique du poumon, par le methode uruguayenne ou exstirpation du perikyste. *J. Chir.* 69 (1953) 618
23. Petro, W., Ch. Hübner: Großbullöses Lungenemphysem – Diagnostik, Therapie Indikation, Therapieerfolg. *Prax. Klin. Pneumol.* 41 (1987) 3
24. Stradling, P.: *Atlas der Bronchoskopie*. Thieme, Stuttgart–New York 1984
25. Töndury, G.: *Angewandte und topographische Anatomie*. 3. Aufl. Thieme, Stuttgart 1965
26. Vogt-Moykopf, I., G. Meyer: Surgical technique in operations on pulmonary metastases. *Thorac. cardiovasc. Surg.* 34 (1986) 125
27. Vogt-Moykopf, I., G. Meyer, N.-M. Merckle, H. Bülzebruck, M. Langsdorf: Late results of surgical treatment of pulmonary metastases. *Thorac. cardiovasc. Surg.* 34 (1986) 143
28. Wolfart, W.: Behandlung des Pleuraempyems. In: Hein, J., H. Kleinschmidt, E. Uehlinger (Hrsg.): *Handbuch der Tuberkulose*, Bd. III, S. 581–594. Thieme, Stuttgart 1975
29. Zenker, R., G. Heberer, H. H. Löhr: *Die Lungenresektionen*. Anatomie, Indikationen, Technik. Springer, Berlin–Göttingen–Heidelberg 1957

Den Autoren der 1. Auflage, Herrn Prof. Dr. W. Wolfart und Frau PD Dr. U. Seith möchte ich für die Mitarbeit bei der Korrektur danken. Ihre aus großer Erfahrung gemachten Änderungsvorschläge habe ich gern in Text und Bild eingearbeitet.

Chirurgische Behandlung pleuraler Veränderungen

H. Denck

Entlastungseingriffe an der Pleura

Vorbemerkungen

Chirurgisch zu behandelnde pleurale Erkrankungen sind durch abnormen Inhalt im Pleuraraum in Form von Luft, Flüssigkeit oder solidem Gewebe gekennzeichnet. Dies bedeutet, daß wir mit Zuständen von Pneumothorax, Fluido-(Pneumo-)Thorax und Pleuraverschwartungen zu tun haben sowie mit gutartigen und bösartigen Pleuratumoren.

Wir unterscheiden demnach zwischen:

1. *Pneumothorax*, worunter wir das Vorhandensein von Luft im Pleuraraum verstehen. Die Luft kann durch eine Verletzung von außen, aber auch durch eine Lungenzerreiung von innen her kommen. Beim Spannungspneumothorax dringt die Luft durch einen Ventilmechanismus aus der Lunge, gelegentlich auch von der Thoraxwand her in den Pleuraspalt ein, kann aber nicht entweichen. Durch den ansteigenden Druck im luftgefüllten Pleuraraum wird zunächst die Lunge komprimiert und dann mit dem Mediastinum auf die kontralaterale Seite verschoben. Diese Verschiebung des Mittelfellraumes und die dadurch bedingte Einengung der gesunden Lunge haben eine schwerste kardiorespiratorische Insuffizienz zur Folge, die bei Unterlassung sofortiger Therapie zum Tode führt. Eine Überdruckbeatmung kann den verhängnisvollen Verlauf beschleunigen.

2. Jede *Flüssigkeitsansammlung in der Pleurahöhle* komprimiert die Lunge. Flüssigkeitsansammlungen treten bei exsudativer Pleuritis, bei Tumorbefall der Pleura, als Transsudate und bei Blutungen in die Pleurahöhle auf. Bei bakterieller Besiedlung kommt es zum Pleuraempyem.
3. Durch Organisation eines Ergusses oder eines Hämatoms mit folgender Schrumpfung entsteht die *Pleurascwarte* mit entsprechender Restriktion. Schließlich können gutartige und bösartige Tumoren im Pleuraraum auftreten, welche von sich aus oder durch zusätzliche Ergußentwicklung die Lunge verdrängen.

Sämtliche erwähnten Veränderungen können diffuser Natur sein und den ganzen Pleuraspalt betreffen, andererseits auch umschriebener Art und hier nur zu begrenzter Tumor- oder Höhlenbildung führen, welche die benachbarten Lungenabschnitte verdrängen und komprimieren.

Als seltene Ausnahme müssen gallige Ergüsse, Chylus und Ergußbildungen durch Austritt von Nahrung aus Ösophagusverletzungen (Berstungen), aus Perforationen intrathorakal verlagertes Anteile des Magendarmkanales oder durch enteropleurale Fisteln erwähnt werden.

Indikation und Methodenwahl

Die chirurgische Behandlung der pleuralen Erkrankungen hat das Ziel, derartige Verdrängungen zu beheben und die normale Ausdehnung der Lunge zu fördern. Dies ist nur durch Beseitigung des pathologischen Substrates möglich. Bilden sich Resthöhlen, so ist Keimfreiheit anzustreben, was bei Vorhandensein bronchopleuraler Fisteln natürlich erst nach Verschuß dieser Fisteln möglich ist. Sterile Resthöhlen (laufende bakteriologische Kontrollen des Exsudats!) können abdrainiert und belassen werden. Im Abschnitt „Dekortikation“ wird das weitere Vorgehen bei beträchtlicher Restriktion, chronischem Empyem und bronchopleuraler Fistel besprochen.

Für die chirurgische Behandlung pleuraler Erkrankungen stehen uns folgende *semiinvasive und invasive Methoden* zur Verfügung:

1. die Pleurapunktion,
2. die Pleuradrainage,
3. die Entrindung der Lunge (Pleurektomie, Dekortikation),
4. die Beseitigung von Lungenveränderungen, welche zum Austritt von Luft, Flüssigkeit oder Blut in die Pleurahöhle führen, bzw. von bronchopleuralen Fisteln,
5. die Thorakoplastik, als letzte Möglichkeit bei nicht sanierbaren infizierten Höhlen mit oder ohne bronchopleurale Fisteln,
6. die Entfernung von Pleuratumoren bzw. partielle oder totale Pleurektomie sowie Pleuropneumonektomie.

Pleurapunktion

Die Pleurapunktion sowie die noch zu besprechende Pleuradrainage gehören zu den Grundlagen der Thoraxchirurgie, ohne die es keine erfolgreiche Therapie geben kann. Ein Chirurg, der sich mit operativ behandelbaren Erkrankungen des Thorax befaßt, muß die Punktions-technik beherrschen. Exakte radiologische und endoskopische Abklärung ist Voraussetzung für jede gezielte Punktionsbehandlung.

Die Punktion wird meist am sitzenden, aber auch am liegenden Patienten (Akutfälle) vorgenommen (Abb. 2-175 bis 2-179):

Die Punktionsstelle wird desinfiziert und abgedeckt. Nach Lokalisation des zu wählenden Interkostalraumes durch Palpation wird die geplante Einstichstelle durch Setzen einer Hautquaddel mit 1%igem Lokalanästhetikum betäubt. Nach Aufsetzen einer längeren Nadel mit flachem Anschliff der Spitze wird unter Injektion von Lokalanästhetikum die Nadel durch den Interkostalraum in die Pleurahöhle vorgeschoben.

Beachte:

Man halte sich nahe dem oberen Rand der den gewählten Interkostalraum begrenzenden unteren Rippe, um eine Verletzung der Interkostalgefäße und des zugehörigen Nerven zu vermeiden.

Durch Aspiration überzeugt man sich davon, daß der pleurale Erkrankungsherd erreicht ist. Nun wird eine dickere Punktionskanüle durch den gleichen Stichkanal in den Pleuraraum vorgeschoben und der pathologische Pleurahöhleninhalt aspiriert. Die Verwendung einer Nadel mit Verschlußhahn oder das Aufsetzen einer Rotandaspritze oder eines Saugers schützt bei abgesetzter Spritze vor Eindringen von Luft in den Pleuraraum.

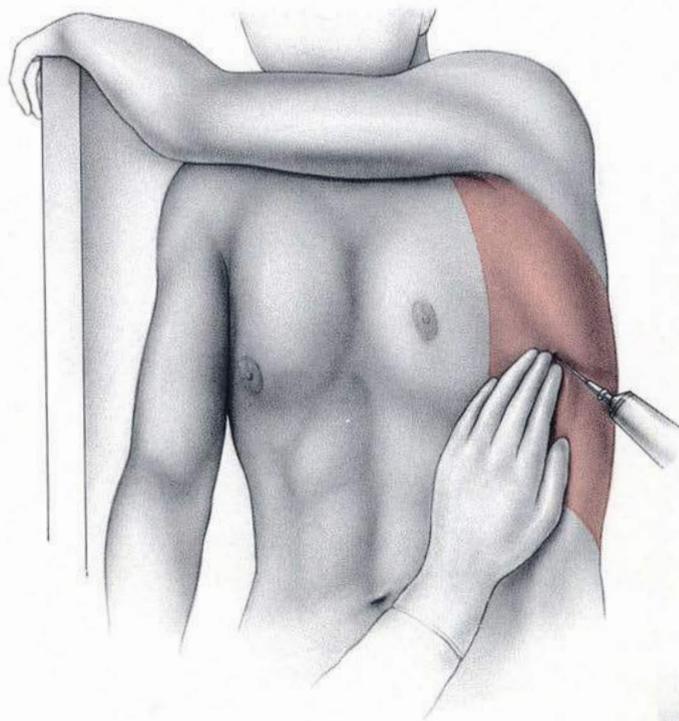


Abb. 2-175 Punktion am sitzenden Patienten in der mittleren Axillarlinie. Abtasten der Rippen, Setzen der Hautquaddel.

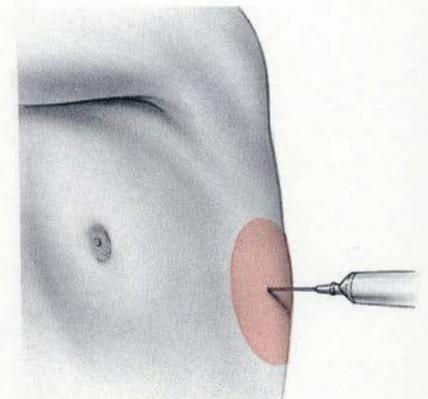


Abb. 2-176 Infiltration der Subkutis und der Muskulatur mit dem Lokalanästhetikum.

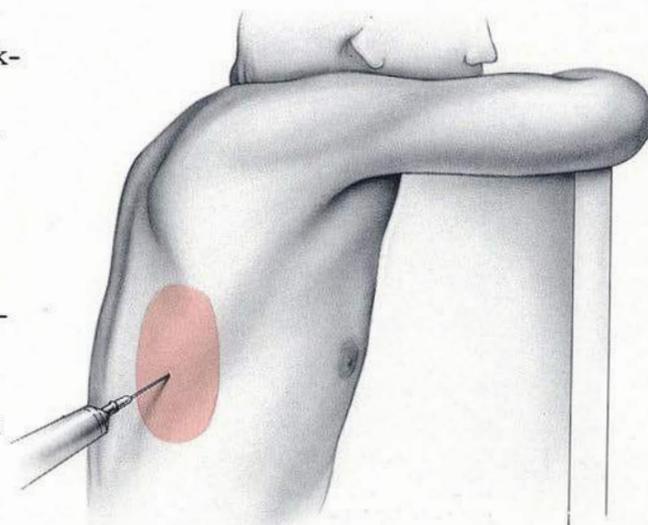


Abb. 2-177 Punktion am sitzenden Patienten von hinten.

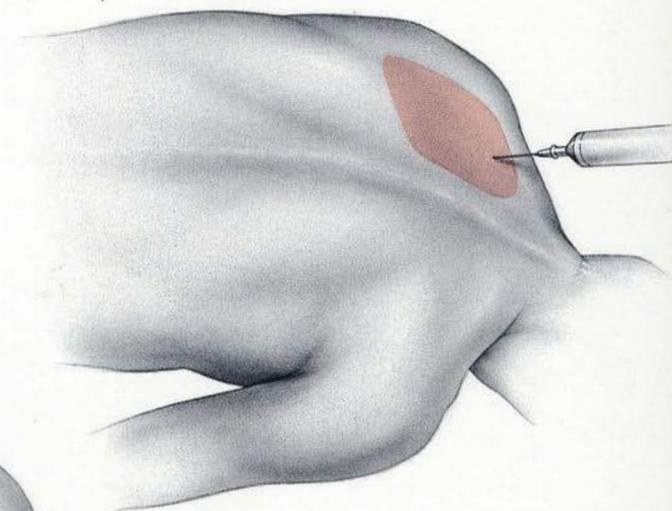


Abb. 2-178 Punktion eines abgekapselten Ergusses nach Oberlappenentfernung von hinten oben in Kopftieflage.

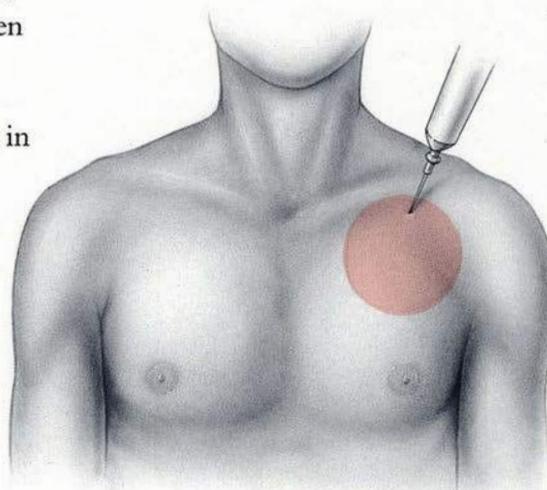


Abb. 2-179 Punktion eines abgekapselten Ergusses nach Oberlappenresektion von vorne.

Thoraxdrainage

Indikation und Methodenwahl

Um eine Thoraxdrainage richtig und sinnvoll durchführen zu können, ist die genaue Lokalisation des pathologischen Substrats erforderlich. Es ist zudem festzustellen, ob die Veränderung gekämmert ist.

Die eingelegte Drainage wird entweder an eine Bülow-Flasche (Abb. 2-180) oder eines der heute gebräuchlichen Einmalgeräte angeschlossen. Die Abbildungen 2-181 bis 2-188 zeigen die technische Durchführung der Thoraxdrainagen ohne und mit Rippenresektion.

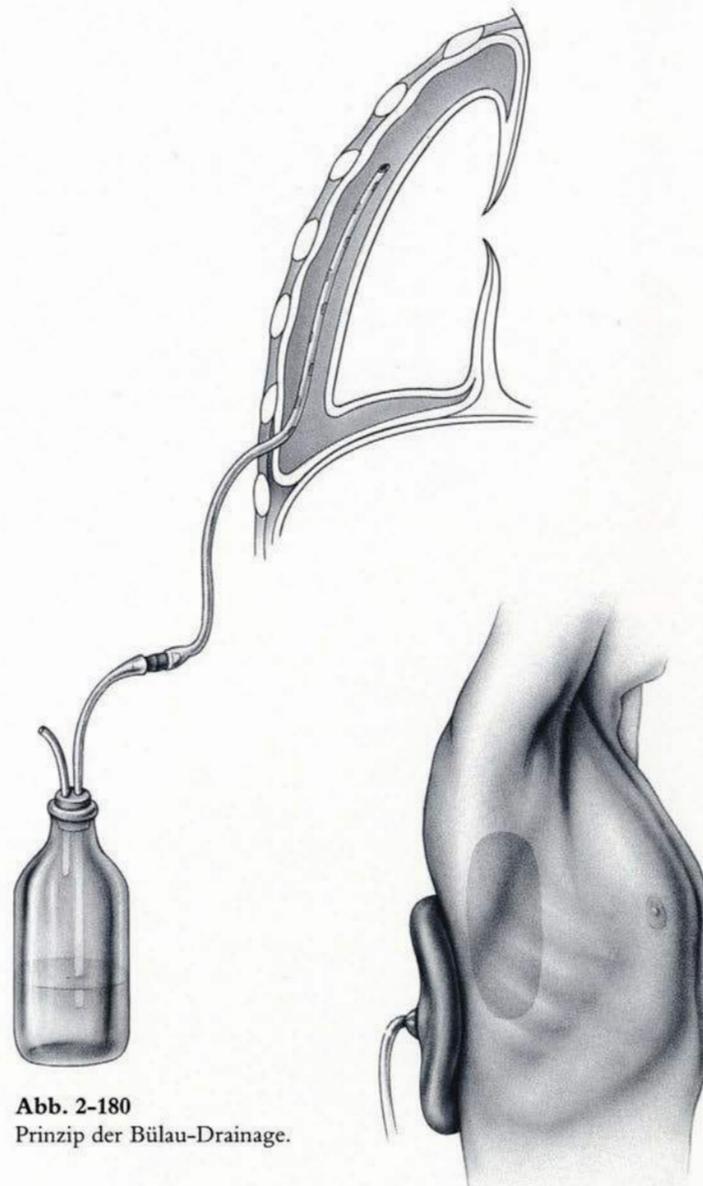


Abb. 2-180 Prinzip der Bülow-Drainage.

Abb. 2-181 Empyemhöhle, am sitzenden Patienten dargestellt.

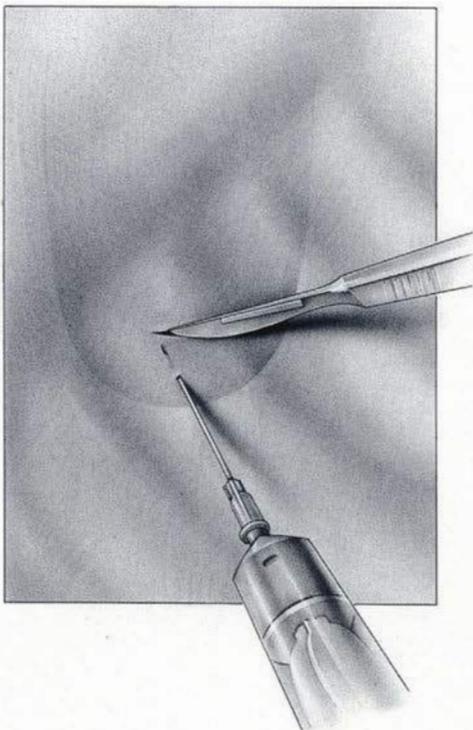


Abb. 2-182 Lokalanästhesie der Drainageregion, Hautinzision.

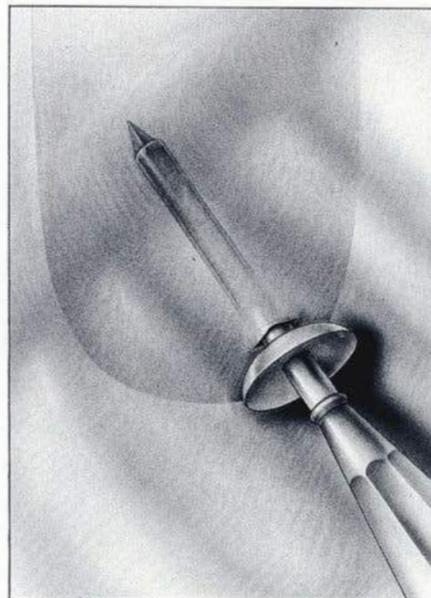


Abb. 2-183 Einführen des Trokars in die Höhle.

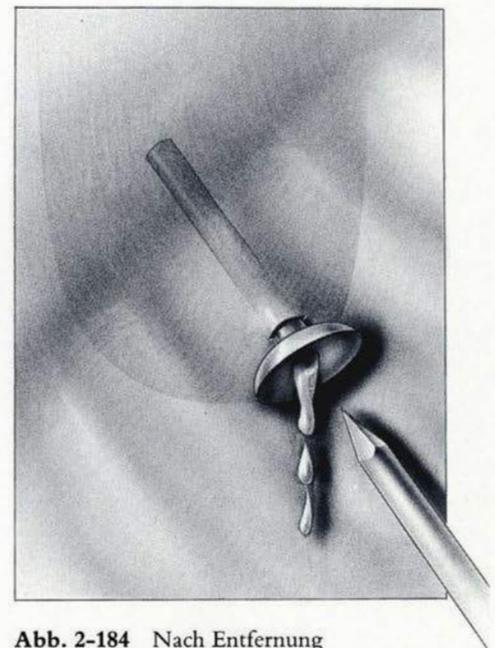


Abb. 2-184 Nach Entfernung des Mandrins fließt Eiter durch die Trokarhülse ab.

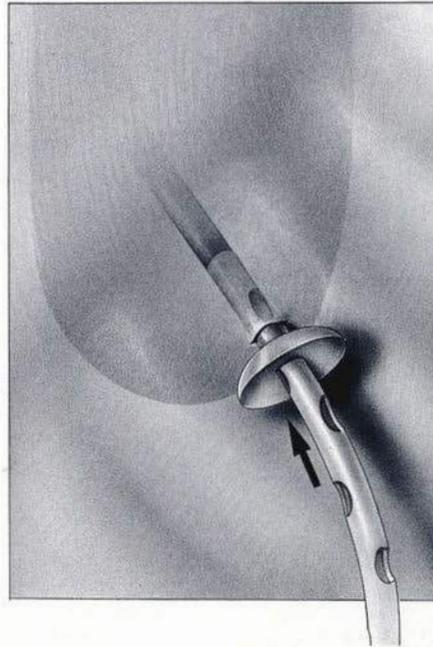


Abb. 2-185 Einführen des mehrfach gelochten Drains durch die Trokarhülse in die Höhle.

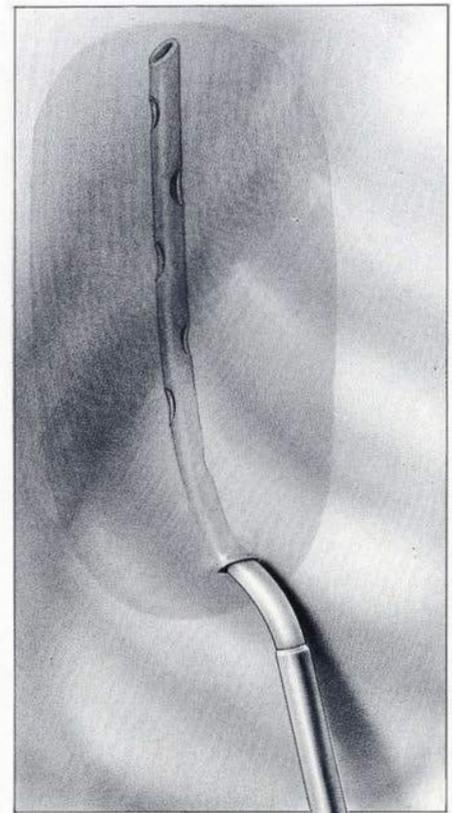


Abb. 2-186 Der Drain ist eingeführt, die Trokarhülse wird entfernt.

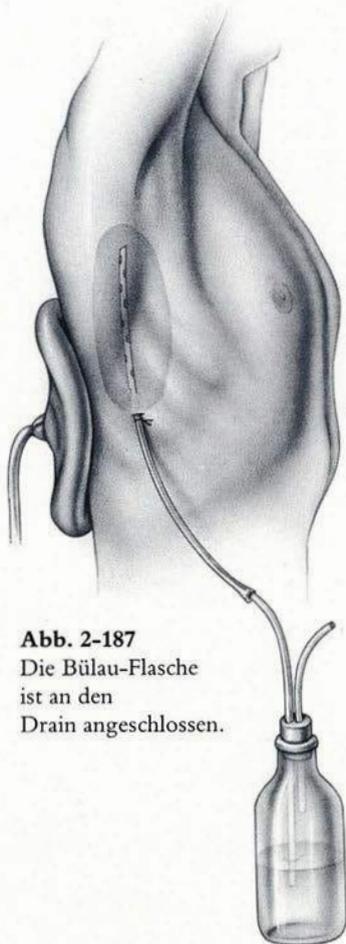


Abb. 2-187 Die Bülow-Flasche ist an den Drain angeschlossen.

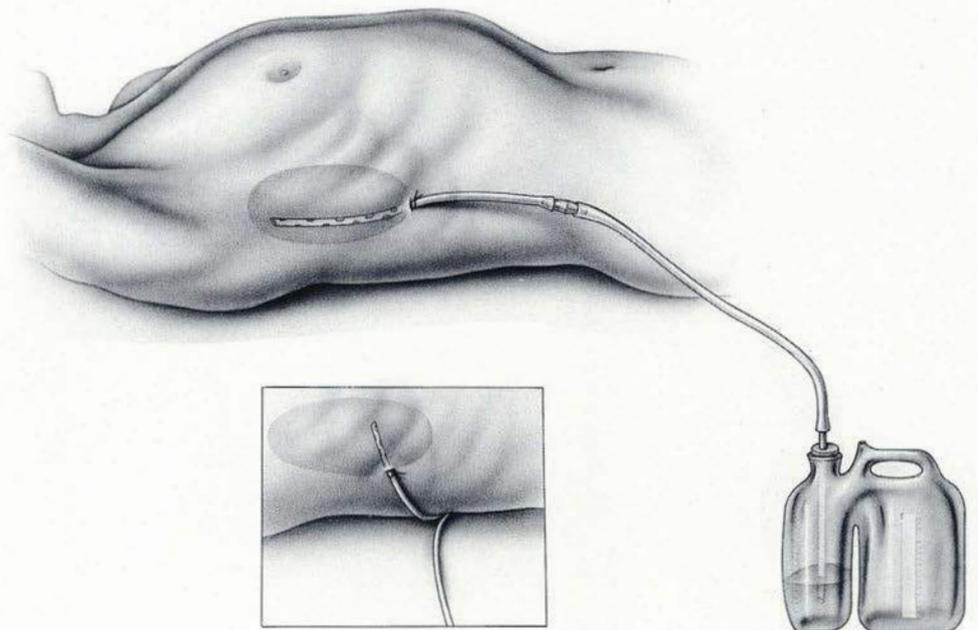


Abb. 2-188 Anstelle der Bülow-Flasche ist ein Einmalgerät angeschlossen.
Insert: Knickung des Schlauchsystems durch unrichtige Führung.

Besonderheiten postoperativer Drainagen nach thoraxchirurgischen Eingriffen

Nach thoraxchirurgischen Eingriffen können nach Entfernung der primären Thoraxdrainagen Rezidivergüsse, Luftansammlungen oder gar Infektionen mit und ohne bronchopleurale Fistel auftreten.

Prinzipiell gelten für diese die gleichen Grundsätze wie bei jeder primären Thoraxdrainage: Bei Luftansammlungen wird der höchste, bei Flüssigkeitsansammlungen der tiefste Punkt aufgesucht, um hier, meist ohne Rippenresektion, eine Bülow-Drainage in typischer Weise anzulegen. Nach einfachen Thorakotomien ohne Lungenresektion oder Parenchymresektion muß bedacht werden, daß die Lunge nicht selten zumindest teilweise mit der Thoraxwand verklebt ist, so daß leicht mit dem Trokar Lungenparenchym verletzt werden kann, mit den entsprechenden Folgen (Pneumothorax oder Weichteilemphysem).

Nach Lobektomien wird man für gewöhnlich bei Restergüssen, infizierten Resthöhlen oder bronchopleuralen Fisteln dort drainieren müssen, wo der Lappen entfernt wurde, das heißt: nach Oberlappenektomie meist im 3. Interkostalraum vorne, nach Unterlappenektomie meist im 7. oder 8. Interkostalraum in der hinteren Axillarlinie und nach Mittellappenektomie von vorne. Eine genaue röntgenologische Lokalisation des Tiefpunktes mit Kontrastmitteldarstellung (durch Injektion von 10 bis 20 ml wasserlöslichem Kontrastmittel transkutan in den Erguß bzw. in die Pleurahöhle) ist zweckmäßig.

Nach Pneumonektomien muß gelegentlich wegen einer Bronchusstumpffistel und/oder einem Empyem drainiert werden. Besonders ist daran zu denken, daß nach jeder Pneumonektomie das Zwerchfell hoch steht und daß je nach Schrumpfungszustand der Höhle die Bülow-Drainage für gewöhnlich wesentlich höher angelegt werden muß als bei primären Empyemen oder anderen pleuralen Erkrankungen, meist im 4. oder 5. Interkostalraum in der mittleren Axillarlinie. Gelegentlich wird man eine zweite Drainage im 3. Inter-

kostalraum vorne mit einem ganz dünnen Drain einbringen, um eine kontinuierliche Spüldrainage mit dem Antibiotikum der Wahl durchführen zu können; dies ist allerdings beim Vorliegen größerer Bronchusfisteln wegen der Aspirationsgefahr nicht durchführbar. In Fällen bronchopleuraler Fisteln kann die Spülung oder Instillation nur intermittierend und unter strenger Kontrolle der Lage des Patienten durchgeführt werden (Abb. 2-189a und b).

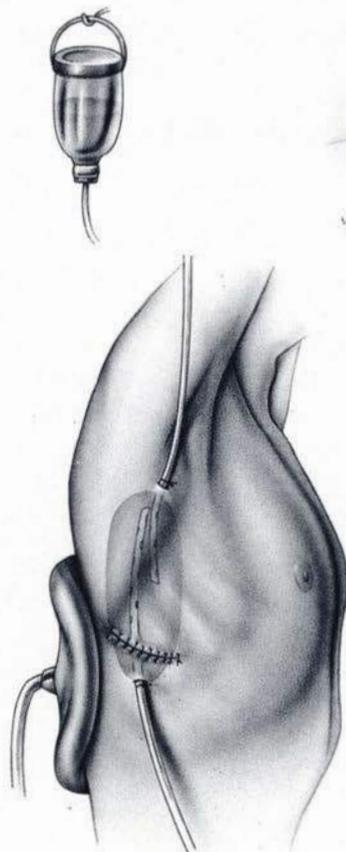


Abb. 2-189b Spüldrainage am sitzenden Patienten (bei bronchopleuraler Fistel) zur Vermeidung einer Aspiration.

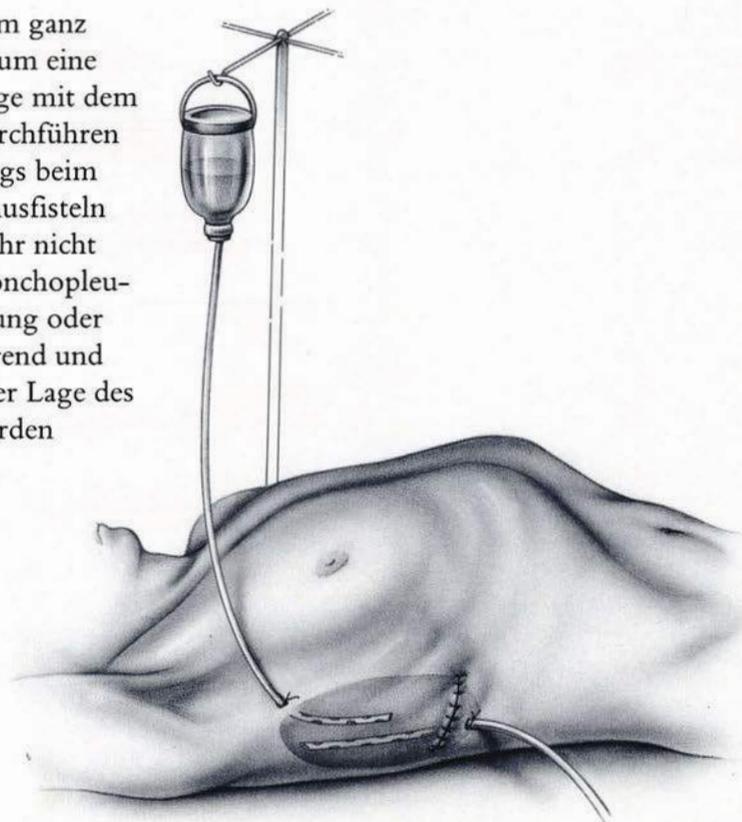


Abb. 2-189a Spüldrainage am liegenden Patienten. Die Drains wurden von einer Mini-thorakotomie aus eingelegt.

Nachsorge und Drainageentfernung

Zu unterscheiden ist, ob der Höhleninfekt beseitigt werden konnte oder nicht. Im ersten Fall, einer mehrfach nachgewiesenen Keimfreiheit der Höhle, kann eine Bülow-Drainage auch bei noch vorhandener steriler Resthöhle entfernt werden. Für gewöhnlich kommt es dann zum Persistieren einer sterilen Höhle oder zur Schrumpfung derselben, gelegentlich auch im Laufe von Monaten und Jahren zu einer völligen Verödung.

Besteht noch ein Höhleninfekt, d. h., Keime oder Pilze können durch gezielte Behandlung nicht eliminiert werden und bleiben nachweisbar, dann ist oft eine monatelange Behandlung erforderlich. Sie ist erst dann beendet, wenn die Höhle um den Drain komplett geschrumpft und verödet ist. So lange muß man eine gezielte Spülbehandlung durchführen. Wenn nur mehr wenige ccm Eiter gefördert werden und wenn keine bronchopleurale Fistel vorliegt, dann ist es nicht mehr notwendig, eine große Büllau-Flasche an die Drainage anzuschließen, sondern man kann eine offene Drainage mit einem Monaldi-Fläschchen oder mit vorgefertigten Plastikbehältern verwenden, mit denen der Patient praktisch unbehindert und voll mobilisierbar ist. Erst wenn die Höhle geschrumpft ist und den Drainkanal eng umschließt, kann nach vorangegangener Fistelfüllung das ursprünglich dickere Drainrohr durch ein dünneres Drainrohr gleicher Länge ersetzt werden. Unter weiteren, regelmäßigen Kontrollen durch Fistelfüllung in 3- bis 4wöchigem Abstand können dann immer dünnere und kürzere Drainagen eingelegt werden. So wird die Entwicklung einer Resthöhle, die operative Konsequenzen zur Folge hätte, verhindert.

Bei gleichzeitig vorliegenden bronchopleuralen Fisteln kann man zunächst versuchen, diese durch Fibrinklebung zu schließen, um dann ein gleiches Vorgehen wie bei fistelfreien Fällen zu ermöglichen. Gelingt dies nicht, so muß die Büllau-Drainage mit Flaschensystem belassen und früher oder später der Fistelverschluß durch ein thorakoplastisches Verfahren in Erwägung gezogen werden.

Fehler und Gefahren der Büllau-Drainage

Fehler bei der Indikationsstellung

Eine Büllau-Drainage ist nur dann sinnvoll, wenn pleurale Höhlenbildung oder infizierte Ergüsse oder Blutergüsse oder eine unter Druck stehende Luftansammlung bestehen. Nicht bei jeder Thoraxverletzung darf automatisch eine Büllau-Drainage eingelegt werden. Nicht jedes

Hautemphysem ist Ausdruck eines pleuralen Spannungszustandes.

Beachte:

Eine Büllau-Drainage ist nur bei *Nachweis* von Höhlenbildungen mit Luft oder Flüssigkeit geboten.

Sonst führt die Büllau-Drainage, besonders bei verödetem Pleuraspalt, zu einer zusätzlichen Lungenverletzung und damit zu einer Zunahme des Haut- und Weichteilemphysems. Schlagartige Besserung wird dann meist durch Entfernung des fehlenden Drains erreicht.

Ebenso muß nicht jede posttraumatische totale Thoraxverschattung einem Hämatothorax entsprechen. Dieser zeigt ja sehr häufig Verdrängungserscheinungen. Sind aber Verziehungserscheinungen mit Verlagerung des Mediastinums zur verschatteten Seite feststellbar, muß in erster Linie an eine Atelektase gedacht und zunächst die bronchoskopische Absaugung und Klärung des Zustandes durchgeführt werden. Nicht selten werden partielle oder totale Bronchuseinrisse oder Bronchusabrisse erst dadurch erkannt. Einen akuten lebensbedrohlichen Spannungszustand muß man natürlich primär drainieren.

Mangelhaftes Instrumentarium

Grundsatz ist, daß jede Büllau-Drainage mit einem entsprechend kalibrierten und mehrfach gelochten Rohr durchgeführt werden muß. Eiter ist bei einem Kleinkind genauso dickflüssig wie beim Erwachsenen. Deshalb sind für alle Drainagen von Empyemen und Blut Drains im Durchmesser von 0,7–1,0 cm geboten.

Handelt es sich ausschließlich um einen Pneumothorax, so kann dieser durch einen Drain mit einer inneren Weite von 0,5 cm drainiert werden. Ein Hämatothorax wird für gewöhnlich einen noch dickeren Drain als ein Empyem erfordern. Wichtig ist, daß die Büllau-Drainage die ganze Höhle auslegt und entsprechend viele seitliche Öffnungen hat, um in jeder Ebene den Abfluß sicherzustellen. Einmalsysteme sind unseres Erachtens nur für Notfälle geeignet, da sie eine gezielte und ausreichende Drainage nicht immer gewährleisten.

Komplikationen der Pleuradrainage

Die Verletzungsmöglichkeit der Lunge, im Einzelfall die intrapulmonale Plazierung des Drains, wurde bereits erwähnt. Bei Zwerchfellhochstand oder zu tief angelegter Drainageinzision ist eine subphrenische Drainage oder die Verletzung der Leber bzw. links der Milz oder des Gastrointestinaltraktes (Magen, linke Colonflexur) möglich. Solche Verletzungen können, wenn sie nicht rechtzeitig erkannt und nach den Regeln der Bauchchirurgie versorgt werden, tödliche Folgen haben. Besonders gefährdet sind Patienten mit Zwerchfellrupturen. Die Verletzung mediastinaler Strukturen (Herz, große Gefäße, Ösophagus) sollte bei einigermaßen fachgerechtem Vorgehen vermeidbar sein.

Entfernung der Drainage

Drainagen können prinzipiell dann entfernt werden, wenn sie nichts mehr fördern. Dies kann auch durch Verschluß des Drains verursacht sein, erfordert dann aber im allgemeinen eine neuerliche Drainage der Retention. Die Entfernung von Drains aus der Pleurahöhle beinhaltet das Risiko des Lufteintrittes durch den Drainkanal. Deshalb muß die Drainage unter pleuralem Überdruck (Aufforderung an den Patienten zu pressen) rasch gezogen werden und die Hautöffnung durch einen salbenbestrichenen Tupfer sofort abgedichtet werden. Wenn der Drainkanal schräg durch die Thoraxwand verläuft, ist das Risiko eines Lufteintrittes minimal. Deshalb kann auf das Knüpfen einer zum Zeitpunkt der Drainageanlage vorgelegten kutanen Tabaksbeutelnaht im Regelfall verzichtet werden. Der Salbentupfer wird mit breitem Pflaster luftdicht fixiert.

Dekortikation

Indikation

Indikationen für eine Dekortikation sind

- das chronische, diffuse Empyem, der chronische Pyopneumothorax und die Empyemresthöhle,
- der verschwartende Hämorthorax,
- der infizierte Hämorthorax,
- der chronische Pneumothorax mit Pachypleuritis.

Nicht indiziert ist eine Dekortikation bei Vorliegen zusätzlicher schwerer diffuser Lungenveränderungen, weil hier eine Lungenausdehnung zu einer Erhöhung des Shuntvolumens und damit zu einer atemphysiologischen Verschlechterung führen würde; Gleiches gilt für Patienten mit Bronchusstenosen. Durch Kombination mit resezierenden Maßnahmen an der Lunge kann im Einzelfall trotzdem die Indikation zur Dekortikation berechtigt sein.

Operatives Vorgehen

Der operative Zugang und seine Ausdehnung richten sich nach der Lage der zu entrindenden Anteile und kann als anterolaterale, posterolaterale oder totale seitliche Thorakotomie am zweckmäßigsten sein. Bei hochgradiger Einengung der Interkostalräume beim Erwachsenen wird eine Rippenresektion den Zugang erleichtern.

Nach Durchtrennung der Interkostalmuskulatur beim interkostalen Zugang oder des hinteren Periosts nach Rippenresektion mit dem Skalpell kommt man auf die parietale Schwiele. Sie wird nicht inzidiert, sondern von der Fascia endothoracica stumpf im oberen und unteren Schrittrand abgelöst (Abb. 2-190). Erst wenn dadurch eine gewisse Befreiung der Thoraxwand erreicht wurde, wird der Thoraxspreizer eingesetzt und langsam unter weiterem schrittweisen Ablösen der Schwarte nach oben, unten, vorne und hinten geöffnet (Abb. 2-191 und 2-192). Ein Empyemsack sollte nach Möglichkeit ohne Eröffnung der parietalen und viszeralen Schwiele

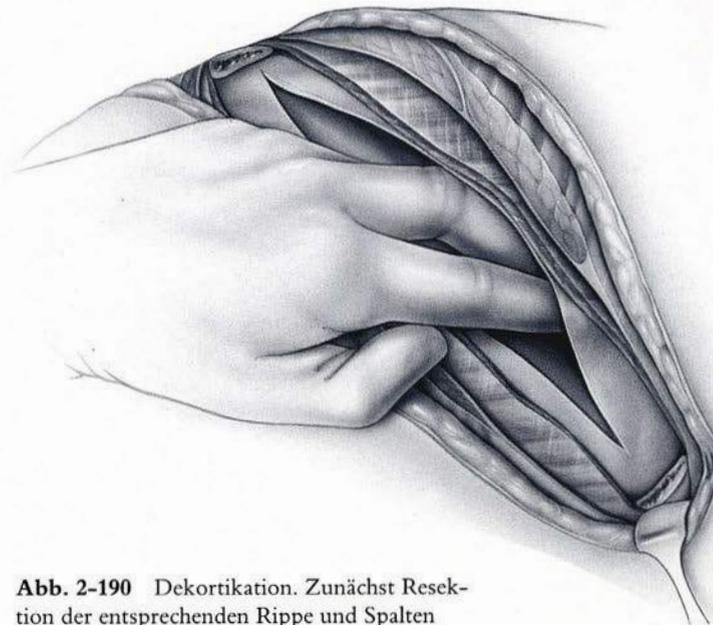


Abb. 2-190 Dekortikation. Zunächst Resektion der entsprechenden Rippe und Spalten des hinteren Periosts. Anschließend stumpfes Ablösen der Schwiele von der Fascia endothoracica.

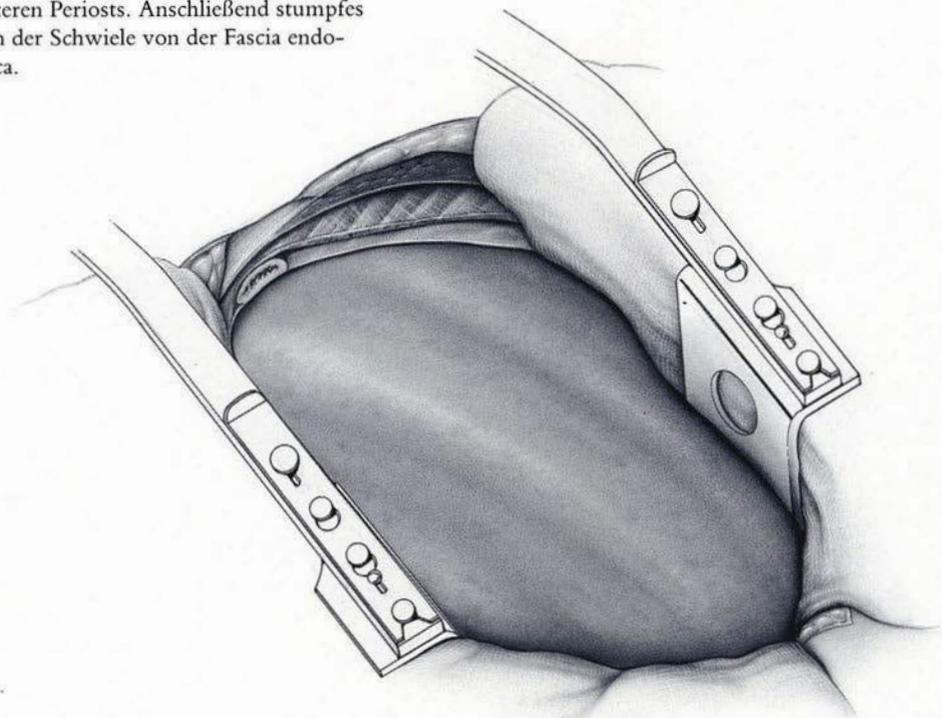


Abb. 2-191 Dekortikation. Einsetzen des Rippenspreizers.

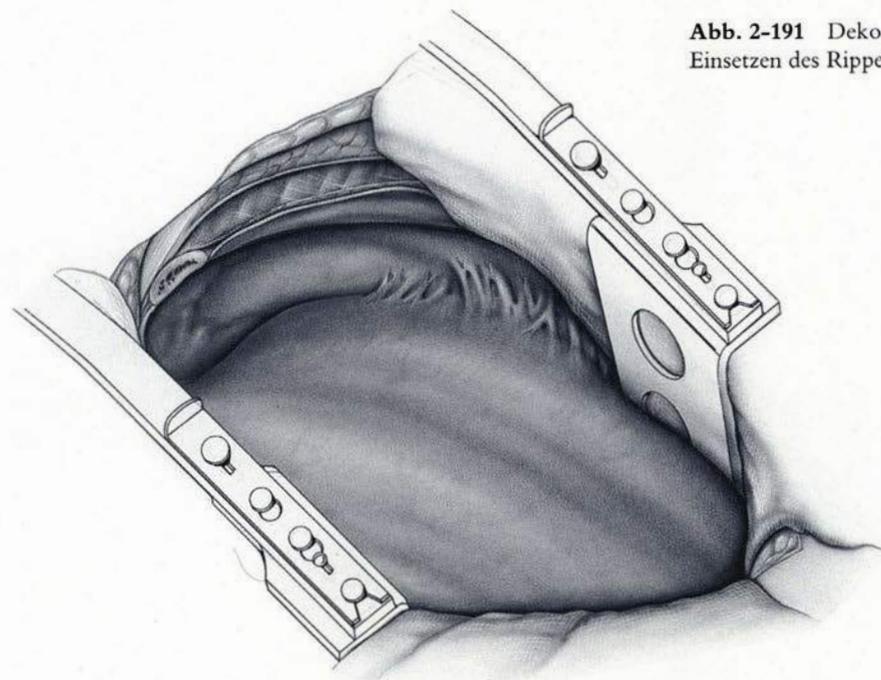


Abb. 2-192 Dekortikation. Die Schwarte ist nun bis zur Lungenbasis und -spitze gelöst.

entfernt werden. Die Abbildungen 2-193 bis 2-197 illustrieren dies.

Schwarten der viszeralen Pleura lassen sich nicht überall gleichmäßig ablösen. Besonders im Bereich alter Lungenfisteln ist eine Lösung unter Umständen kaum möglich. Solche Bezirke können, wenn die Lunge sonst entsprechend befreit ist und voll ausgedehnt werden kann, von der Dekortikation ausgespart bleiben (Abb. 2-198).

Liegt, wie beim chronischen Pneumothorax mit Pachypleuritis, eine isolierte Verschwartung der Pleura visceralis vor, so beginnt man die Dekortikation im Bereich des Lungenhilus, weil sich dort die Schwarte im allgemeinen am leichtesten lösen läßt, und entrindet schrittweise die ganze Lunge. Auch die Lappenspalten müssen von dort befindlichen Pleuraschwielen befreit werden, damit sich die Lunge voll ausdehnen kann.

Abb. 2-193
Dekortikation.
Parietale Lösung.

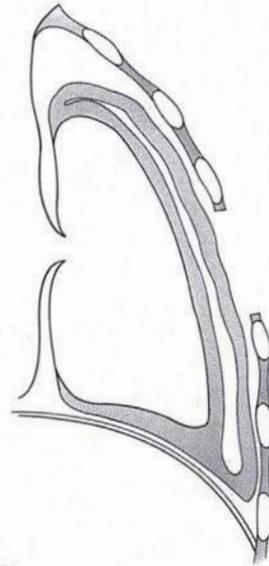


Abb. 2-194
Dekortikation.
Viszerale Lösung.

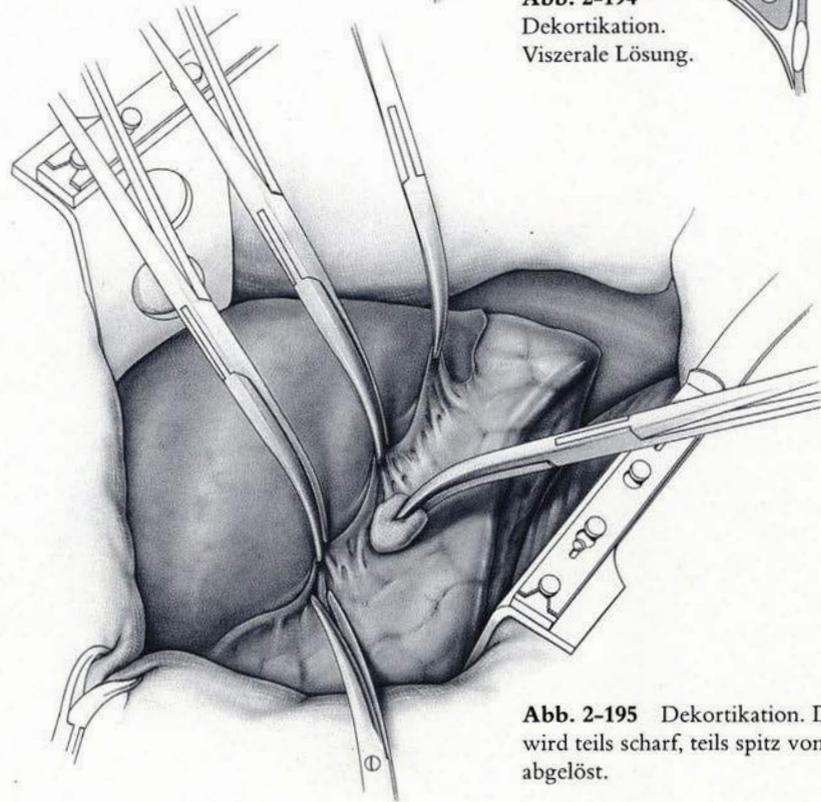
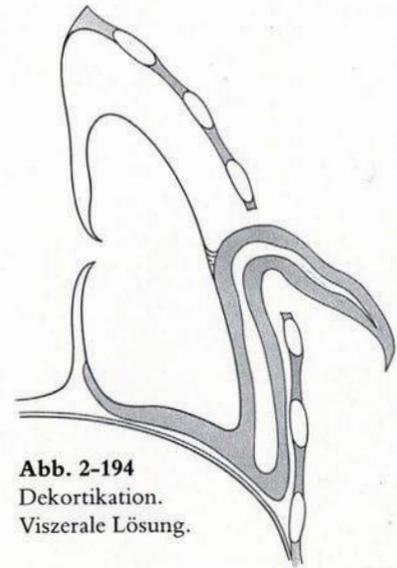


Abb. 2-195 Dekortikation. Der Empyemsack wird teils scharf, teils spitz von der Lunge abgelöst.

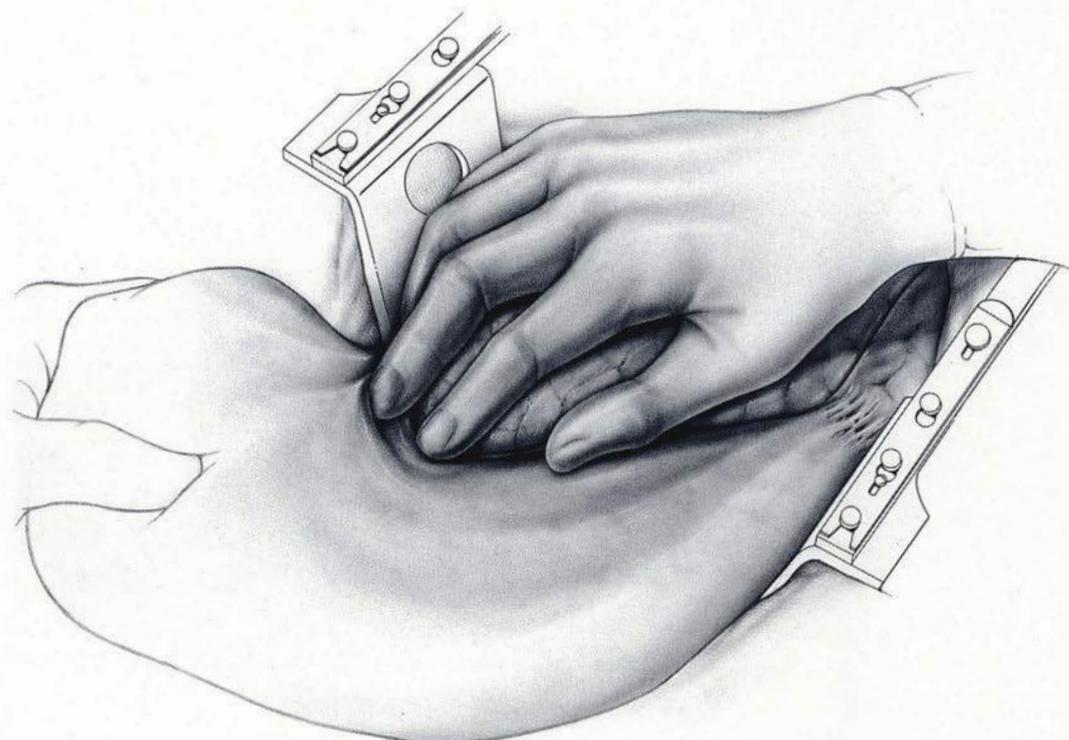


Abb. 2-196 Dekortikation. Ablösen der Schwarte im Apex- und Diaphragmabereich.

Ein Problem technischer Art kann die Entfernung der parietalen Schwiele am Zwerchfell darstellen. Hier ist die Schwiele im allgemeinen besonders schwer abzulösen, weil eine Trennschicht nach Art der Fascia endothoracica fehlt und die narbige Infiltration auf die dünne Zwerchfellmuskulatur übergreift; außerdem ist der Zugang im Thorax nach unten technisch erschwert. Eventuell muß ein zusätzlicher, tieferer Interkostalraum als Zugang nach Erweiterung der Hautinzision und Umsetzen des Rippensperrers gewählt werden. Nach stumpfer Auslösung im Sinus phrenicocostalis muß die Schwiele vielfach scharf von der Zwerchfellmuskulatur abgelöst werden, wobei Zwerchfellverletzungen durchaus entstehen können. Diese müssen sofort, eventuell unter Belassen von Schwielenanteilen zur Deckung, mit Einzelnähten versorgt werden. Die möglichst vollständige Befreiung des Zwerchfells ist aus atemphysiologischen Erwägungen unbedingt anzustreben.

Schwierigkeiten können auch in der Pleurakuppel dann auftreten, wenn bei der stumpfen Schwielenablösung die V. subclavia verletzt wird. Die sofort massiv einsetzende Blutung wird zunächst durch Kompression beherrscht. Volumenersatz muß bereitstehen. Nach Kompression der Vene proximal und distal mit kleinen Stieltupfern sollte die Läsion dann mit Gefäßnaht der Stärke 4-0 versorgt werden, wobei eine weitere Freipräparation des Gefäßes keinesfalls versucht werden sollte. Im Falle eines größeren Wunddefektes kann die Vene proximal und distal ligiert werden. Tiefe Umstechungen dürfen wegen der Gefahr einer Läsion anderer Strukturen (A. subclavia, Teile des Plexus) nicht durchgeführt werden.

Die mediastinale Pleura sollte nicht entrindet werden; die Gefahr der Verletzung des N. phrenicus ist zu groß. Seine Schädigung würde den atemphysiologischen Erfolg der Dekortikation weitestgehend in Frage stellen. Auch ist durch Belassen einer mediastinalen Schwiele keine Funktionseinschränkung gegeben.

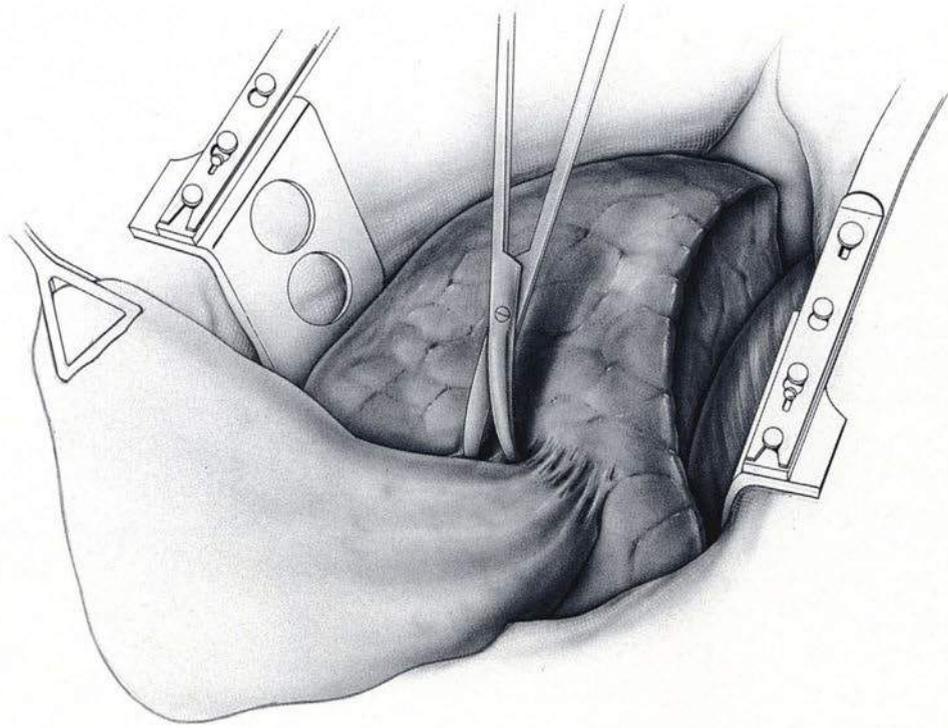


Abb. 2-197 Dekortikation. Der vom Zwerchfell abgelöste Empyemsack wird nun abgetrennt.

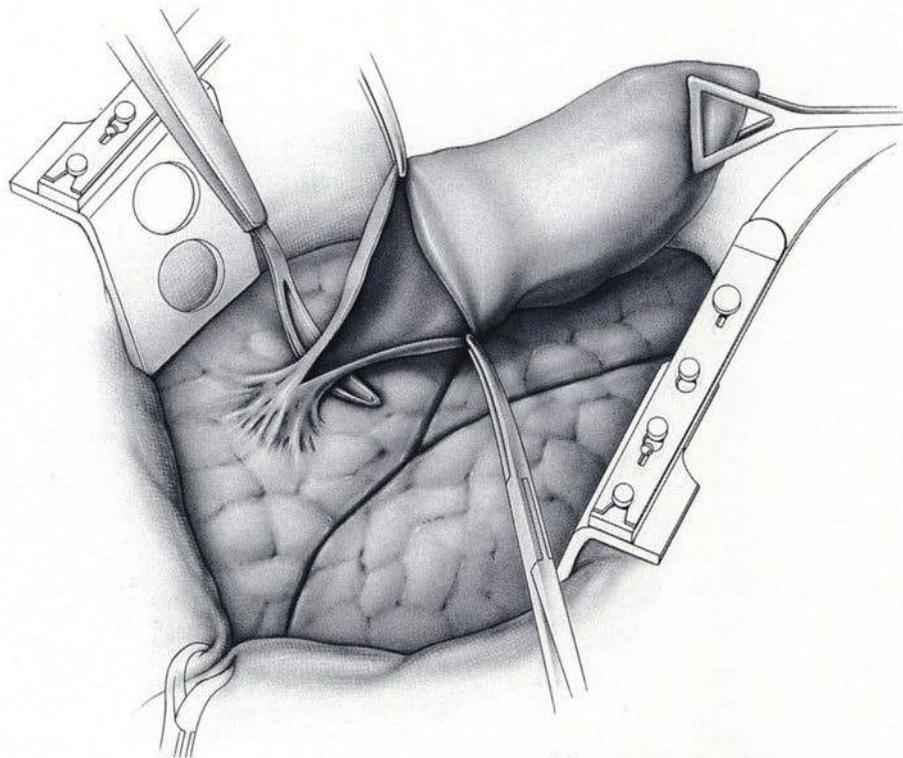


Abb. 2-198 Dekortikation. Interlobäres Empyem. Exzision des Empyemsacks, nach Eröffnung und Absaugen des Eiters.

Beim *interlobär abgesackten Empyem* wird nach Eröffnung und Absaugen des Eiters soweit wie möglich der Empyemsack exzidiert; Reste der Empyemschwiele müssen meist belassen werden. Sie werden soweit wie möglich mit dem scharfen Löffel gereinigt und gespült (Abb. 2-199). Größter Wert ist auf das Erreichen einer möglichst weitgehenden Ausdehnung der begrenzenden Lappen zu legen.

Nach jeder Dekortikation ist auf eine möglichst exakte Blutstillung der Thoraxwand zu achten. Diese erfordert neben der Elektrokoagulation von Blutaustrittsstellen u. U. auch vereinzelte Umstechungen oder Metallclips. Nach Spülung des Thoraxraumes (wenn möglich mit dem jeweils wirksamsten Antibiotikum) wird eine vordere und hintere Bülau-Drainage, die im Sinus in der vorderen und mittleren Axillarlinie ausgeleitet wird, gelegt. Die Lunge wird ausgedehnt. Die Anwendung von Fibrinkleber ist wegen der hohen fibrinolytischen Aktivität des Lungengewebes nur beschränkt wirksam. Der Thorax wird in üblicher Weise verschlossen. Die Thoraxdrains sollten, solange Luft gefördert wird, unter schwachem Sog (etwa 10 cm Wasser) gehalten werden.

Postoperative Komplikationen

Chylothorax

Die seltene, intraoperativ nicht auffällige Verletzung des Ductus thoracicus macht sich erst postoperativ durch Chylusdrainage bemerkbar. Mehrwöchige Saugdrainage führt im allgemeinen zum Versiegen des Chylusaustritts. Ganz selten wird eine Rethorakotomie erforderlich, wobei die Chylusfistel durch Umstechung verschlossen wird. Das Auffinden der Fistel wird erleichtert, wenn man dem Patienten mehrere Stunden vor der Operation Rahm zu trinken gibt.

Nachblutung

Sie stammt meist aus der Thoraxwand, u. U. auch aus Ästen der A. mammaria interna. Bei stärkerer Nachblutung durch die Drainage sollte die Revision frühzeitig vorgenommen werden. Größere Koagula müssen operativ entfernt werden, um einer sekundären Infektion und neuerlicher Schwarten- oder Empyembildung vorzubeugen.

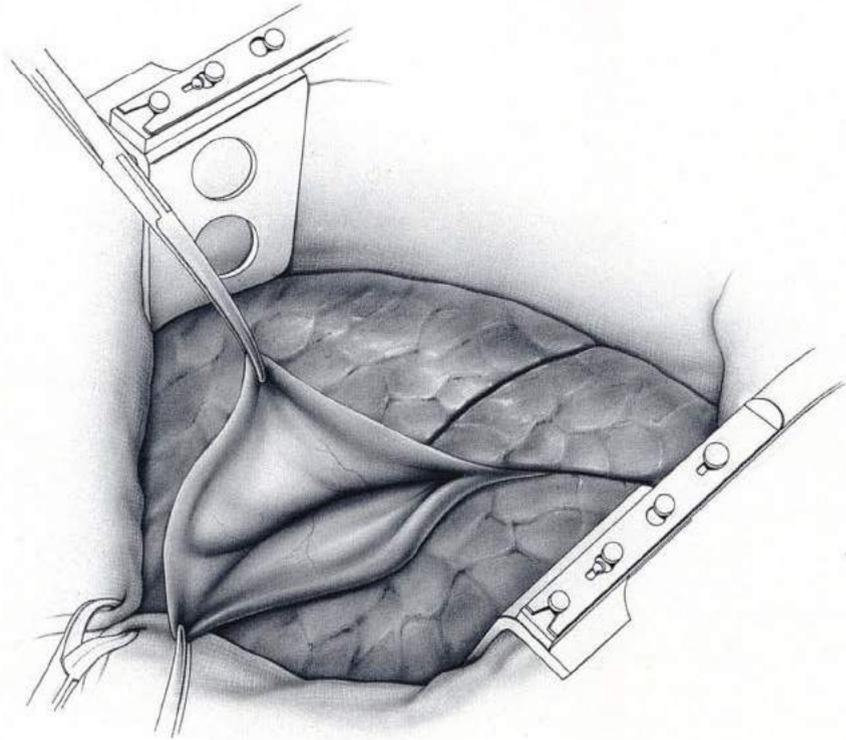


Abb. 2-199 Dekortikation. Oftmals ist eine gleichmäßige Ablösung der Schwiele von der Lunge nicht möglich. Solche Bezirke können, bei ansonsten vollständiger Ablösung, belassen werden.

Weiterführende Literatur

1. Brunner, A.: Die Eingriffe im Bereich der Brusthöhle. In: Kirschner, M.: Allgemeine und spezielle Chirurgische Operationslehre Bd. 6, Teil 1, hrsg. von Guleke, N., R. Zenker, 2. Aufl., S. 252-292. Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1967
2. Burford, T. H., E. F. Parker, P. C. Samson: Early pulmonary decortication in the treatment of posttraumatic empyema. *Ann. Surg.* 122 (1945) 163
3. Delorme, E.: Contribution à la chirurgie de la poitrine, 7ème Congres franç. Chir. (1893) 422
4. Delorme, E.: Nouveau traitement des empyèmes chroniques. *Gaz. Hôp. (Paris)* 67 (1894) 94
5. Fowler, G. R.: A case of thoracoplasty for the removal of a large cicatricial fibrous growth from the interior of the chest, the result of an old empyema. *Med. Rec.* 44 (1893) 838
6. Gibbon, F. H., D. C. Sabiston, F. C. Spencer: *Surgery of the Chest*, 3. Aufl., Saunders, Philadelphia-Toronto 1976
7. Heimlich, H. J.: Valve drainage of pleural cavity. *Dis. Chest* 53 (1968) 282
8. Kerr, W. F.: Late onset postpneumonectomy empyema. *Thorax* 32 (1977) 149
9. Kirschner, M.: Zur Radikalbehandlung des chronischen Pleuraempyems. *Langenbecks Arch. klin. Chir.* 117 (1921) 205
10. Lezius, A.: Der operative Verschluss von Bronchialfisteln und Gitterlungen durch Muskelplastiken. *Langenbecks Arch. klin. Chir.* 193 (1938) 493
11. Nissen, R.: Weichteilplastik zum Verschluss besonderer Empyemresthöhlen. *Zbl. Chir.* 58 (1931) 2130

3 Chirurgisches Vorgehen beim Herzbeutelerguß und bei der Lungenarterienembolie

F. Gschnitzer

Punktion und Drainage des Herzbeutels	145
<i>Vorbemerkung</i>	145
<i>Technik der Herzbeutelpunktion</i>	145
<i>Katheterdrainage</i>	146
Vordere Perikardresektion	147
<i>Vorbemerkung</i>	147
<i>Technik der vorderen Perikardresektion</i>	147
Perikardfensterung	148
<i>Vorbemerkung</i>	148
<i>Technik der Perikardfensterung – Zugänge</i>	148
Perikardfensterung durch totale mediane Sternotomie	148
Perikardfensterung durch partielle untere mediane Sternotomie	148
Perikardfensterung durch anterolaterale interkostale Thorakotomie	148
Epigastrische Perikardfensterung	148
<i>Weiterführende Literatur</i>	149
Thromboembolie der A. pulmonalis	
<i>Operatives Vorgehen</i>	150
<i>Weiterführende Literatur</i>	151

Punktion und Drainage des Herzbeutels

Vorbemerkung

Indikation für die *diagnostische Punktion* ist die Abklärung der Genese eines mit Ultraschall oder CT nachgewiesenen asymptomatischen Herzbeutelergusses. Bei symptomatischer chronischer Herzbeuteltamponade kann sich der diagnostischen Punktion (Bakteriologie! Zytologie!) die *therapeutische Entlastung* durch Abpunktieren von möglichst viel Erguß, ergänzt durch Einbringen einer *Drainage*, anschließen.

Eine akute Indikation zur Herzbeutelpunktion stellt sich bei dringendem, unter Umständen nicht durch andere Untersuchungen erhärtetem Verdacht auf eine Flüssigkeitsansammlung im Herzbeutel mit akuter Tamponadesymptomatik, z. B. bei Blutung infolge Trauma. Auch wenn bei der akuten Herzbeuteltamponade die entlastende Punktion von 10–20 ml Erguß oder Blut die klinische Symptomatik bereits entscheidend verringert, sollte man sich doch zur weitgehenden Entleerung des Herzbeutels durch Punktion (oder Drainage) entschließen, um für ein eventuell notwendiges weiteres Vorgehen bzw. dessen Vorbereitung Zeit zu gewinnen. Bei Vorliegen eines Hämato-perikards ist im allgemeinen eine operative Revision dringend angezeigt.

Technik der Herzbeutelpunktion

Eine Flüssigkeitsansammlung im Herzbeutel wird am zweckmäßigsten vom epigastrischen Winkel aus punktiert (Abb. 3-1). Dieser Punktionsweg erreicht den Herzbeutel an seinem tiefsten Punkt und umgeht die Peritoneal- und Pleurahöhlen. Außerdem ist das Risiko einer möglichen Herzverletzung gering, weil bei zu weitem Verschieben der Punktionsnadel die dem Zwerchfell aufsitzende Ventrikelmuskulatur erreicht wird; gefährlichere Verletzungen der Vorhöfe oder großer Gefäße sind nicht zu befürchten.

Die Punktion sollte unter Operationsbedingungen, also auf dem Operationstisch, vorgenommen werden. Der Patient liegt gestreckt auf dem Rücken, der Tisch ist um etwa 30° so gekippt, daß das Kopfende erhöht ist (Abb. 3-2). Diese Lagerung erleichtert gegenüber der vielfach empfohlenen halbsitzenden Lagerung die Manipulation. Sie ist auch Patienten mit Tamponadesymptomatik zumutbar, die eine Flachlagerung wegen Verstärkung der Tamponadesymptome keinesfalls tolerieren.

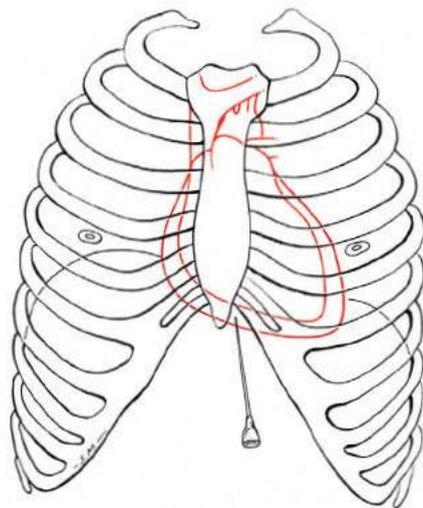


Abb. 3-1 Punktion eines Herzbeutelergusses. Epigastrischer Zugang. Übersicht.

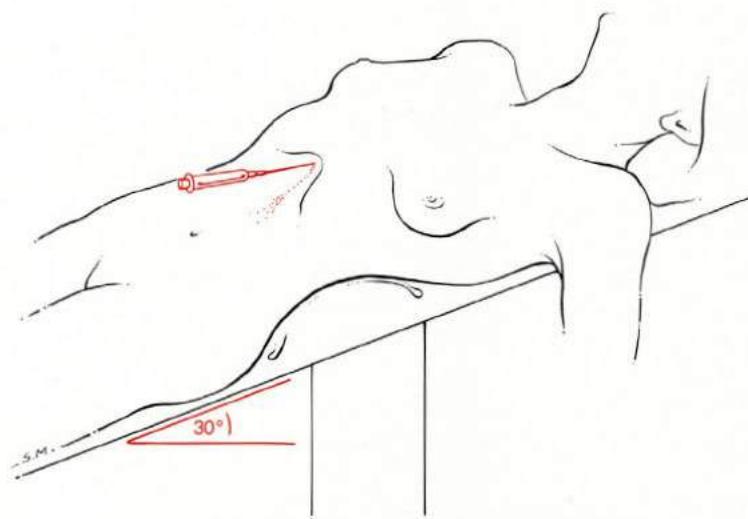


Abb. 3-2 Punktion eines Herzbeutelergusses. Lagerung des Patienten auf gekipptem Operationstisch.

Die Punktion kann in Lokalanästhesie erfolgen. Dies hat gegenüber einer Allgemeinnarkose den Vorteil, daß eine Überdruckbeatmung durch Maske oder Trachealtubus, die die Tamponadewirkung durch Erhöhung des intrathorakalen Druckes verstärkt, vermieden werden kann. Nach erster Druckentlastung des Herzbeutels kann für den Fall der erforderlichen Ausweitung des Eingriffs die Intubationsnarkose angeschlossen werden.

Der Einstich erfolgt im linken kostoxiphoidalen Winkel. Nach Infiltration der Einstichstelle mit 0,5- oder 1%igem Lokalanästhetikum wird eine etwa 10 cm lange, für einen Führungsdraht (für den Fall einer Katheterdrainage) durchgängige Kanüle, die auf eine mit Lokalanästhetikum gefüllte Spritze aufgesetzt ist, links paraxiphoidal senkrecht durch Haut und Subkutis eingestochen. Nach Erreichen des Niveaus des hinteren Rektusscheidenblattes wird die Nadel soweit abgesenkt, daß sie fast parallel zum Brustbein steht (Abb. 3-3). Unter Vorschieben der Nadel wird das Zwerchfell, das als Widerstand spürbar ist, durchstoßen; die Nadel dringt mit einem fühlbaren Ruck in die Herzbeutelhöhle ein. Nun kann Flüssigkeit aspiriert werden. Schiebt man die Nadel zu weit vor, so ist der Kontakt mit der Herzspitze an einem pulssynchronen Reiben fühlbar.

Katheterdrainage

Bei Vorliegen einer Tamponadesymptomatik wird jetzt durch die mit der Spitze im Herzbeutel liegende Kanüle ein Führungsdraht in den Herzbeutel eingeführt. Der Draht soll mehrere Zentimeter in den Herzbeutel ragen. Nach Erweiterung der Hautpunktionsstelle mit einem spitzen Skalpell wird die Nadel entfernt und entweder ein dünner, im Spitzenbereich mehrfach gelochter Plastik-katheter über den Führungsdraht in den Herzbeutel eingelegt, oder über ein Dilatationsset (wie zur Subklaviapunktion) ein dickerer Katheter in den Herzbeutel eingebracht. Die Verwendung kontrastgebender Katheter ist für eventuelle Röntgenkontrollen zweckmäßig.

Die Unterscheidung eines stark hämorrhagischen Ergusses von reinem Blut wird dadurch erleichtert, daß etwas Spritzeninhalt auf eine Gaze-Kompresse gespritzt wird: Blut wird rasch koagulieren, ein hämorrhagischer Erguß gerinnt nicht und ist lackartig gefärbt.

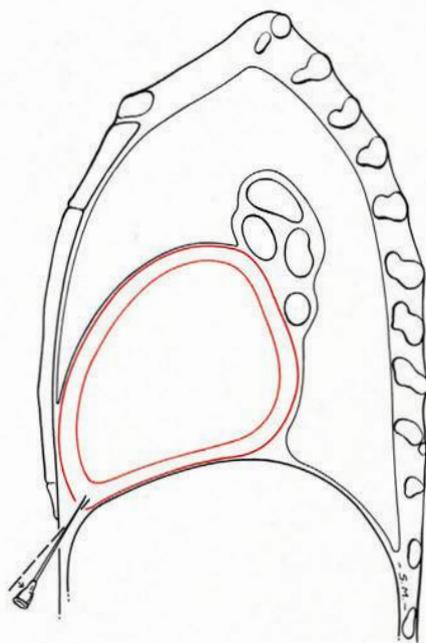


Abb. 3-3 Punktion eines Herzbeutelergusses. Nadelbewegung nach Durchstechen der Rektusscheidenhinterwand.

Vordere Perikardresektion

Vorbemerkung

Die Ursache einer akuten Herzbeutel-tamponade ist ein penetrierendes oder perforierendes Trauma, ein stumpfes, die Brustregion betreffendes Trauma, selten eine „spontane“ Herzruptur auf dem Boden eines Infarktes oder Aneurysmas. Blutungen nach Operationen am Herzen, nach Katheter- oder Elektrodenperforation (Anamnese!) sowie Infusionstamponade bei perforiertem Cava-superior-Katheter müssen in Erwägung gezogen werden. Auch chronische Ergüsse können zur akuten Tamponade führen. Bei Pfählungsverletzungen darf der pfählende Gegenstand keinesfalls vor Operationsbeginn entfernt werden.

Je nach klinischer Dringlichkeit und unter der Voraussetzung raschest möglicher Operationsbereitschaft erfolgt zunächst die Herzbeutelpunktion (siehe Abschnitt „Technik“) oder eine sofortige Thorakotomie.

Vorteil der primären Punktion ist die mögliche Verbesserung der hämodynamischen Situation für Anästhesiebeginn und Lagerung.

Die Wahl des weiteren Vorgehens ist abhängig von der Art der Erkrankung oder Verletzung, die die akute Herzbeutel-tamponade veranlaßt hat.

Technik der vorderen Perikardresektion

Abgesehen von der Herzbeutel-tamponade bei perforierender oder penetrierender Verletzung, bei der der Zugang in Abhängigkeit von der Eintrittsstelle und der anzunehmenden Lokalisation der Herzverletzung gewählt werden muß, bietet sich als rasch und blutsparend durchzuführender Zugangsweg die mediane Sternotomie an. Blutungen aus gestauten Jugulumvenen werden zunächst bis zur Druckentlastung des Herzbeutels mit Kompressen tamponiert und erst dann mit Umstechungen versorgt.

Die Eröffnung des gespannten Herzbeutels erfolgt median, der Schnitt wird nach oben bis zur Umschlagsfalte und nach unten bis zum Zwerchfell verlängert. Ein Herzbeutelerguß wird abgesaugt. Bei Ansammlung von Blut im Herzbeutel gibt die Blutfarbe bereits Hinweis auf die Lokalisation der Blutungsquelle (venös-arteriell), die gezielt aufgesucht werden muß (siehe Kapitel 5, Abschnitt „Verletzungen des Herzens“).

Um eine neuerlich auftretende Tamponade bei Herzbeutelerguß zu verhindern, wird die Resektion der vorne liegenden Anteile des Herzbeutels angestrebt (Abb. 3-4). Dazu werden links und rechts die Blätter der Pleura mediastinalis mit Präpariertupfern zur Seite und dann nach hinten vom Perikard abgeschoben. Die Pleura sollte möglichst nicht eröffnet werden. Kleinere Pleuraverletzungen können durch Naht verschlossen werden, wobei die Naht bei geblähter Lunge geknüpft wird.

Größere Pleuraverletzungen lassen sich nicht luftdicht verschließen und machen eine typische Pleuradrainage im tiefsten Punkt erforderlich.

Das Abschieben der Pleura mediastinalis erfolgt beiderseits bis knapp vor den Verlauf des N. phrenicus. Die so freigelegten Perikardanteile werden reseziert, wobei auf exakte Blutstillung durch Elektrokoagulation geachtet werden muß.

Cave

Verletzungen des N. phrenicus.

Die resezierten Perikardanteile werden zur Klärung der Ursache des Ergusses zur mikroskopischen Untersuchung eingeschickt.

Der Eingriff wird nach exakter Blutstillung (besonders auch im Bereich des mediastinalen Sternumperiosts) durch Einlegen eines Perikarddrains, eines retrosternalen Drains sowie durch Sternum- und Weichteilnahtverschluß beendet.

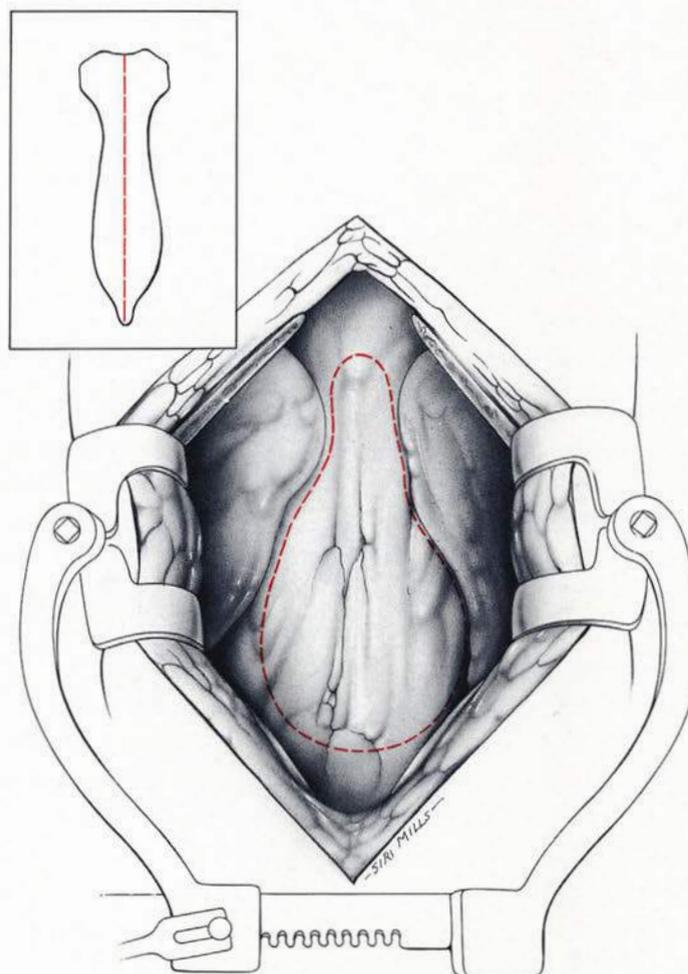


Abb. 3-4 Vordere Herzbeutelresektion. Zugang durch totale mediane Sternotomie, mediane Herzbeutelinzision (punktiert die Herzbeutelresektionslinie).

Perikardfensterung

Vorbemerkung

Bei chronischen Ergüssen, wie sie besonders nach mediastinaler Strahlentherapie oder bei Perikardkarzinose beobachtet werden, kann eine Perikardfensterung mit der Möglichkeit der Ergußdrainage in eine Pleurahöhle, ins Mediastinum oder in das präperitoneale Fettgewebe die rezidivierenden, subakuten Tamponadesymptome beseitigen. Allerdings muß das Perikardfenster eine Größe von etwa 4×4 cm haben, um eine anhaltende Wirkung zu gewährleisten.

Als Zugangswege bieten sich die totale mediane Sternotomie, die partielle untere mediane Sternotomie, die anterolaterale links- oder rechtsseitige Thorakotomie und – weniger günstig – der epigastrische Zugang an.

Technik der Perikardfensterung – Zugänge

Perikardfensterung durch totale mediane Sternotomie

Siehe Kapitel 1, Abschnitt „Totale mediane Sternotomie“.

Perikardfensterung durch partielle untere mediane Sternotomie

Der Hautschnitt verläuft median vom Manubrium-Korpus-Übergang bis über die Schwertfortsatzspitze. Nach Inzision des Sternumperiosts und der Linea alba über dem Schwertfortsatz wird mit dem Zeigefinger das Fettgewebe unter dem Xiphoid nach hinten abgeschoben und zunächst der Schwertfortsatz mit einer Knochenschere median gespalten. Unter stumpfem Abschieben der Zwerchfellansätze erfolgt mit der Schere die schrittweise Spaltung des Corpus sterni bis knapp unterhalb des Manubrium-Korpus-Überganges. Mit Einzinkerhaken werden die Sternumränder so weit auseinandergehalten, daß ein kleiner Sternumspreizer eingesetzt werden kann. Hierauf erfolgt nach Abschieben der Pleura

die Spaltung und Fensterung des Perikards. Einlegen einer Substernal- und eventuell einer Perikarddrainage, 2 bis 3 Sternumnähte sowie anschließender Weichteilverschluß beenden den Eingriff.

Der Vorteil der inkompletten Sternotomie ist die weitgehende Erhaltung der Brustkorbstabilität.

Perikardfensterung durch anterolaterale interkostale Thorakotomie

Von einem Submammarschnitt aus wird in üblicher Weise der Brustkorb vorne im 5. ICR eröffnet. Nach Einsetzen des Thoraxspreizers wird die Lunge mit Spatel abgedrängt und der Herzbeutel transpleural eingestellt. Beim linksseitigen Zugang wird vor dem N. phrenicus ein Perikardfenster über dem linken Ventrikel ausgeschnitten. Es darf keinesfalls so groß sein, daß das Herz in die linke Pleurahöhle luxieren kann. Beim rechtsseitigen Vorgehen droht dieses Risiko nicht. Hier wird – ebenfalls unter Schonung des N. phrenicus – ein Perikardfenster über der Seitenwand des rechten Vorhofs ausgeschnitten. Anschließend folgen die Blutstillung der Perikardschnittränder, Einlegen einer Bülau-Drainage in die Pleurahöhle sowie der übliche Thorakotomiever-schluß.

Epigastrische Perikardfensterung

Der Hautschnitt wird bogenförmig nach unten konkav, im Abstand von etwa 2 cm dem Rippenbogen rechts und/oder links folgend, gesetzt, oder aber ein Medianschnitt, über dem Xiphoid beginnend, bis in die Mitte des Oberbauches (Abb. 3-5). Das Xiphoid wird mit einer groben Hakenklemme oder einem Einzinker gefaßt und exstirpiert (Abb. 3-6). Beim Querschnitt werden die beiden Rektusscheiden eingekerbt und die Rektusmuskeln mit Fensterhaken zur Seite gehalten. Bei sehr adipösen Patienten müssen auch die Rektusmuskeln eingekerbt oder durchtrennt werden. Beim Medianschnitt wird die Linea alba auf eine Strecke von etwa 10 cm von oben her ohne Eröffnung des Bauchfells gespalten.

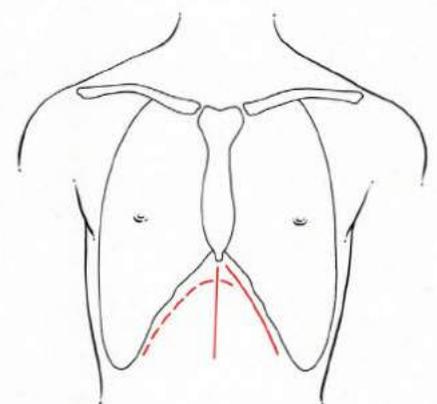


Abb. 3-5 Epigastrische Perikardfensterung. Subkostaler linksseitiger oder bilateraler Schnitt, mediane Oberbauchinzision.

Durch stumpfes Vorgehen mit Präpariertupfern nach oben wird der ventrale Ansatz des Zwerchfells median freigelegt und dann inzidiert (Abb. 3-7). Durch Fassen des fibrösen hinteren Teils des Zwerchfellinzisionsrandes mit Hakenklemmen kann ein etwa 2×2 cm großes Fenster aus dem fibrösen Zwerchfellanteil und dem anhaftenden basalen Perikard geschnitten werden (Abb. 3-8). Größere Fenster lassen sich auf diesem Wege kaum gefahrlos erzielen. Eine Drainage wird in den Herzbeutel eingelegt (Abb. 3-9) und die Wunde schichtweise verschlossen.

Nachteile dieses Zuganges sind die Unübersichtlichkeit, die Möglichkeit einer nur kleinen Fensterung (durch Verklebung und Verwachsung eingepreßten, präperitonealen Fettgewebes droht der frühzeitige Verschluss der Fensterung und damit ein Rezidivieren der Tamponade) und – beim medianen Zugang – die relativ hohe Neigung zu Narbenhernien.

Weiterführende Literatur

1. Alcan, K. E., P. M. Zabetakis, N. D. Marino, A. J. Franzone, M. F. Michelis, M. S. Bruno: Management of acute cardiac tamponade by subxiphoid pericardiotomy. *JAMA* 247 (1982) 1143
2. Callahan, J. A., J. B. Seward, A. J. Tajik, D. R. Holmes jr., H. C. Smith, G. S. Reeder, F. A. Miller jr: Pericardiocentesis assisted by two-dimensional echocardiography. *J. thorac. cardiovasc. Surg.* 85 (1983) 877
3. Guberman, B. A., N. O. Fowler, P. J. Engel, M. Gueron, J. M. Allen: Cardiac tamponade in medical patients. *Circulation* 64 (1981) 633
4. Hamelmann, H., E. Struck: Die Eingriffe am Herzbeutel. In: Kirschner, M.: Allgemeine und Spezielle Operationslehre, Bd. VI/Teil 2, hrsg. von Borst, H. G., W. Klinger, A. Senning. Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1980
5. Levin, B. H., B. L. Aaron: The subxiphoid pericardial window. *Surg. Gynec. Obstet.* 155 (1982) 804
6. Merx, W., P. Schweizer, W. Krebs, S. Effert: Verbesserte Punktionstechnik des Perikards und Quantifizierung von Perikardergüssen mittels Ultraschall. *Dtsch. med. Wschr.* 104 (1979) 19
7. Miller, J. I., K. A. Mansour, C. R. Matcher jr.: Pericardiectomy. Current indications, concepts, and results in a university center. *Ann. thorac. Surg.* 34 (1982) 40
8. Piehler, J. M., J. R. Pluth, H. V. Schaff, G. K. Danielson, T. A. Orszulak, F. J. Puga: Surgical management of effusive pericardial disease. Influence of extent of pericardial resection on clinical course. *J. thorac. cardiovasc. Surg.* 90 (1985) 506
9. Santos, G. H., R. W. M. Frater: The subxiphoid approach in the treatment of pericardial effusion. *Ann. thorac. Surg.* 23 (1977) 467
10. Swartz, D., Ch. Livingston, F. Tio, J. Mack, J. K. Trinkle, F. L. Grover: Intrapericardial diaphragmatic hernia after subxiphoid epicardial pacemaker insertion: Case reports. *J. thorac. cardiovasc. Surg.* 88 (1984) 633

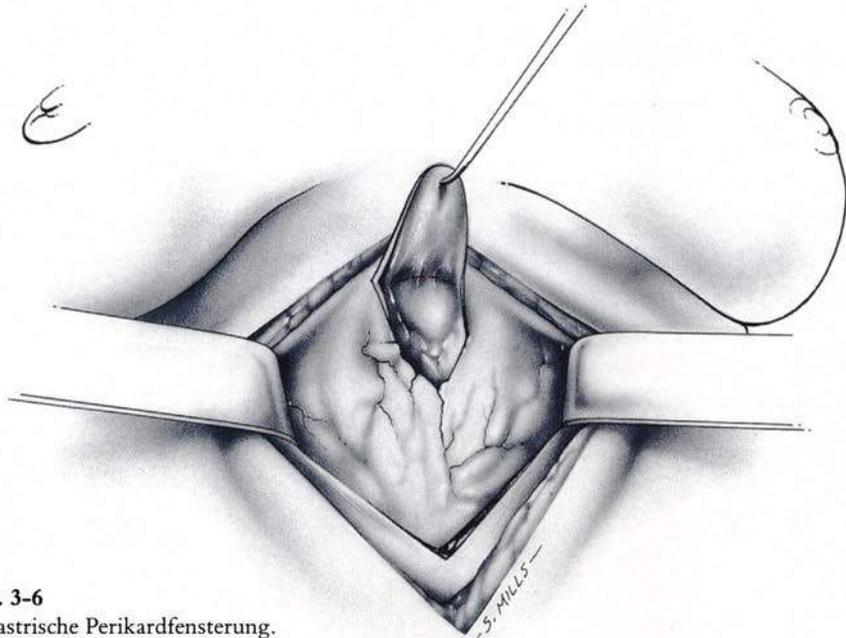


Abb. 3-6 Epigastrische Perikardfensterung. Das Xiphoid ist mit dem Einzinker gefaßt und nach oben gezogen.

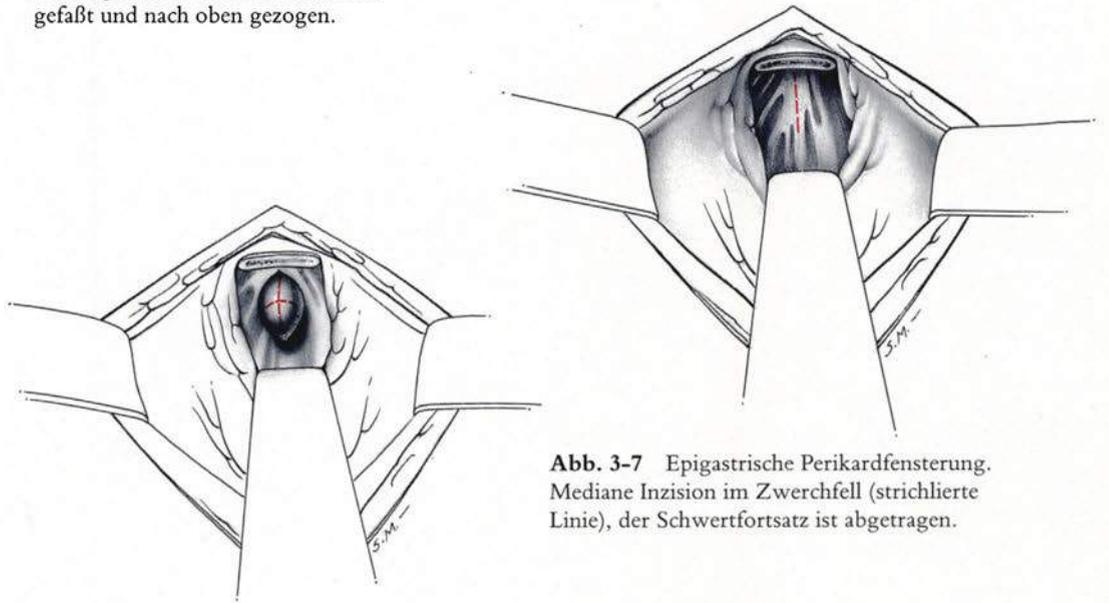


Abb. 3-7 Epigastrische Perikardfensterung. Mediane Inzision im Zwerchfell (strichlierte Linie), der Schwertfortsatz ist abgetragen.

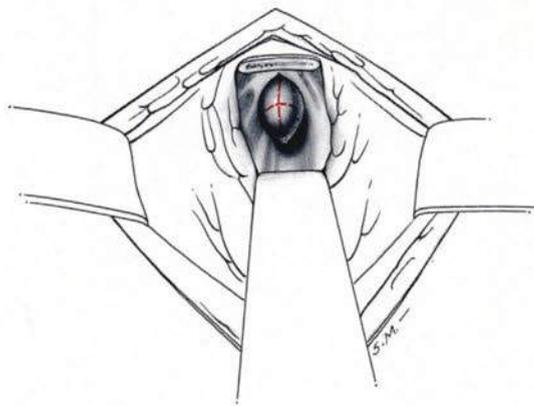


Abb. 3-8 Epigastrische Perikardfensterung. Nach Inzision des Zwerchfells liegt die Herzbeutelbasis frei. Es wird ein 2×2 cm großes Fenster ausgeschnitten.

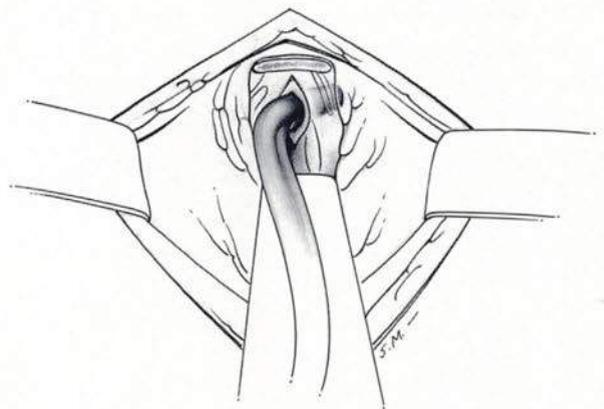


Abb. 3-9 Epigastrische Perikardfensterung. Einlegen der Drainage in den Herzbeutel.

Thromboembolie der A. pulmonalis

(Trendelenburg 1908, Kirschner 1927)

Operatives Vorgehen

Im Einzelfall kann bei weitestgehend gesicherter Diagnose die operative Embolektomie aus der A. pulmonalis eine lebensrettende Maßnahme darstellen.

Die hier gegebene Schilderung entspricht der Technik ohne Anwendung der extrakorporalen Zirkulation. Sie sollte nur im wirklichen Notfall, zum Beispiel auch bei der intraoperativen Tumorembole bei Operationen wegen Nierentumoren, eingesetzt werden. Die Kreislaufunterbrechung darf maximal 4 Minuten dauern, kann aber nach kurzer Freigabe wiederholt werden.

Nach medianer Sternotomie und Perikardiotomie stellen sich rechter Vorhof und Ventrikel überdehnt dar (Abb. 3-10). An der Vorderwand des Pulmonalisstammes werden nebeneinander 2 Haltefäden angebracht. Hierauf werden beide Hohlvenen mit weichen Gefäßklemmen intraperikardial abgeklemmt (Abb. 3-11). Die A. pulmonalis wird in Längsrichtung zwischen den beiden Haltefäden eröffnet. Dunkles Blut tritt zunächst im Schwall aus, bis Vorhof und rechter Ventrikel weitgehend entleert sind. Dann wird eine Gallensteinfaßzange in die linke und rechte Pulmonalarterie eingeführt und versucht, embolisierendes Material zu extrahieren (Abb. 3-12). Dies wird durch gleichzeitigen Druck des Anästhesisten auf die Lunge, wodurch die Pulmonalgefäße ausgepreßt werden, unterstützt.

Das Manöver kann auch mit einem Sauger, der in die A. pulmonalis eingeführt wird, vervollständigt werden. Wenn der Sitz der embolischen Verlegung durch vorangegangene Pulmonalisangiographie bekannt ist, kann man sich mit dem Extraktionsversuch dieser Seite begnügen. Nach Beendigung der Extraktion wird der Herzbeutel mit Kochsalzlösung gefüllt, gleichzeitig eine Hohlvene zur Blutfüllung des rechten Herzens (Entlüftung) kurzzeitig freigegeben.

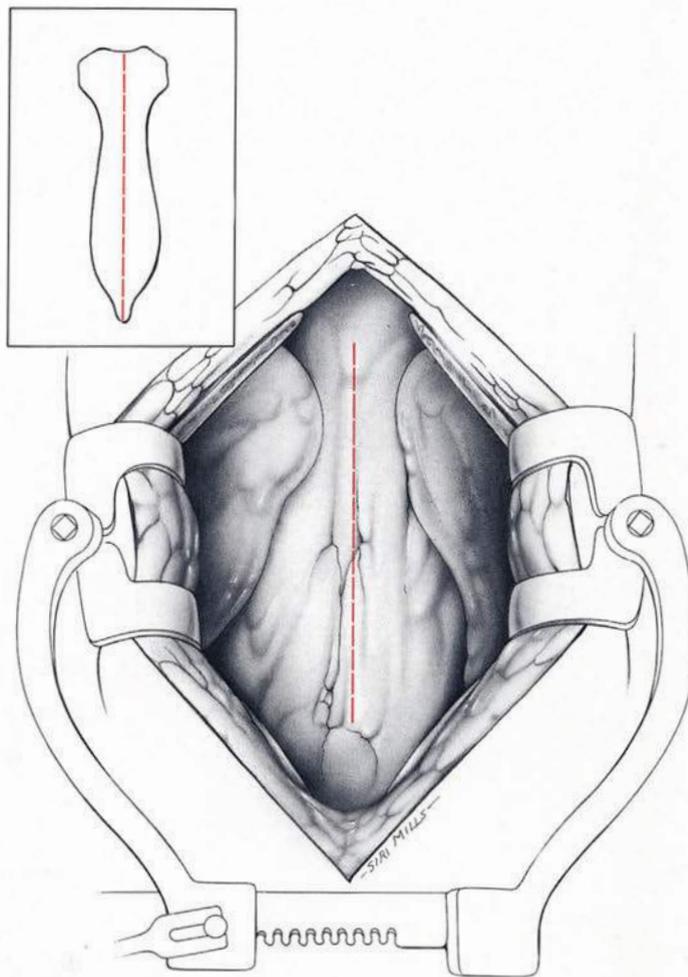


Abb. 3-10 Nach medianer Sternotomie mediane Herzbeutelinzision (strichliert). Diese kann türflügelartig erweitert werden.

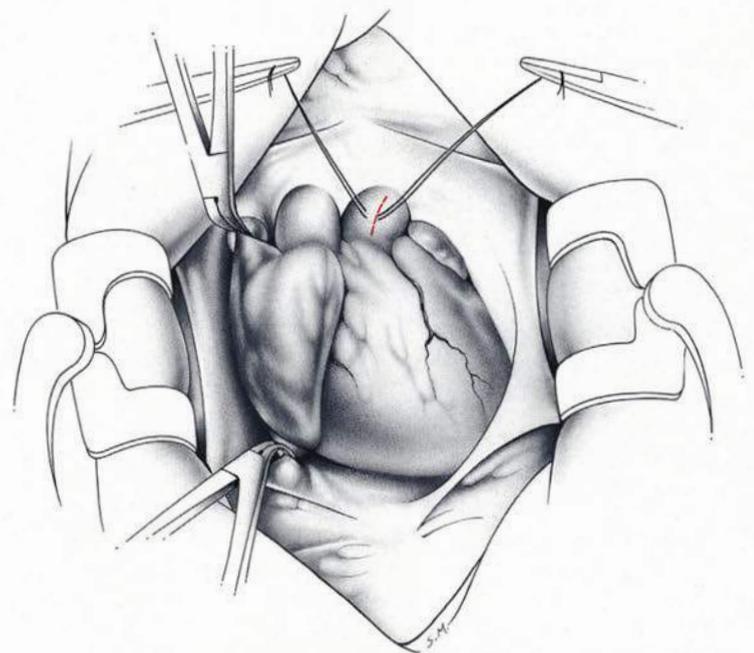


Abb. 3-11 Einflußsperre durch Abklemmen beider Hohlvenen intraperikardial. Vorher wurden 2 Haltefäden an der Vorderwand des Pulmonalisstammes gelegt, dazwischen angedeutet die Inzisionsöffnung der Pulmonalarterie.

Cave

Entlüftung des rechten Herzens vor Verschuß der Inzision der Pulmonalarterie zur Vermeidung einer Luftembolie.

Mit einer Satinsky-Klemme wird die Inzision der Pulmonalarterie unter Hochziehen der Haltefäden tangential ausgeklemmt und hierauf der Kreislauf durch Freigabe der Hohlvenen wiederhergestellt.

Beachte:

In dieser Operationsphase muß der Volumenverlust durch Infusion rasch ausgeglichen werden.

Bei stabilen Kreislaufverhältnissen erfolgt die fortlaufend überwendliche Naht der Pulmonalarterieninzision von oben nach unten (Abb. 3-13a und b), anschließend wird die Satinsky-Klemme abgenommen.

Erst jetzt erfolgt eine exakte Blutstillung im Bereich der Sternotomie. Ein Herzbeuteldrain wird eingelegt, der Herzbeutel wird wegen der Überdehnung des rechten Ventrikels offen gelassen.

Inwieweit zur Vorbeugung weiterer Thromboembolien ein Cavaschirm gleich eingelegt werden soll (siehe Band „Gefäßchirurgie“), muß im Einzelfall entschieden werden.

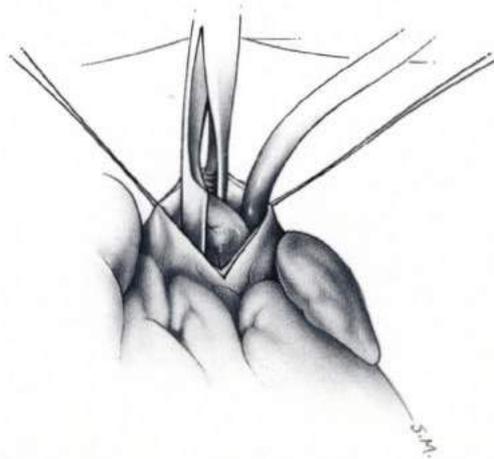


Abb. 3-12 Embolektomie mit Kornzange und Sauger aus dem Stamm der Pulmonalarterie.

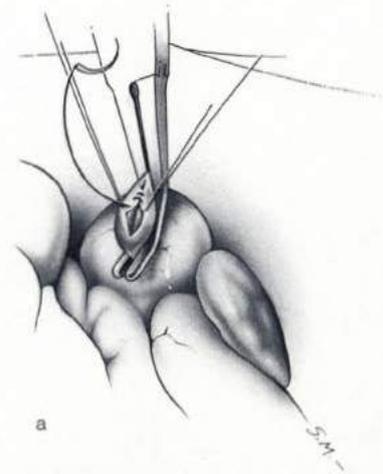
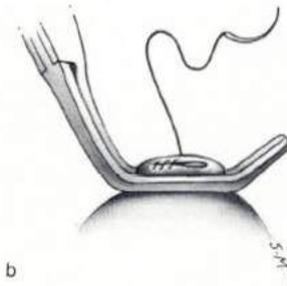


Abb. 3-13a und b Die Pulmonalisinzision wird nach Hochziehen der Haltefäden mit einer Satinsky-Klemme tangential verschlossen und fortlaufend, oben beginnend, vernäht.

Weiterführende Literatur

1. Derra, E., H. Franke: Chirurgie des Herzens und seiner Gefäße. In: Breitner, B.: Chirurgische Operationslehre, Bd. III, hrsg. von Gschnitzer, F., E. Kern, L. Schweiberer. Urban & Schwarzenberg 1983
2. Kleinschmidt, O.: Die Eingriffe an der Brust und in der Brusthöhle. In: Kirschner, M.: Allgemeine und spezielle Operationslehre, Bd. III, 3. Teil. Springer, Berlin 1940
3. Nissen, R.: Embolektomie bei der protrahiert tödlichen Lungenembolie. Schweiz. med. Wschr. 91 (1961) 793
4. Soyer, R., Ch. Dubost: Erworbene Affektionen der A. pulmonalis. Die Lungenembolien. In: Derra, E., W. Bircks (Hrsg.): Handbuch der Thoraxchirurgie, Ergänzungswerk Herzchirurgie. Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1976
5. Voßschulte, K., H. Stiller, F. E. Isenreich: Emergency embolectomy by the transsternal approach in acute pulmonary embolism. Surgery 58 (1965) 317

4 Chirurgie des Mediastinums einschließlich Trachea und Bifurkation

W. Maaßen

Anatomische Vorbemerkung	155
Mediastinoskopie	157
<i>Instrumente</i>	157
<i>Untersuchungsgang</i>	157
<i>Komplikationen</i>	160
<i>Remediastinoskopie</i>	160
<i>Erweiterte Mediastinoskopie</i>	160
Operative Zugangswege zum Mediastinum	161
<i>Kollare Mediastinotomie</i>	161
<i>Anteriore Mediastinotomie</i>	161
<i>Posteriore Mediastinotomie</i>	162
<i>Juguläre Mediastinotomie</i>	163
<i>Thorakotomie</i>	163
Operation einer endothorakalen Struma	164
Operation von Tumoren des unteren Mediastinums	164
Operation eines Neurinoms	164
Thymektomie	165
Chirurgie der Trachea	166
<i>Verschuß einer ösophagotrachealen Fistel</i>	166
<i>Transperikardialer Verschuß einer bronchopleuralen Fistel nach Pneumonektomie</i>	166
<i>Verschuß einer rechtsseitigen Fistel</i>	166
<i>Verschuß einer linksseitigen Fistel</i>	167
<i>Tracheotomie</i>	169
<i>Resektionen im Bereich der Trachea</i>	171
<i>Zugangswege</i>	171
<i>Resektionen in den oberen 2 Dritteln der Trachea</i>	172
<i>Larynxmobilisation</i>	174
<i>Resektionen im unteren Drittel der Trachea</i>	175
<i>Resektion der Trachealbifurkation</i>	177
<i>Pneumonektomie mit Resektion der Karina</i>	178
<i>Anwendung von Trachealprothesen</i>	179
<i>Resektion subglottischer Stenosen</i>	179
<i>Eingriffe bei Tracheomalazie</i>	180
<i>Fixation der Trachealhinterwand bei trachealer Dyskinesie und Prolaps der Hinterwand</i>	181
Weiterführende Literatur	181

Anatomische Vorbemerkung

Eingriffe im Bereich des Mediastinums sind heute ebenso standardisiert wie die übrigen Thoraxeingriffe. Ihre Beherrschung setzt eine genaue Kenntnis der topographischen Anatomie und der operativen Zugangswege voraus.

Bei der Wahl optimaler Zugangswege zum Mediastinum hat sich eine anteroposteriore Einteilung bewährt, bei der das mittlere Mediastinum von dem Herzen, der Aorta ascendens und dem Aortenbogen, den großen Arterien und Venen, den Lungenwurzeln sowie von Trachea und Hauptbronchien eingenommen wird.

Davor liegt das vordere Mediastinum (sogenannter Retrosternalraum) mit Thymus oder dessen Resten, Vasa mammaria und Lymphknoten, dahinter das hintere Mediastinum mit Ösophagus, Ductus thoracicus, Nn. vagi, Nn. splanchnici majores, Vv. azygos und hemiazygos, Aa. und Vv. intercostales (Abb. 4-1).

Zusätzlich kann man kraniokaudal ein oberes, mittleres und unteres Mediastinum unterscheiden.

Zwischen diesen Gebilden liegen die Hauptlymphknotengruppen und Lymphgefäße; die Zwischenräume und Schichten werden von Bindegewebe und Fettgewebe sowie kleinen Lymph- und Blutgefäßen ausgefüllt. Auch trifft man hier autonome Nervenfasern, Ganglien und Paraganglien sowie Glomus- oder Chemorezeptorengewebe an. In der paravertebralen Region verlaufen beiderseits der Grenzstrang und im linken unteren Teil die Aorta thoracica descendens.

Betrachtet man das Mediastinum von der rechten Seite, erkennt man die Pleura mediastinalis, in der vorderen Loge die Thymusdrüse und den N. phrenicus, der auf der V. cava superior bzw. dem Herzbeutel, begleitet von der A. bronchopericardiaca, verläuft. Um die Lungenwurzel schlingt sich nach dorsal und kaudal die V. azygos mit den zu den oberen 3 Interkostalräumen besonders stark ausgebildeten Zuläufen. Dorsal der Lungenwurzel liegt die Speiseröhre mit den begleitenden Nerven und, dahinter, der Ductus

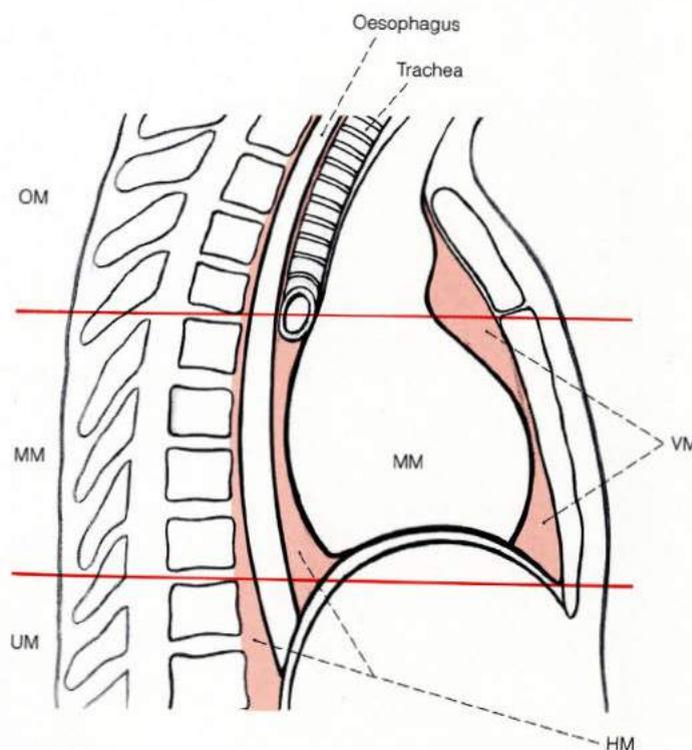


Abb. 4-1 Schematische Einteilung des Mediastinums in anteroposteriorer und kraniokaudaler Richtung.

HM = Hinteres Mediastinum; MM = Mittleres Mediastinum; VM = Vorderes Mediastinum; OM = Oberes Mediastinum; UM = Unteres Mediastinum.

thoracicus. Weiterhin erkennt man im Paravertebralbereich den Sympathikus mit den Nn. splanchnici. Der N. vagus gibt sehr hoch den N. recurrens ab und verläuft zunächst auf der Trachea, später neben dem Ösophagus (Abb. 4-2a).

Von links her auf die mediastinale Pleura gesehen, erkennt man wiederum das Herz mit dem Aortenbogen und der Aorta descendens sowie die V. hemiazygos (Abb. 4-2b).

Der N. vagus gibt hier den N. recurrens sehr tief ab; dieser schlingt sich dann unter dem Aortenbogen hindurch wieder nach kranial.

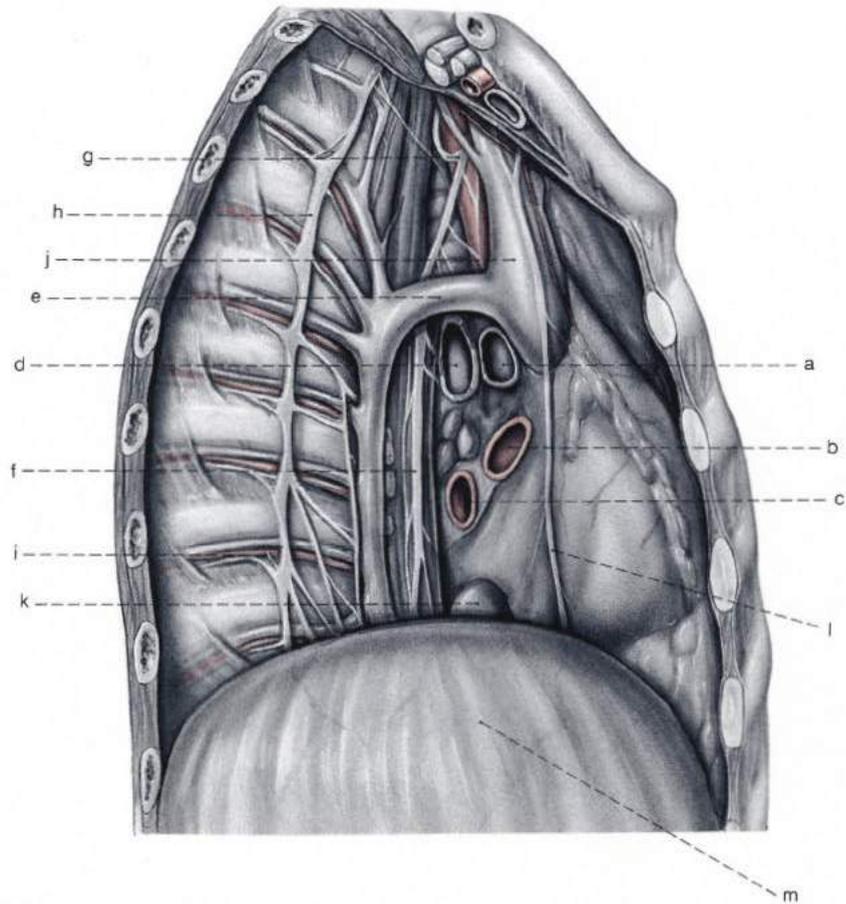
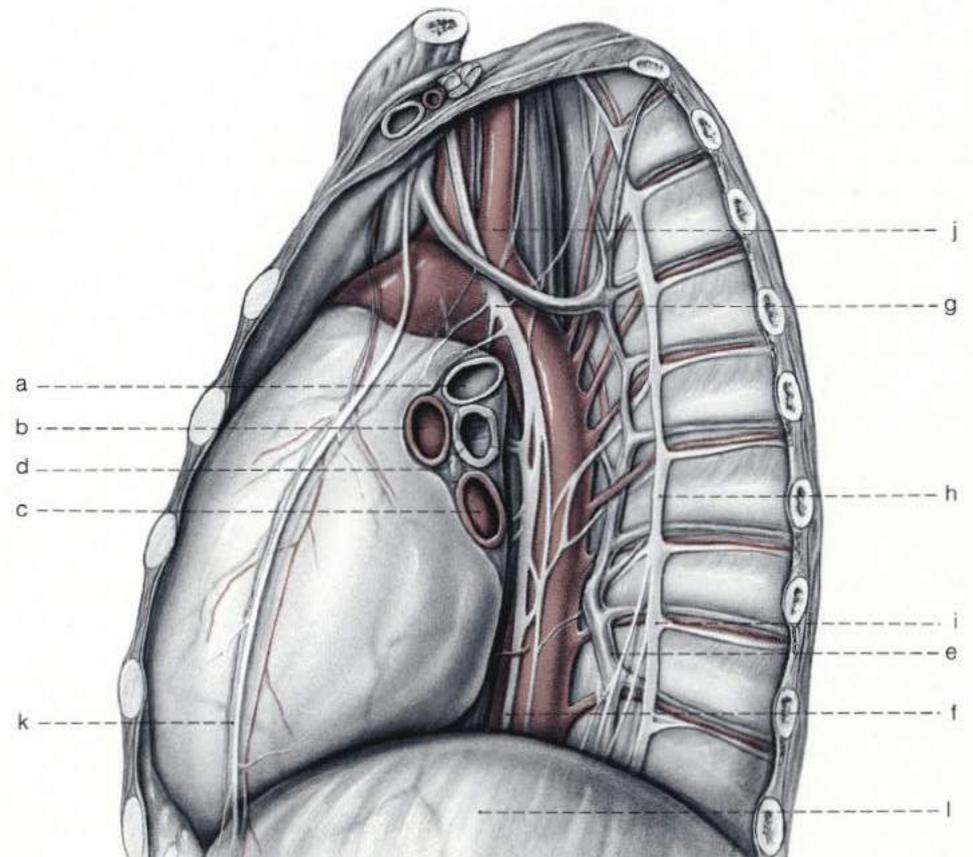


Abb. 4-2a Ansicht des Mediastinums von der rechten Thoraxhälfte aus.

- | | |
|-------------------------------------|---|
| a) Rechte Pulmonalarterie | h) Sympathikusstrang |
| b) Obere Pulmonalvene | i) Interkostalnerv, -arterie und -vene |
| c) Untere Pulmonalvene | j) V. cava superior |
| d) Rechter Hauptbronchus | k) V. cava inferior |
| e) V. azygos | l) N. phrenicus und Vasa pericardiacophrenica |
| f) Speiseröhre mit N. vagus | m) Zwerchfell |
| g) Oberer N. vagus mit N. recurrens | |

Abb. 4-2b Ansicht des Mediastinums von der linken Thoraxhälfte aus.

- | |
|---|
| a) Linke Pulmonalarterie |
| b) Obere Pulmonalvene |
| c) Untere Pulmonalvene |
| d) Linker Hauptbronchus |
| e) V. hemiazygos |
| f) Speiseröhre mit N. vagus |
| g) Oberer N. vagus mit N. recurrens |
| h) Sympathikusstrang |
| i) Interkostalnerv, -arterie und -vene |
| j) Linke A. und V. subclavia |
| k) N. phrenicus mit Vasa pericardiacophrenica |
| l) Zwerchfell |



Mediastinoskopie

Neben der Bronchoskopie und der Ösophagoskopie stellt die Mediastinoskopie die wichtigste endoskopische Untersuchung des Mediastinums dar. Ihr Untersuchungsbereich ist nicht präformiert, sondern muß chirurgisch gewonnen werden.

Instrumente

Man benötigt folgende Instrumente (Abb. 4-3a und b):

- Mediastinoskop in langer und kurzer Ausführung mit Kaltlicht
- Stumpfer Saugstab mit seitlicher Öffnung und abgewinkeltem Ansatz für die Verbindung zum Motorsauger
- Tupferzange, die auch zur stumpfen Gewebespreizung in der Tiefe benutzt werden kann
- Probeexzisionszange
- Spritze mit dünner langer Nadel zur Probepunktion
- Je ein Paar kleine und mittelgroße Wundhaken
- 1 Präparierklemme, 2 Präpariertupfer, je 1 anatomische und chirurgische Pinzette, Kocher-Klemmen, Nadelhalter und Nadeln, Adaptations- und Klammerpinzetten, Hautklammern, 1 Skalpell.

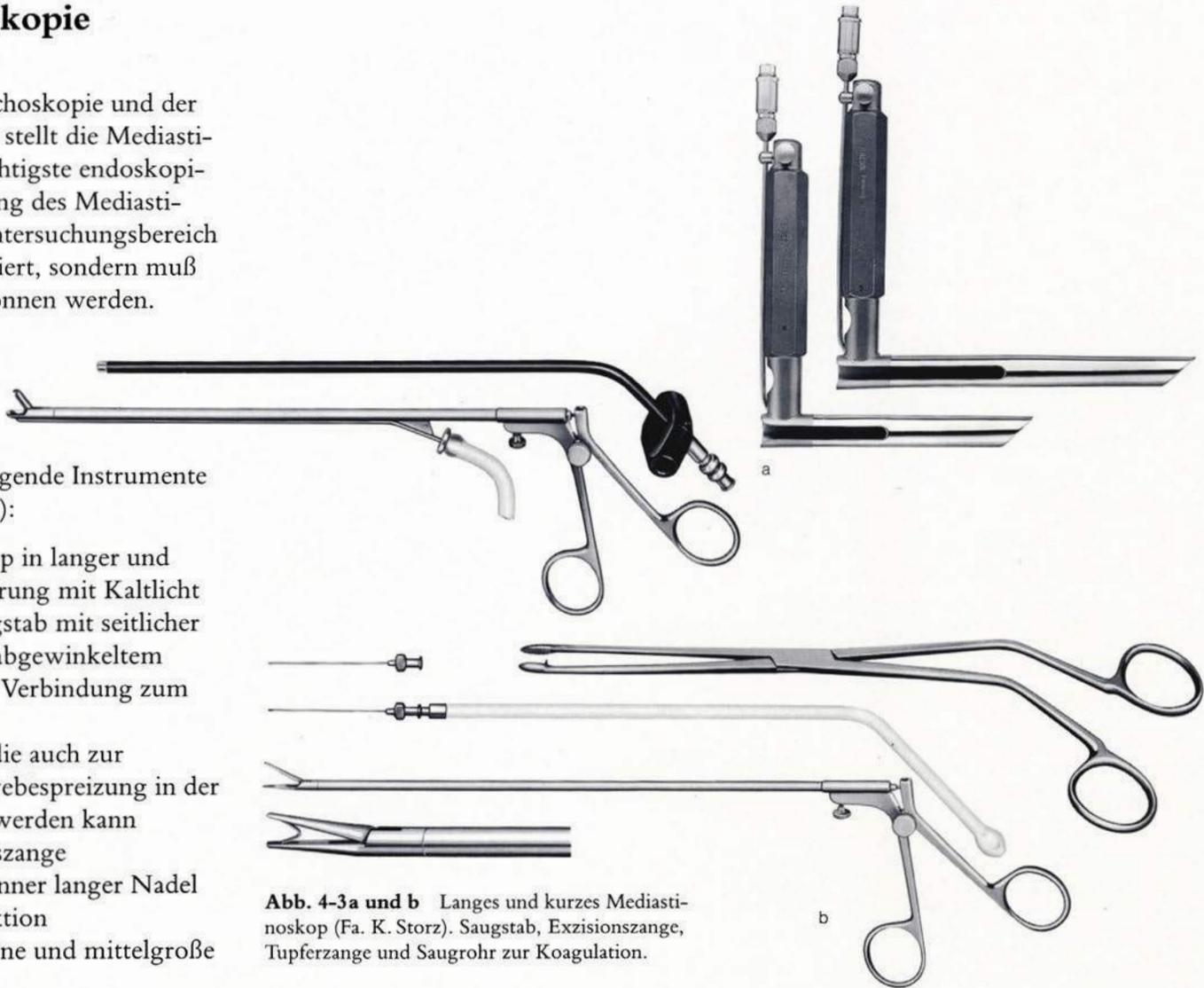
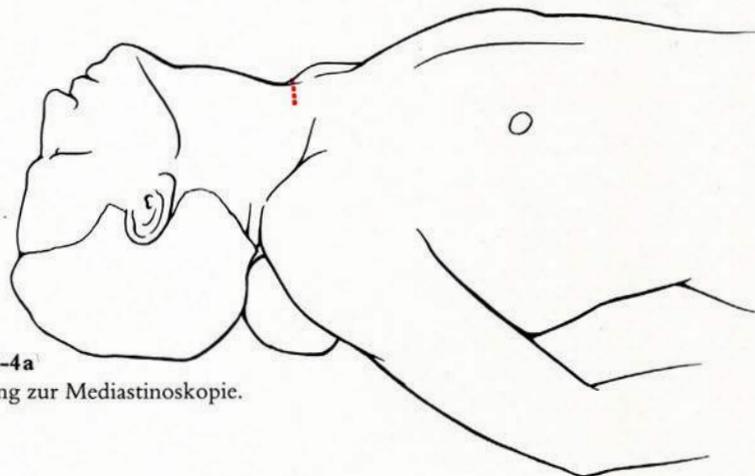


Abb. 4-3a und b Langes und kurzes Mediastinoskop (Fa. K. Storz). Saugstab, Exzisionszange, Tupferzange und Saugrohr zur Koagulation.

Abb. 4-4a Lagerung zur Mediastinoskopie.



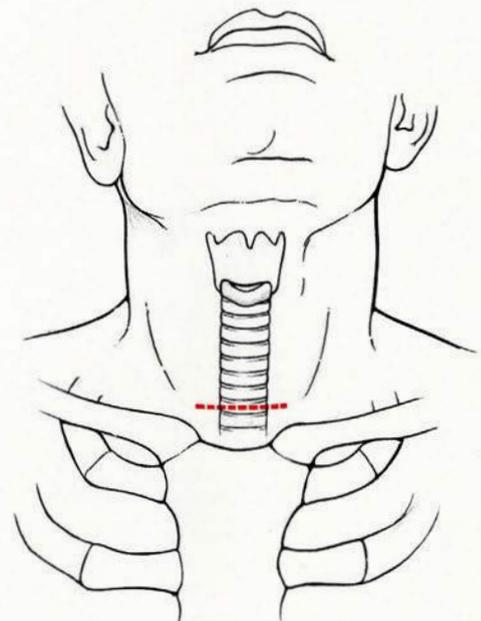
Untersuchungsgang

Grundsätzlich soll die Untersuchung in Endotrachealnarkose und Muskelrelaxation vorgenommen werden. Dies dient nicht nur der Schonung des Patienten, sondern vermeidet, daß der Druck auf die Luftröhre mit Störung der Ventilationsmöglichkeiten starken Hustenreiz auslöst. Auch ergibt sich daraus ein gewisser Schutz gegen störende Reflexabläufe von seiten vago-vagaler Mechanismen oder Blutdruckzügler und gegen Luftembolien bei Verletzung größerer Venen.

Der Patient liegt in Rückenlage mit rekliniertem Kopf, so daß man beiderseits der Incisura jugularis sterni die Ansätze der beiden Mm. sternocleidomastoidei abgreifen

kann, ebenso Ring- und Schildknorpel. Etwa 1 bis 2 Querfinger oberhalb des Brustbeins erfolgt eine quere Inzision von etwa 3 cm bis zur oberflächlichen Halsfaszie (Abb. 4-4a und b). Die nach ihrer Durchtrennung sichtbar werdenden geraden Halsmuskeln werden durch Scherenspreizung vorwiegend stumpf auseinandergedrängt, wobei die Wundhaken das Inspektionsfeld zwischen den Mm. sternohyoidei und (tiefer) sternothyreoidei in der Mittellinie frei halten, so daß wie bei einer infe-

Abb. 4-4b Jugulare Hautinzision zur Mediastinoskopie.



rioren Tracheotomie die Luftröhre dargestellt wird. Hier werden gelegentlich Venen des Arcus venosus juguli oder die V. thyroidea ima sichtbar. Diese müssen unterbunden werden, insbesondere bei intrathorakaler Druckerhöhung durch Lungenemphysem oder bei Einflusstauung (Abb. 4-5). Manchmal besteht ein stark entwickelter Isthmus der Schilddrüse; dieser muß nach oben abgeschoben werden, eine Durchtrennung ist in der Regel nicht erforderlich. Nach vorausgegangener Strumektomie ist die Präparation in der Regel leicht, auch vergrößerte Strumen bilden keine Kontraindikation für die Untersuchung.

Es folgt der wichtigste Schritt im Untersuchungsgang, nämlich die Eröffnung der unmittelbar der Trachea anliegenden Fascia colli profunda.

Beachte:

Erst wenn ein erkennbarer Spalt, gewonnen durch Scheren- und Klemmenpräparation, zwischen dieser und der Trachea besteht, kann in diesem Bereich mit dem Finger jener bindegewebige Spalt verbreitert werden, in welchem die Untersuchung stattfindet (Abb. 4-6).

Eröffnet man die tiefe Halsfaszie nicht richtig und vollständig, würde die weitere Präparation kaudalwärts die großen Gefäße tangieren. Außerdem läßt das Erreichen der richtigen Schicht auch die Nn. recurrentes bei der Präparation und Exzision schonen.

Cave

Verletzung der großen Gefäße und der Nn. recurrentes.

Unterhalb der Faszie ist es relativ einfach, mit dem Finger vor und beiderseits der Trachea den Untersuchungsbereich zu formieren: Man fühlt ventral den Aortenbogen, dahinter gelangt man mit der Fingerspitze meist bis zur Bifurkation, manchmal tastet man auch die Abgänge beider Hauptbronchien. Bei der Palpation der Aorta und ihrer Abgänge ist auf deren Kaliber, Pulsationen und eventuelle Aneurysmen zu achten.

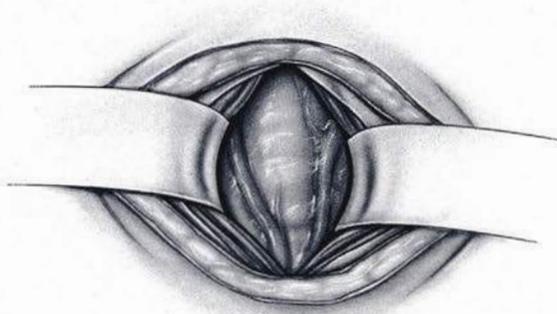


Abb. 4-5 Nach Durchtrennen der oberflächlichen Halsfaszie und stumpfem Auseinanderdrängen der geraden Halsmuskulatur stellt sich die Vorderseite der Trachea mit tiefer Halsfaszie und gestauten Halsvenen dar.

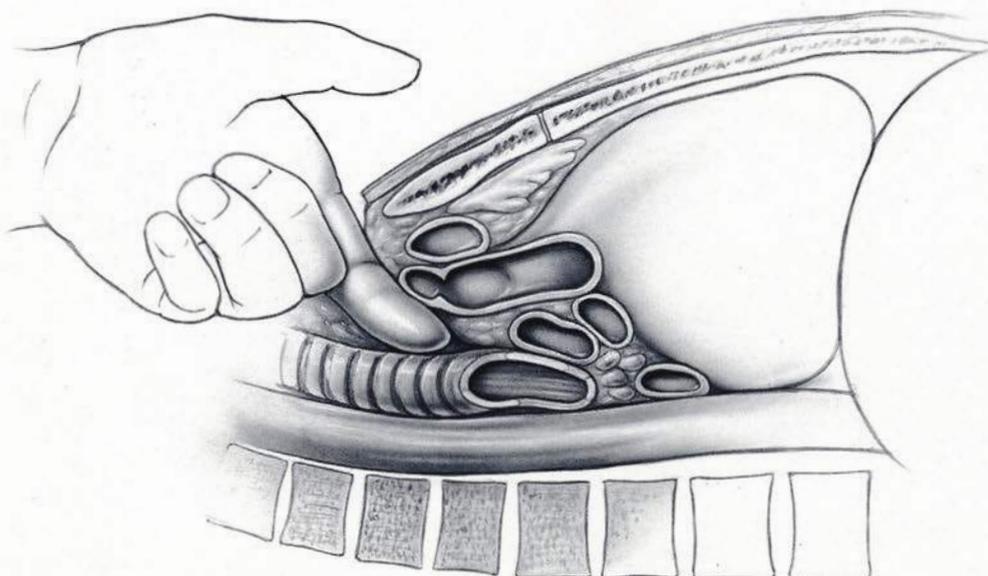


Abb. 4-6 Mit Fingerpräparation wird nach Eröffnen der tiefen Halsfaszie retroaortal und prätracheal der Untersuchungsraum für die Mediastinoskopie gewonnen.

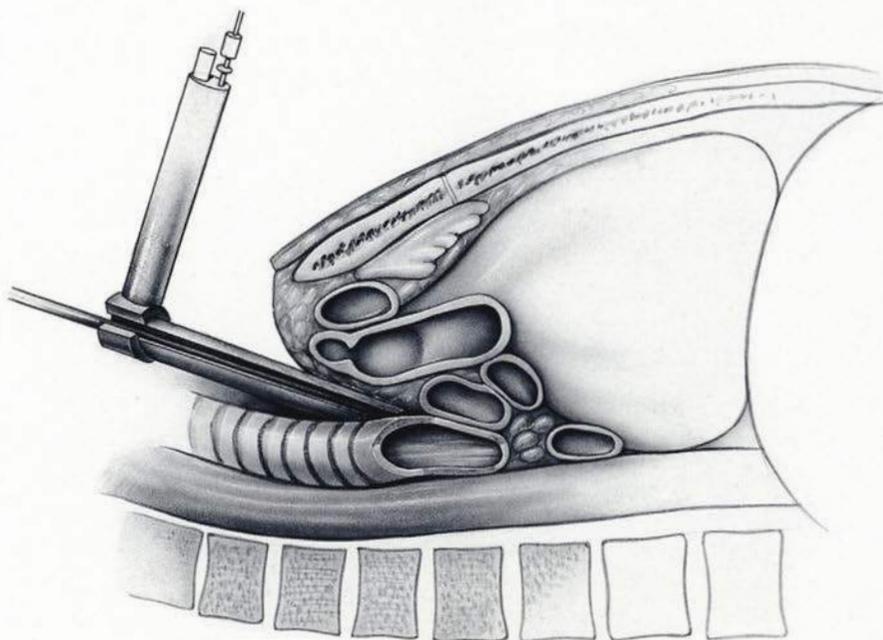


Abb. 4-7 Das Mediastinoskop wird eingeführt und nach Präparation mit dem Saugstab bis zur Bifurkation der Trachea vorgeschoben.

Nun setzt sich der Operateur zu Kopf des Patienten und führt das Mediastinoskop ein, wobei bei der weiteren Präparation mit dem Saugstab immer die Trachea als Leitschiene benutzt wird (Abb. 4-7). Das kurze Instrument genügt für die Inspektion des oberen Mediastinums, wogegen zur Freilegung der Hauptbronchien und Bifurkation oft die längere Ausführung nötig ist.

In der Regel gelingt es leicht, unter Beachtung der Gefäß- und Nervenverläufe die paratrachealen und tracheobronchialen Lymphknoten rechts darzustellen (Abb. 4-8 und 4-9).

Links paratracheal ist eine Darstellung der Lymphknoten oft nicht möglich, dagegen praktisch immer im linken Tracheobronchialwinkel.

Rechts ist darauf zu achten, daß die V. azygos nicht verletzt wird, insbesondere dann, wenn sie sich bei teilweiser Freilegung vorstülpt und ihre dunkle Farbe einen anthrakotischen Lymphknoten vortäuscht. Im Zweifelsfall ist immer eine Probe-punktion vor der Exzision geboten.

Cave

Verletzung der V. azygos durch Verwechslung mit einem anthrakotisch veränderten Lymphknoten.

Die Freilegung der Bifurkationslymphknoten erleichtert man sich dadurch, daß man zunächst den linken Hauptbronchus darstellt, von dort aus auch den rechten. Von der Vorderfläche der Trachea strahlt in diesem Bereich eine Membrana bronchopericardiaca auf die Hinterwand des Perikards aus. Genau in der Karina zwischen beiden Hauptbronchien kann diese Membran mit dem Stabsauger perforiert und die Öffnung dann erweitert werden, wobei die Lymphknoten schnell darzustellen sind.

Beachte:

Dabei darf man nicht hinter die Lymphknoten geraten, da sonst die Gefahr einer Ösophagusläsion besteht. Auf die Bronchialarterien ist in diesem Bereich zu achten; bei ihrer Verletzung müssen sie über eine isolierte Spezialzange gefaßt und kauterisiert werden. Oft ist nur eine

Tamponade mit resorbierbarer Gaze möglich.

Bedrohliche Blutungen haben wir bei diesem Vorgehen nie gesehen.

Nach Beendigung der Untersuchung werden die geraden Halsmuskeln durch 1 oder 2 Knopfnähte vereinigt, anschließend wird mit subkutaner Naht und Hautklammern oder intradermaler Naht die Wunde verschlossen.

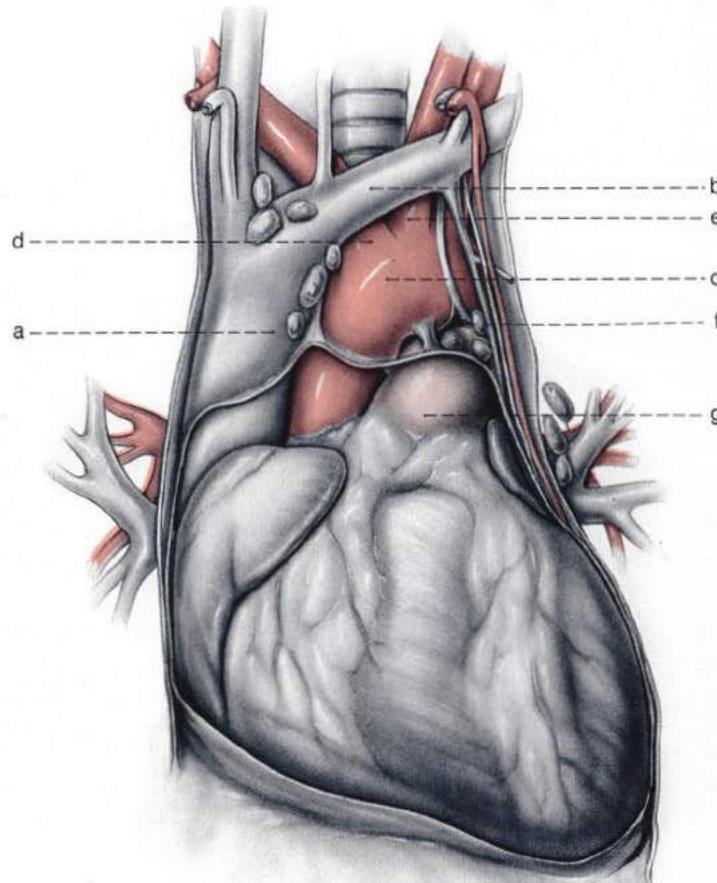


Abb. 4-8 Anatomie der bei der Mediastinoskopie zu beachtenden Gefäßverläufe.

- a) V. cava superior
- b) V. brachiocephalica sinistra
- c) Arcus aortae
- d) Truncus brachiocephalicus
- e) A. carotis communis sinistra
- f) N. recurrens
- g) Truncus pulmonalis

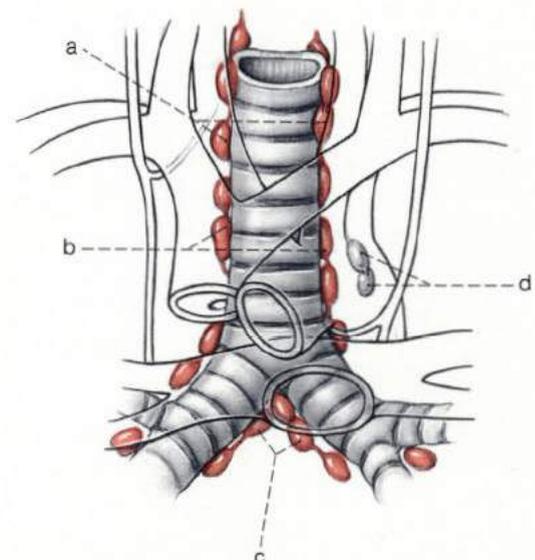


Abb. 4-9 Darstellung der paratrachealen (a), tracheobronchialen (b), subkarinalen (c) und präaortalen (d) Lymphknotengruppen.

Komplikationen

Bei plötzlichen stärkeren Blutungen soll man zunächst mit langen, feuchten Streifen das Mediastinum austamponieren. Meist handelt es sich um eine Verletzung größerer Lymphknoten-gefäße oder einer Bronchialarterie. Nach 15 bis 20 Minuten Tamponade stehen in der Regel diese Blutungen. Notfalls ist eine feste Tamponade mit mehreren Streifen resorbierbarer Gaze angezeigt, wenn eine Kauterisation nicht möglich ist. Die lokale Applikation eines Antibiotikums ist nicht erforderlich, da in der Regel nach der Untersuchung keine Infektionen beobachtet werden.

Eine Ausnahme bildet hier die Tuberkulose. Wenn man makroskopisch bei der Untersuchung diesen Verdacht bereits hegt, ist eine lokale Streptomycinlösung zu instillieren.

Beachte:

Linksseitig ist besonders auf den N. recurrens zu achten, der oft ins Blickfeld kommt und mit der Faszie in der Regel so weit abgeschoben wird, daß er nicht im Exzisionsbereich liegt. Vereinzelt sind Verletzungen des Milchbrustganges beschrieben wie auch der Aortenabgänge.

Vereinzelt beobachtete Verletzungen der Pleura führen höchstens zu einem schmalen Mantelpneumothorax, der in der Regel der Spontanresorption überlassen werden kann.

Vorsicht ist bei stärkerer Einflusstauung geboten, da hier zahlreiche stärkere Blutungen die Untersuchung sehr erschweren bzw. oft unmöglich machen. Bei röntgenologisch darstellbaren Tumoren empfiehlt sich als Alternative eine pertracheale Punktion via Bronchoskop oder bei palpablen supraklavikulären Lymphknoten deren Exstirpation.

Remediastinoskopie

Diese ist ohne besondere Schwierigkeiten möglich, was für die Reaktionslosigkeit des Mediastinums nach der Untersuchung spricht. Meist besteht lediglich eine stärkere Verlötung zwischen der V. brachiocephalica sinistra und der Vorderfläche der Trachea, was aber bei vorsichtiger Präparation keine Schwierigkeiten bereitet.

Erweiterte Mediastinoskopie

Unter Verwendung längerer Instrumente ist es möglich, unterhalb der Bifurkation im paraösophagealen Bereich praktisch bis zum Zwerchfell vorzudringen. Diese Methode läßt vorwiegend feststellen, wie weit sich ein Ösophaguskarzinom ausgebreitet hat.

Nach Untertunnelung des Manubrium sterni kann ebenfalls ein Untersuchungsbereich ventral der großen Gefäße geschaffen werden, in den das Mediastinoskop eingesetzt werden kann, doch hat diese Anwendung der Methode wenig Verbreitung gefunden.

Operative Zugangswege zum Mediastinum

Kollare Mediastinotomie

Bei Mediastinitis oder Senkungsabszessen im Bereich des oberen Mediastinums dient sie zur Eröffnung und Drainage. Der Patient liegt in Rückenlage mit zur Gegenseite abgedrehtem und gestrecktem Hals (Abb. 4-10a). Schnittführung entlang des Vorderrandes des M. sternocleidomastoideus bis in Höhe der Klavikel. Anschließend geht man entlang des Vorderrandes dieses Muskels in die Tiefe und präpariert zwischen dem nach medial gelegenen Kehlkopf-, Trachea- und Schilddrüsenbereich sowie der nach lateral liegenden aufsteigenden großen Gefäße (Abb. 4-10b). Die Tiefenpräparation muß notfalls bis zur Wirbelsäule reichen. Die Drainage des Infektionsbereiches erfolgt durch Gummilasche oder -streifen.

Cave

Vor Drainagerohren muß wegen der Nähe der Gefäße gewarnt werden.

Der gleiche Zugangsweg kann zur Operation eines zervikalen Ösophagusdivertikels benutzt werden.

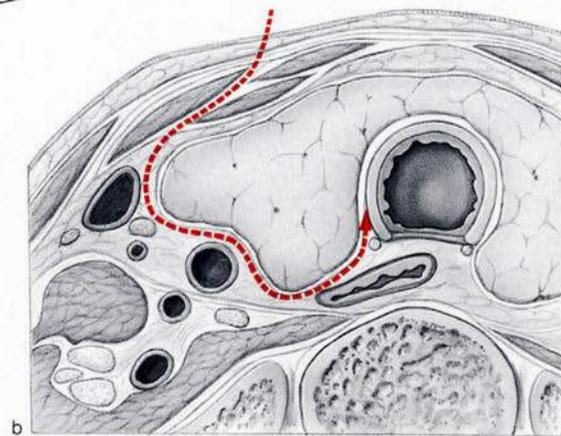


Abb. 4-10a und b Schnittführung und Zugangsweg bei der kollaren Mediastinotomie.
a) Inzisionsverlauf. Der Kopf ist zur Gegenseite gedreht.
b) Am Vorderrand des M. sternocleidomastoideus geht die Präparation zwischen den großen Gefäßen und Schilddrüse in die Tiefe (Querschnitt).

Anteriore Mediastinotomie

Der Eingriff kann sowohl zur Eröffnung des vorderen Mediastinums als auch zu einer diagnostischen Untersuchung im Sinne einer parasternalen Mediastinoskopie benutzt werden.

Der Zugang geschieht durch einen Querschnitt in Höhe der 2. Rippe links (Abb. 4-11a). Nach Auseinanderdrängung der Pektoralisfasern erfolgen die Freilegung des Rippen-

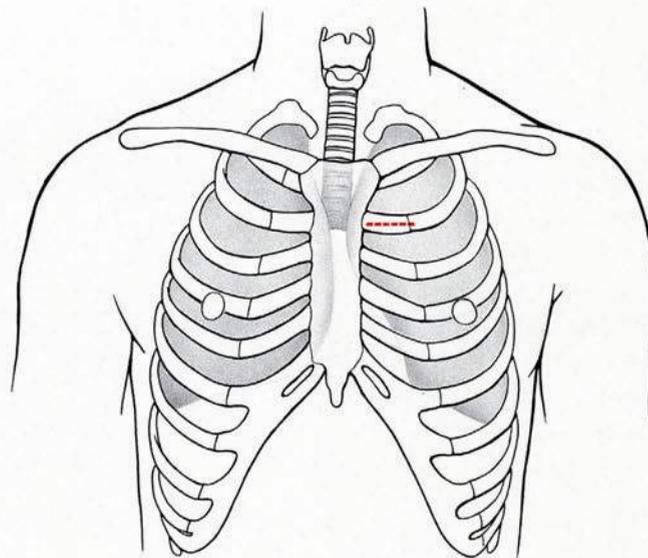


Abb. 4-11a Anteriore Mediastinotomie. Schnittführung bei der anterioren Mediastinotomie.

knorpels und dessen Resektion (Abb. 4-11 b und c). Anschließend kann mit der Präparierklemme bzw. dem Finger oder mit einem Präpariertupfer die parietale Pleura mit Lunge und N. phrenicus nach lateral abgeschoben werden, so daß der Zugang zum vorderen Mediastinum gewonnen wird (Abb. 4-11 d). Dieser Eingriff genügt zur Eröffnung eines Mediastinalemphysems oder einer vorderen Mediastinitis.

Wird der Zugangsweg im diagnostischen Sinne gebraucht, müssen alle auffindbaren Lymphknoten entnommen werden.

Unter Schonung des N. phrenicus kann auch die mediastinale Pleura eröffnet und inspiziert bzw. biopsiert werden. Dann empfiehlt sich allerdings die Einlage einer Thoraxdrainage durch eine 2. Inzision. Auch beobachteten wir relativ häufig Wundheilungsstörungen, so daß die Einlage einer Redon-Drainage subpektoral empfehlenswert ist.

Zur Operabilitätsbeurteilung des Bronchiakarzinoms, insbesondere über seine Ausbreitung im Bereich des Lungenhilus, kann die Untersuchung nach unserer Erfahrung leicht falsche Aufschlüsse geben, die eine Inoperabilität annehmen lassen, was bei gänzlich offenem Thorax dann häufig nicht der Fall ist.

Die Untersuchung kann bei entsprechendem Röntgenbefund auch von rechts her vorgenommen werden.

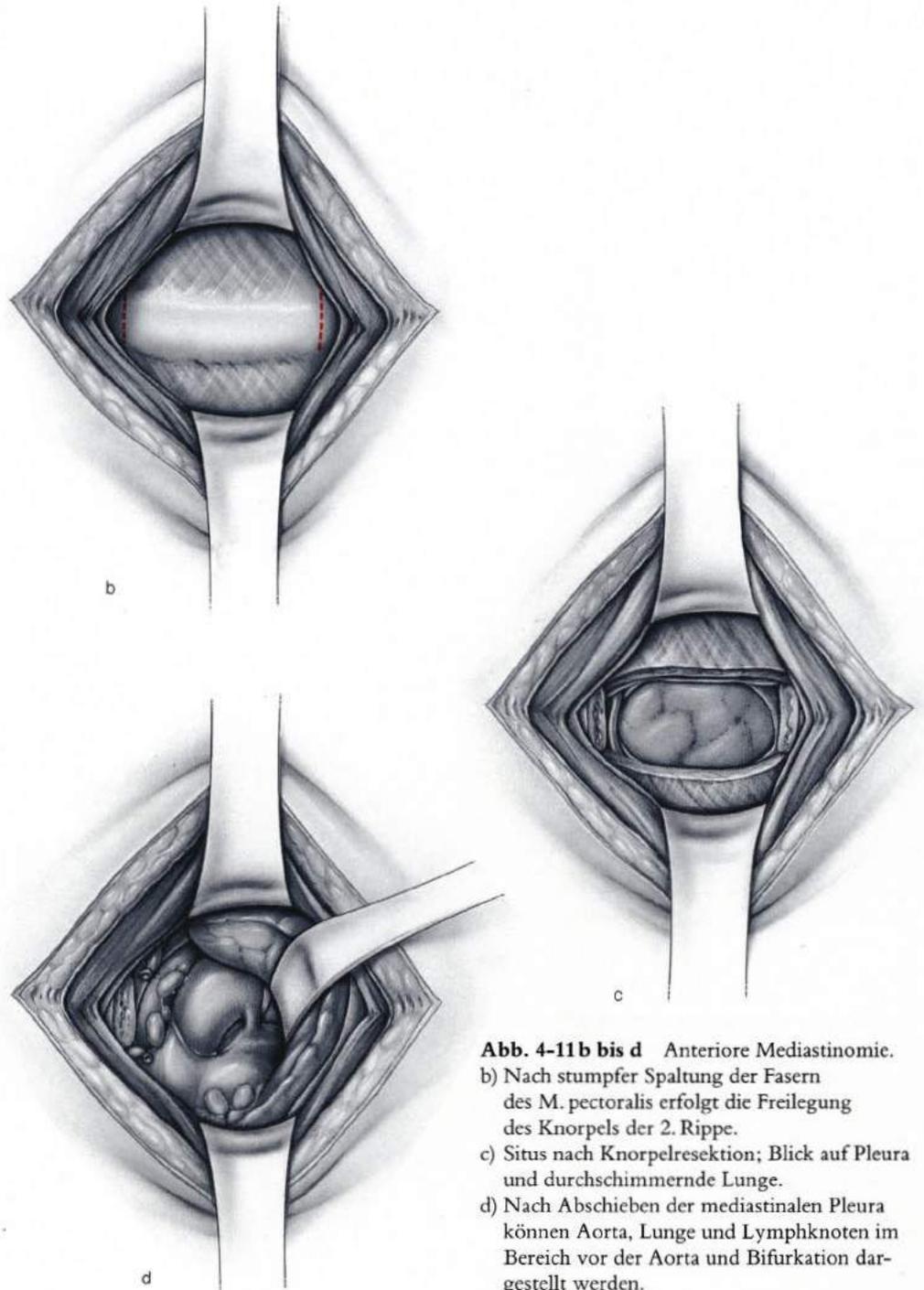


Abb. 4-11 b bis d Anteriore Mediastinomie.
b) Nach stumpfer Spaltung der Fasern des M. pectoralis erfolgt die Freilegung des Knorpels der 2. Rippe.
c) Situs nach Knorpelresektion; Blick auf Pleura und durchsichtige Lunge.
d) Nach Abschieben der mediastinalen Pleura können Aorta, Lunge und Lymphknoten im Bereich vor der Aorta und Bifurkation dargestellt werden.

Posteriore Mediastinotomie

Sie erfordert eine paravertebrale Längsinzision, etwa 3 Querfinger neben den Dornfortsätzen. Nach Durchtrennung der Haut und stumpf der geraden Rückenmuskulatur werden 2 bis 3 Rippen subperiostal reseziert. Nach Durchtrennung der Interkostalmuskulatur wird die Pleura parietalis frei. Diese wird nach lateral abgeschoben und damit das hintere Mediastinum eröffnet (Abb. 4-12). Gegebenenfalls müssen 1 oder 2 Querfortsätze gekappt werden.

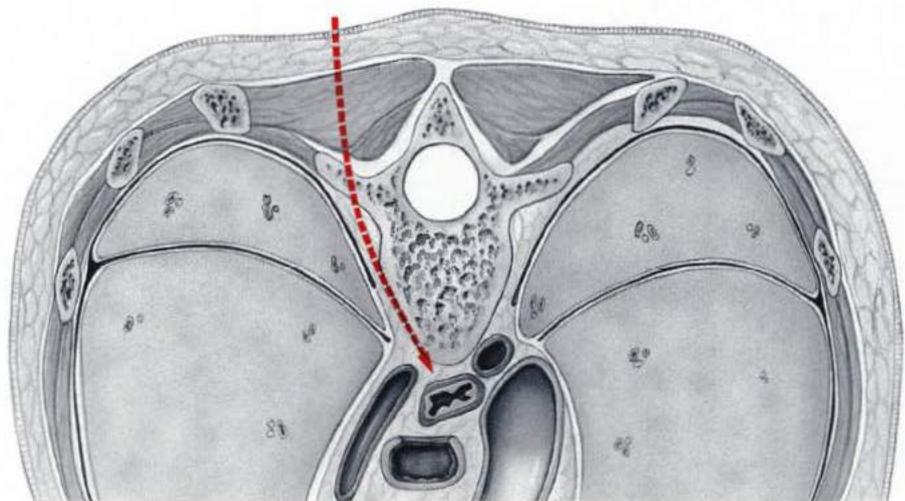


Abb. 4-12 Posteriore Mediastinotomie.
Schema des paravertebralen Zugangs zum hinteren Mediastinum von rechts.

Juguläre Mediastinotomie

Besonders elegant kann das Mediastinum vom Jugulum aus eröffnet werden, indem man wie bei einer Mediastinoskopie vorgeht. Speziell bei respiratorisch bedrohlichem Mediastinalemphysem genügen die paratracheale Eröffnung und das Einlegen einer Gummilasche (Abb. 4-13). Man kann auch Drainagen einlegen, die sowohl retro- als auch präaortal eingelegt werden können. Die Gefahr der Gefäßusurierung ist aber dabei besonders groß, so daß man nach Möglichkeit nur Gummilaschen verwenden sollte.

Cave

Gefäßarrosion durch Drainage-
rohre.

Thorakotomie

Eingriffe bei Tumoren und Zysten des hinteren Mediastinums und im Bereich der unteren Trachea sowie bei seitlich stark ausladenden Tumoren sind auch über eine Standardthorakotomie zu erreichen, wobei wir selbst die anteroaxillare oder anterolaterale Thorakotomie bevorzugen. Grundsätzlich ist es auch möglich, eine hohe Thorakotomie mit einer Querdurchtrennung des Sternums zu kombinieren, wodurch der Zugang wesentlich erweitert werden kann (Abb. 4-14).

Grundsätzlich muß man den operativen Zugang zum Mediastinum entsprechend der Lokalisation des Tumors wählen. Breit nach rechts oder links ausladende Mediastinaltumoren können am ehesten von einer seitengerechten Thorakotomie aus angegangen werden.

Tumoren des vorderen Mediastinums, insbesondere Thymome und Teratome, sind am ehesten von einer longitudinalen Sternotomie zugänglich. In der Regel bereitet es keine Schwierigkeiten, die Tumoren sorgsam freizupräparieren. Größere Blutungen sind selten.

Cave

Vv. und Aa. thymicae.

Bei Thymustumoren muß auf die Vv. thymicae geachtet werden, die kurzstreckig in die V. brachiocephalica sinistra münden und die ligiert werden müssen. Die arterielle Versorgung der Thymusdrüse kommt nahe den beiden Thymushörnern beidseits aus der A. mammaria interna sowie von oben her aus der A. thyroidea inferior.

Bei Infiltrationen ist es ohne weiteres möglich, das gesamte vor-

dere Perikard oder Anteile davon mit zu entfernen. Ist die Pleura durchbrochen, muß man die Pleura schlitzen, den weiteren Verlauf überprüfen und entsprechend resezieren. Dabei ist sorgsam auf eine Isolierung und Schonung des N. phrenicus zu achten.

Beachte:

Notfalls kann dessen Lokalisation durch Elektrostimulation erkannt werden.

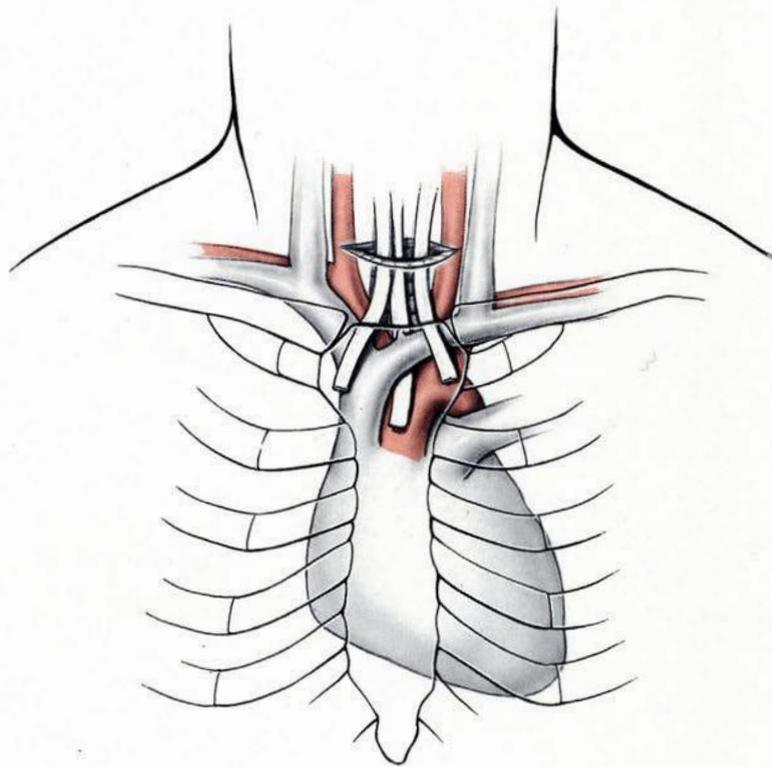


Abb. 4-13 Jugulare Drainagen des vorderen und mittleren Mediastinums. Die Drainagen können paratracheal, retro- und präaortal gelegt werden.

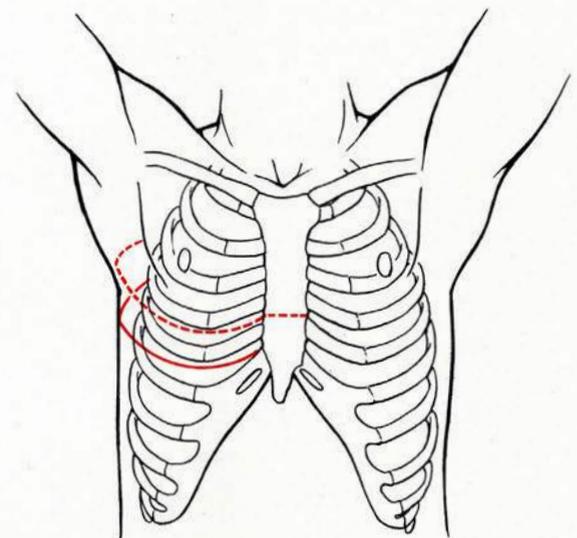


Abb. 4-14 Kombination einer anterolateralen Thorakotomie mit der Querdurchtrennung des Sternums (gestrichelte Linien).

Operation einer endothorakalen Struma

Eine von oben eintauchende retrosternale Struma gehört nicht zu den eigentlichen Mediastinaltumoren. Die Strumen können bei üblicher Operationstechnik meist vom Halse her entwickelt werden. Bei mangelnder Übersicht im Bereich der großen Gefäße kann aber eine obere Teildurchtrennung des Sternums hilfreich sein.

Hohe mediastinale Strumen, bevorzugt rechts, liegen meist zwischen Ösophagus und Trachea in Nachbarschaft zur V. cava superior. Sie werden in der Regel noch von der A. thyroidea inferior versorgt, die nach Möglichkeit zuerst zu unterbinden ist. Auch zu Interkostalarterien kann eine Verbindung bestehen.

Besteht eine linksseitige, mit einer kollaren Struma in Verbindung stehende intrathorakale Struma, empfiehlt sich die Kombination eines Kocherschen Kragenschnittes mit einer halben oder ganzen Sternotomie, da sich der Situs mit den großen Gefäßen wie beschrieben besser darstellen läßt.

In den Thorax reichende oder dort entwickelte Strumen verdrängen im Gegensatz zu Thymustumoren die V. brachiocephalica sinistra nach vorne. Bei intraoperativer Verletzung der Vene, insbesondere bei Spreizung der Sternumränder, ist eine Nahtversorgung infolge der Spannung der Venenwand kaum möglich. Die Vene kann ohne Bedenken beidseits der Verletzungsstelle ligiert und durchtrennt werden.

Echte rein mediastinale Strumen liegen in der Regel tief im vorderen Mediastinum. Eine Beziehung zu den Schilddrüsengefäßen besteht nicht. Die Blutversorgung stammt aus intrathorakalen Gefäßen (A. mammaria interna, A. pericardiacophrenica), kann aber auch direkt aus der thorakalen Aorta kommen. Diese Strumen können nach longitudinaler Sternotomie meist gut freipräpariert und entfernt werden. Größere Blutungen sind selten.

Beachte:

Bei der Planung des operativen Vorgehens kann eine vorherige angiografische Darstellung der Gefäßversorgung sehr hilfreich sein.

Operation von Tumoren des unteren Mediastinums

Tumoren des unteren Mediastinums (vorne: Lipome, Fibrome, Perikardzysten; hinten: neurogene Tumoren, Teratome, Dermoidzysten, enterogene und bronchogene Zysten) werden von einer antero- oder posterolateralen Thorakotomie aus angegangen. Ihre Entfernung ist im allgemeinen problemlos, wenn sie nicht infiltrativ (maligne Neuroblastome, Fibrosarkome) wachsen. Bei hinten liegenden Tumoren (insbesondere bei neurogenen Geschwülsten) müssen unter Umständen die unter der deckenden Pleura erkennbaren und den Tumor überkreuzenden Interkostalgefäße ligiert und durchtrennt werden, bevor der Tumor enukleiert werden kann.

Auch wenn es bei den Tumoren nicht immer möglich ist, diese ganz zu entfernen, schafft die Tumerverkleinerung doch bessere Bedingungen für die Radio- und Chemotherapie. Auch lassen die lokalen Irritationen deutlich nach, insbesondere Einflußstauungen.

Operation eines Neurinoms

Die Abbildung 4-15 zeigt ein durch Thorakotomie freigelegtes Sympathikusneurinom, welches meist nach Spaltung der Pleura ohne Schwierigkeiten ausgeschält werden kann. Vorsicht ist geboten bei Fortsetzung solcher Neurinome in die Foramina intervertebralia, weil hier Gefäßschädigungen zu Querschnittslähmungen führen können. Ein Neurochirurg sollte hier zugezogen werden.

Cave

Querschnittslähmungen durch Manipulation an Neurinomen, die sich in die Foramina intervertebralia erstrecken.

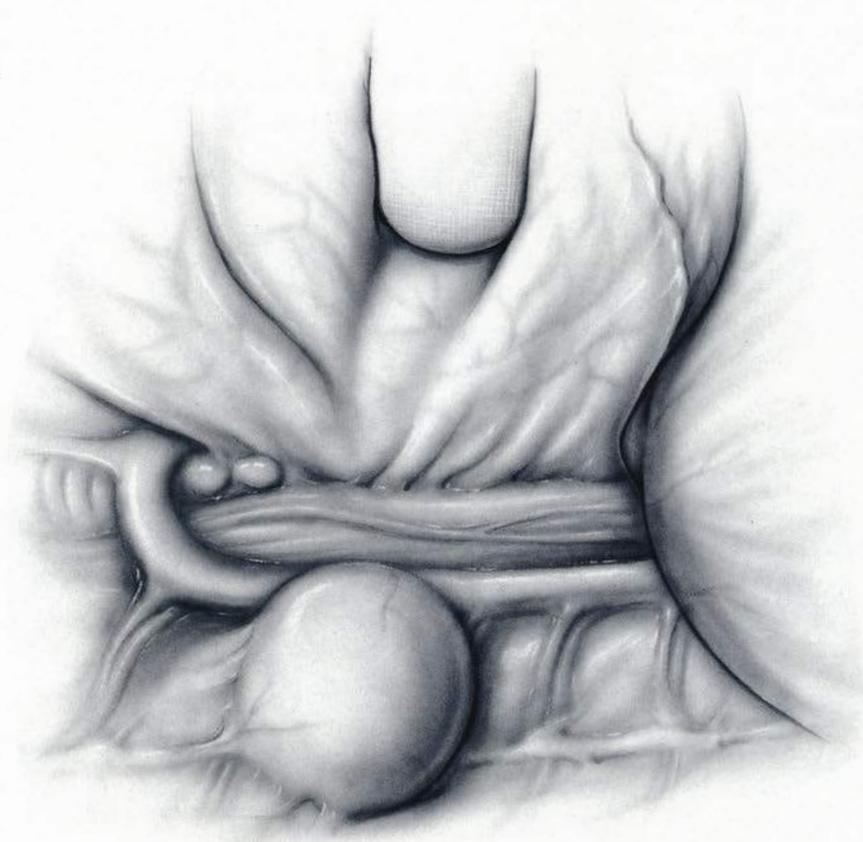


Abb. 4-15 Paravertebrales und subpleurales Sympathikusneurinom.

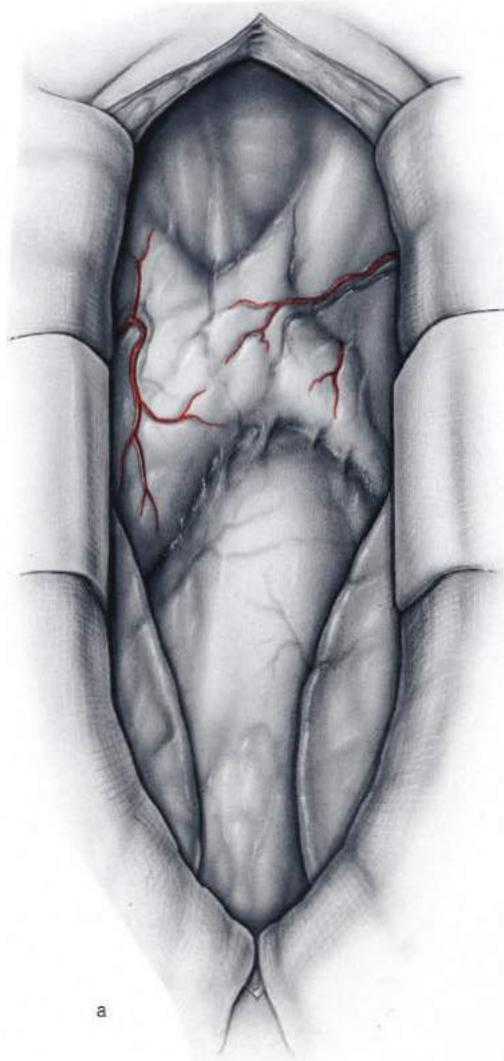
Thymektomie

Die Thymektomie wird heute bei Myasthenia gravis in der Regel gefordert. Nach unserer Erfahrung darf man sich nicht mit der Entfernung des Thymoms oder der Thymusdrüse bzw. ihrer Reste begnügen, vielmehr muß das gesamte Fett im vorderen Mediastinum mit ausgeräumt werden, da versprengte Thymusanteile die Krankheit sonst unterhalten können (Abb. 4-16a bis c). Dies gilt auch für diesen Eingriff bei anderen Autoaggressionskrankheiten.

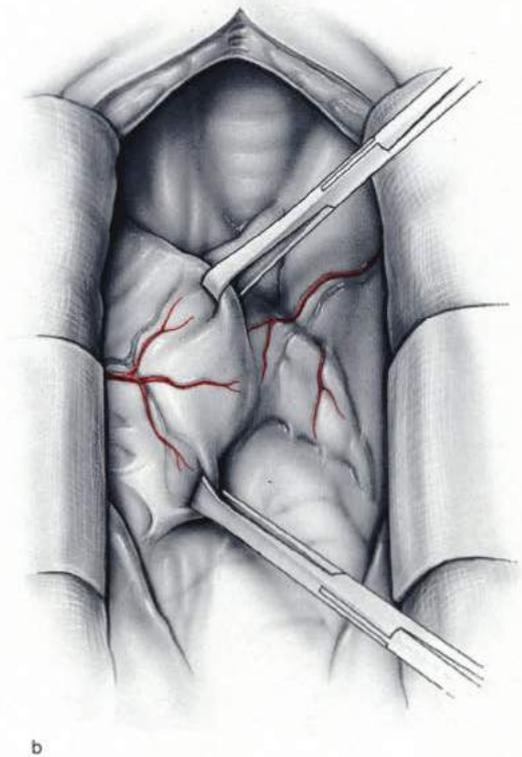
Daraus ergibt sich zwanghaft die Zweckmäßigkeit des transsternalen Zuganges. Besonders ist bei Myasthenikern die Schonung des N. phrenicus ein dringendes Erfordernis.

Ein standardisiertes Operationsverfahren zur Thymektomie kann nicht angegeben werden. Man muß in Abhängigkeit von Lage und Größe des Thymus diesen unter Beachtung der vorher angegebenen Gefäßversorgung langsam teils stumpf, teils scharf und durch Unterbindung der Adhäsionen und Gefäße entwickeln, was in der Regel keine Schwierigkeiten macht (Abb. 4-16b). Gleiches gilt selbst für ausgedehnte Thymome oder auch maligne Geschwülste. Zusätzlich eingesprossene Gefäße sind dabei zu beachten, bereiten aber ebenfalls bei sorgfältigen Ligaturen keine Schwierigkeiten (Abb. 4-16c).

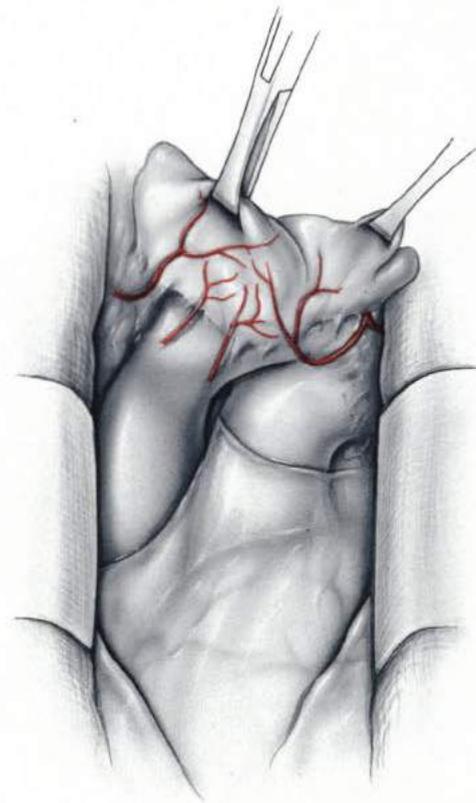
Kommt es dabei zur Verletzung der oberen Hohlvene, muß diese tangential abgeklemmt und mit einzelnen Knopfnähten versorgt werden. Gleiches gilt für die V. brachiocephalica sinistra. Bei größeren Verletzungen kann diese ohne Nachteil nach links und rechts unterbunden werden. Der N. phrenicus bleibt in der Regel außerhalb des Operationsbereiches.



a



b



c

Abb. 4-16a bis c Thymektomie.

- a) Nach Spaltung des Sternums Darstellung eines nach rechts gelegenen Thymoms sowie des Fetts des vorderen Mediastinums präperikardial.
- b) Ankleben des Thymoms und Freipräparation unter Ligatur der zu- und abführenden Gefäße.
- c) Weitere Präparation des Thymoms.

Chirurgie der Trachea

Verschuß einer ösophago-trachealen Fistel

Diese wird nach ihrer Lokalisation entweder von einer zervikalen Mediastinotomie oder einer Thorakotomie aus angegangen. Ihre Lokalisation ist in der Regel nicht schwierig. Der Fistelgang zwischen Trachea und Ösophagus wird bei intrathorakaler Lage nach Schlitzung der mediastinalen Pleura freipräpariert, dann durchtrennt und zur Hinterwand der Trachea durch 2 bis 3 Knopfnähte luftdicht verschlossen. Anschließend wird der Ösophagus in 2 Schichten genäht (Abb. 4-17).

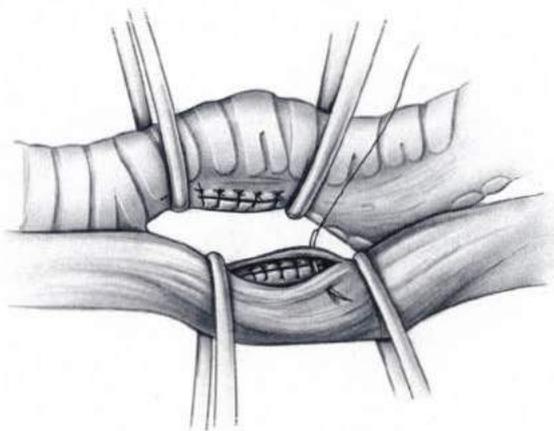


Abb. 4-17 Versorgung einer ösophago-trachealen Fistel. Der Fistelgang wird abgetrennt, die Trachea einschichtig, der Ösophagus zweischichtig verschlossen.

Transperikardialer Verschuß einer bronchopleuralen Fistel nach Pneumonektomie

Auf transthorakalem Weg bereitet die Versorgung einer bronchopleuralen Fistel mit nachfolgendem Empyem wegen der ausgedehnten Schwartenbildung im Hilusbereich und der Gefahr der Verletzung großer Gefäße große Schwierigkeiten und ist meist unmöglich.

Bei transperikardialem Vorgehen werden diese Schwierigkeiten weitgehend vermieden.

Verschuß einer rechtsseitigen Fistel

Nach longitudinaler Sternotomie erfolgt die breite Eröffnung des Perikards zwischen V. cava superior und Aorta ascendens. Mit breiten, langen Spateln werden die V. cava superior nach rechts und die Aorta ascendens nach links gehalten. Bei vorsichtiger Präparation stößt man auf die rechts langstreckige Pulmonalarterie, die freipräpariert und soweit wie möglich zentral doppelt ligiert und dann durchtrennt wird (Abb. 4-18a). Anschließend spaltet man die Hinterwand des Perikards und stellt die Vorderfläche der Trachea sowie den Abgang des rechten Hauptbronchus dar (Abb. 4-18b).

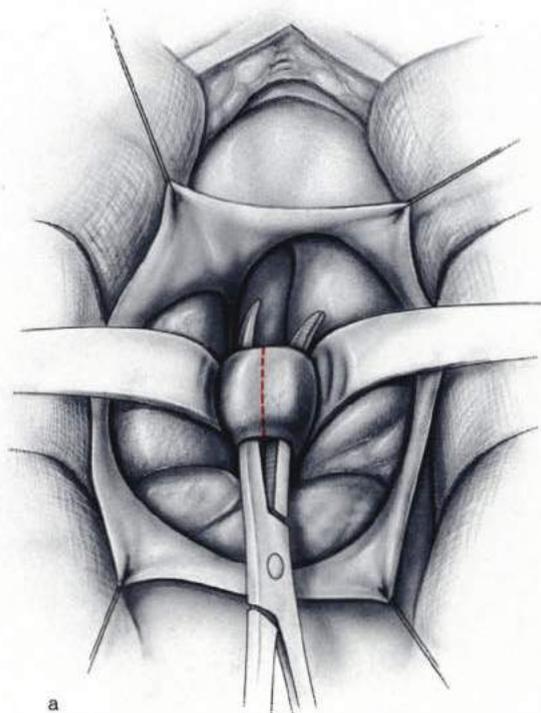
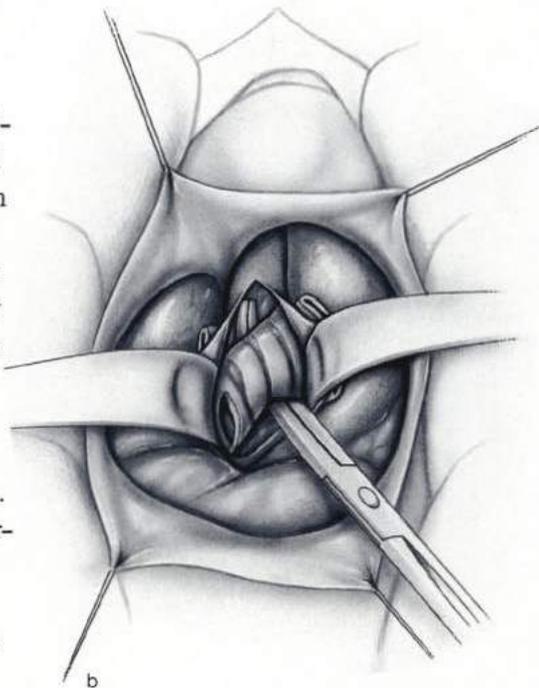


Abb. 4-18a und b Transperikardiale Versorgung einer rechtsseitigen bronchopleuralen Fistel.

- a) Der intraperikardiale Teil der rechten Pulmonalarterie wird freipräpariert und unterfahren. Der linke Spatel hält die V. cava superior nach rechts, der rechte Spatel die Aorta ascendens nach links.
- b) Nach nochmaliger doppelter zentraler Ligatur und Durchtrennung der rechten Pulmonalarterie sowie Spaltung der Hinterwand des Perikards kann der rechte Hauptbronchus freipräpariert werden.

Da meist zu lange Bronchusstümpfe Fisteln verursachen, ist es in der Regel möglich, den rechten Hauptbronchus soweit freizupräparieren, daß er erneut gut versorgt werden kann. Hierfür bewährt sich zentral am besten ein Klammernahtgerät. Der Bronchus wird distal davon durchtrennt und ebenfalls mit einigen Knopfnähten – wie üblich – nach peripher verschlossen, um die Öffnung zur Empyemhöhle zu verschließen (Abb. 4-18c). Die Haube, die sich aus dem peripheren Anteil der durchtrennten Pulmonalarterie ergibt, kann auf den Hauptbronchus aufgesteppt werden, da sonstiges Deckungsmaterial in der Regel nicht zur Verfügung steht. Präparationen im Bereich der Venen sind in der Regel nicht erforderlich, können aber das Operationsfeld erweitern, so daß insbesondere die obere Lungenvene intraperikardial noch einmal versorgt werden kann. Zum Abschluß der Operation werden die vorderen Perikardränder mit einigen Knopfnähten adaptiert und das Sternum wie üblich versorgt.

Verschuß einer linksseitigen Fistel

Linksseitig ergeben sich Schwierigkeiten insofern, als die linke Pulmonalarterie bei extraperikardialer primärer Versorgung sehr kurz ist. Es empfiehlt sich deshalb, nach links von der Aorta ascendens gelegter Perikarderöffnung das Lig. Botalli freizupräparieren und zwischen 2 Unterbindungen zu durchtrennen.

Anschließend wird der intraperikardiale Anteil der linken Pulmonalarterie vorsichtig freipräpariert und nach üblicher zentraler Versorgung durchtrennt, wobei sich hier ebenfalls die Anwendung eines Klammernahtgerätes sehr bewährt hat (Abb. 4-19a und b).

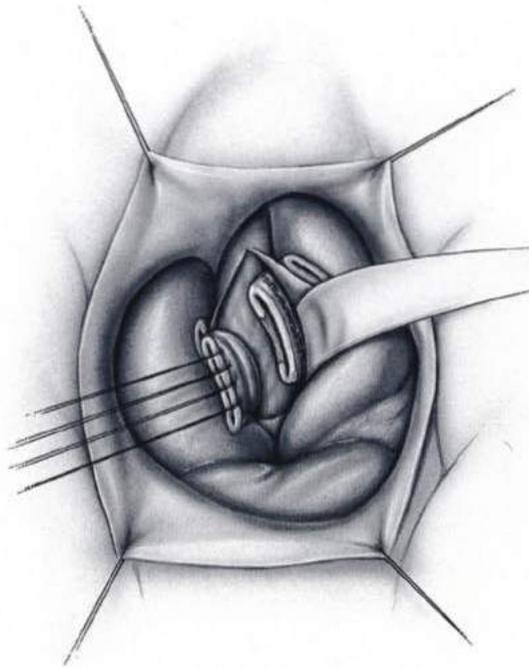


Abb. 4-18c Transperikardiale Versorgung einer rechtsseitigen bronchopleuralen Fistel. Der rechte Hauptbronchus wird zentral mit einem Klammernahtgerät, peripher mit einigen Knopfnähten verschlossen.

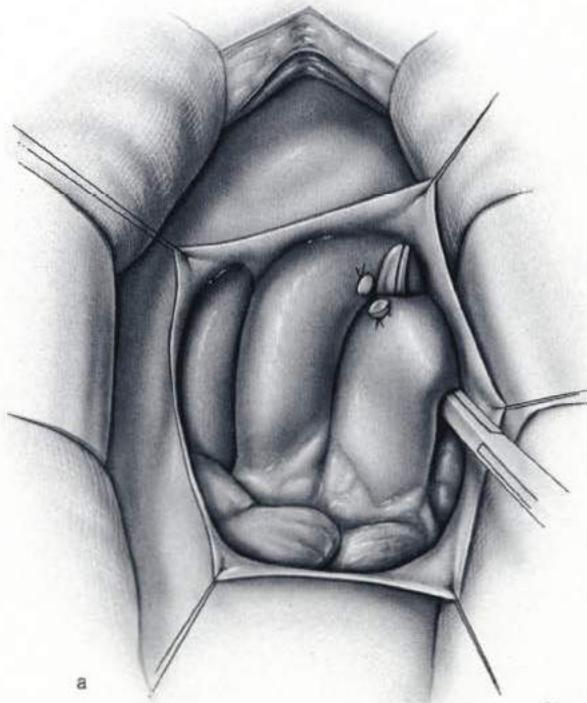
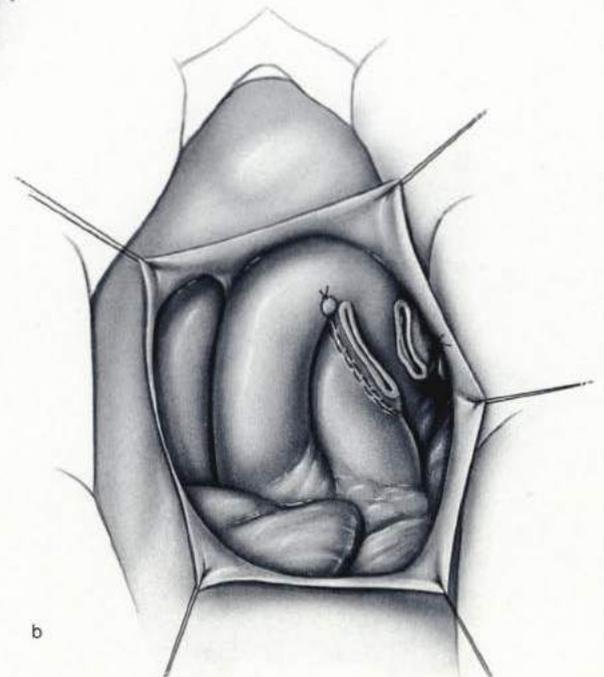


Abb. 4-19a und b Versorgung einer linksseitigen bronchopleuralen Fistel.
a) Zum Verschuß des linksseitigen Hauptbronchus wird zunächst intraperikardial die Pulmonalarterie präpariert und unterfahren, möglichst mit Ligaturen und Durchtrennung des Lig. Botalli. Links vom Truncus pulmonalis die Aorta ascendens und die V. cava superior.
b) Die Pulmonalarterie wird tangential am Truncus pulmonalis zentral mit einem Klammernahtgerät, peripher mit Ligaturen verschlossen und durchtrennt.



Zur besseren Darstellung des linken Hauptbronchus wird die obere Lungenvene ebenfalls intraperikardial noch einmal versorgt und durchtrennt (Abb. 4-19c). Anschließend wird der linke Hauptbronchus freipräpariert, nachdem man die Hinterwand des Perikards gespalten hat (Abb. 4-19d). Er wird ebenfalls so zentral wie möglich freigemacht und verschlossen. Auch der periphere Stumpf kann auf diese Weise versorgt werden, um die bronchopleurale Öffnung zu verschließen (Abb. 4-19e).

Beachte:

Die Anwendung eines Klammernahtgerätes ist zumindest für den zentralen Hauptbronchusverschluß nicht angeraten, da der achsen-gerechte Ansatz des Gerätes wegen des tief unter dem Aortenbogen liegenden zentralen Hauptbronchus nicht möglich ist. Die derzeit erhältlichen, abgewinkelten Spezialklammergeräte sind noch sehr teuer.

Die Perikard- und Sternumversorgung geschieht wie beschrieben.

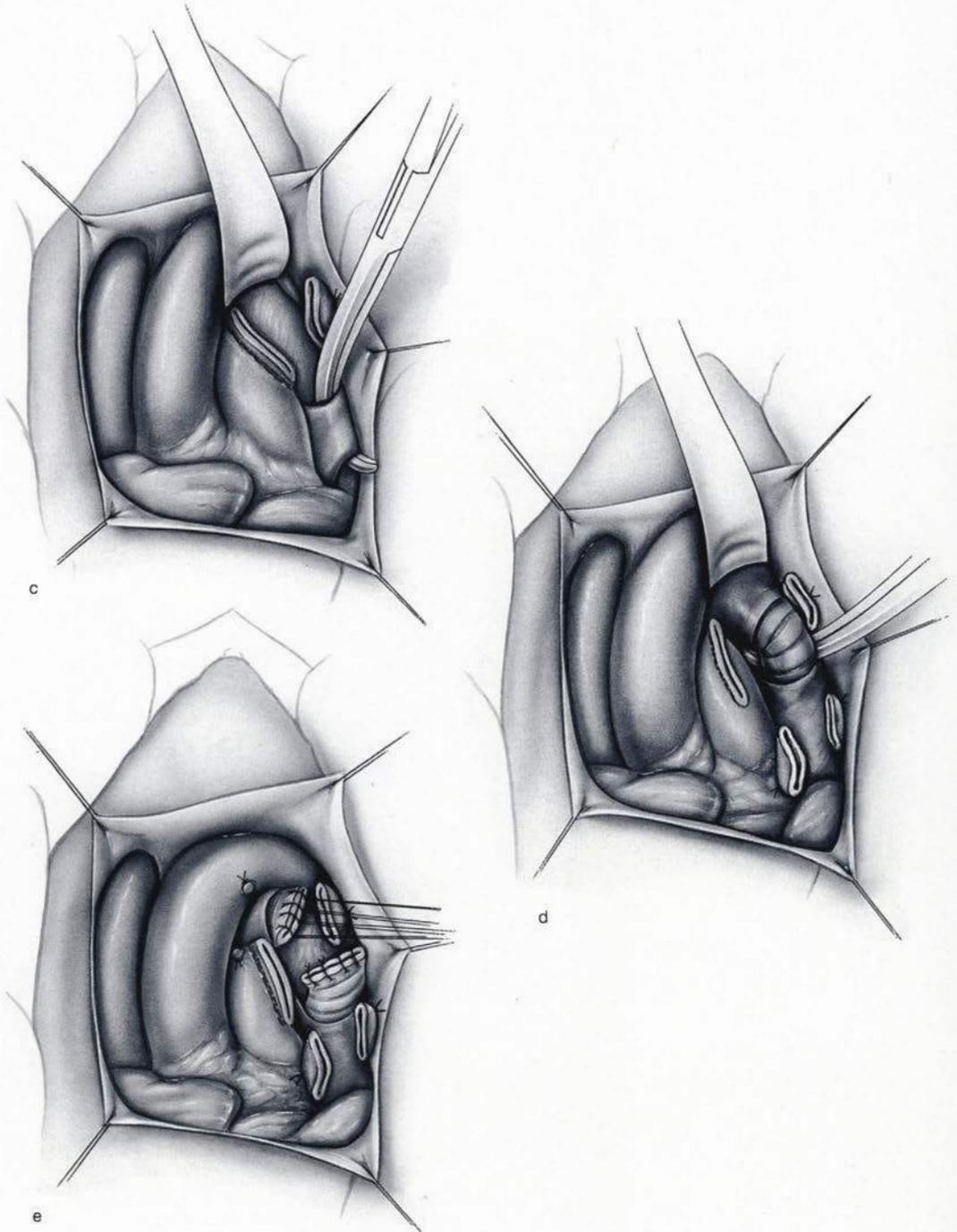


Abb. 4-19c bis e Versorgung einer linksseitigen bronchopleuralen Fistel.

- c) Die linke obere Lungenvene wird intraperikardial präpariert, unterbunden und durchtrennt.
- d) Die Präparation des linken Hauptbronchus erfolgt nach der Spaltung der Hinterwand des Perikards.
- e) Der linke Hauptbronchus wird peripher und zentral mit Knopfnähten verschlossen.

Tracheotomie

Eine Tracheotomie sollte möglichst unter optimalen Bedingungen im Operationssaal unter sterilen Kautelen und Intubationsnarkose (Vermeidung von Blut- und Wundsekretaspiration) vorgenommen werden. Man muß allerdings auch darauf eingerichtet sein, in Notsituationen den Eingriff in Lokalanästhesie vorzunehmen. Man unterscheidet die

- inferiore und
- superiore Tracheotomie.

Die inferiore Tracheotomie liegt unterhalb des Schilddrüsenisthmus. Sie soll in der Regel vermieden werden, da die Gefahr der Arrosionsblutungen aus den großen Gefäßen bei länger verweilender Kanüle besteht.

Bei der superioren Tracheotomie ist unbedingt darauf zu achten, daß zum Ringknorpel mindestens 2, besser 3 Knorpelringe intakt bleiben, da sonst bei reaktiven Entzündungen und Granulationen die Gefahr der Ringknorpelschädigung und der intraglottischen Stenosierung besteht (Abb. 4-20a).

Beachte:

Bei der Tracheotomie darf der Kopf nicht zu stark nach hinten gesenkt sein, da sonst das Stoma leicht zu weit kaudal gelegt wird.

Nach Querinzision in Höhe des 3. bis 4. Trachealringes geht man auf die Vorderfläche der Trachea, wie dies im Abschnitt „Mediastinoskopie“ beschrieben ist. Der Isthmus der Schilddrüse muß allerdings dabei nicht nach oben, sondern nach unten abgeschoben werden.

Stört der Isthmus, muß dieser unterfahren und nach beiderseitiger Ligatur oder Umstechung durchtrennt werden. Ein steriles Saugbesteck sowie verschiedene Trachealkanülen müssen bereitstehen mit entsprechenden Anschlußsystemen.

Mit einem einzinkigen Haken wird nach Zurückziehen des Trachealtubus (Palpation!) (Abb. 4-20b) die Trachea angehoben und zirkumferierend eine etwa 0,7 bis 1 cm Durchmesser aufweisende rundliche Öffnung eingeschnitten (Abb. 4-20c).

Bei alleiniger Querinzision wölbt sich unter Stenosierung die kraniale Lefze in die Trachea ein, bei alleiniger Längsinzision falten sich beide Wände nach innen ein, meist ebenfalls mit Strikturbildung.

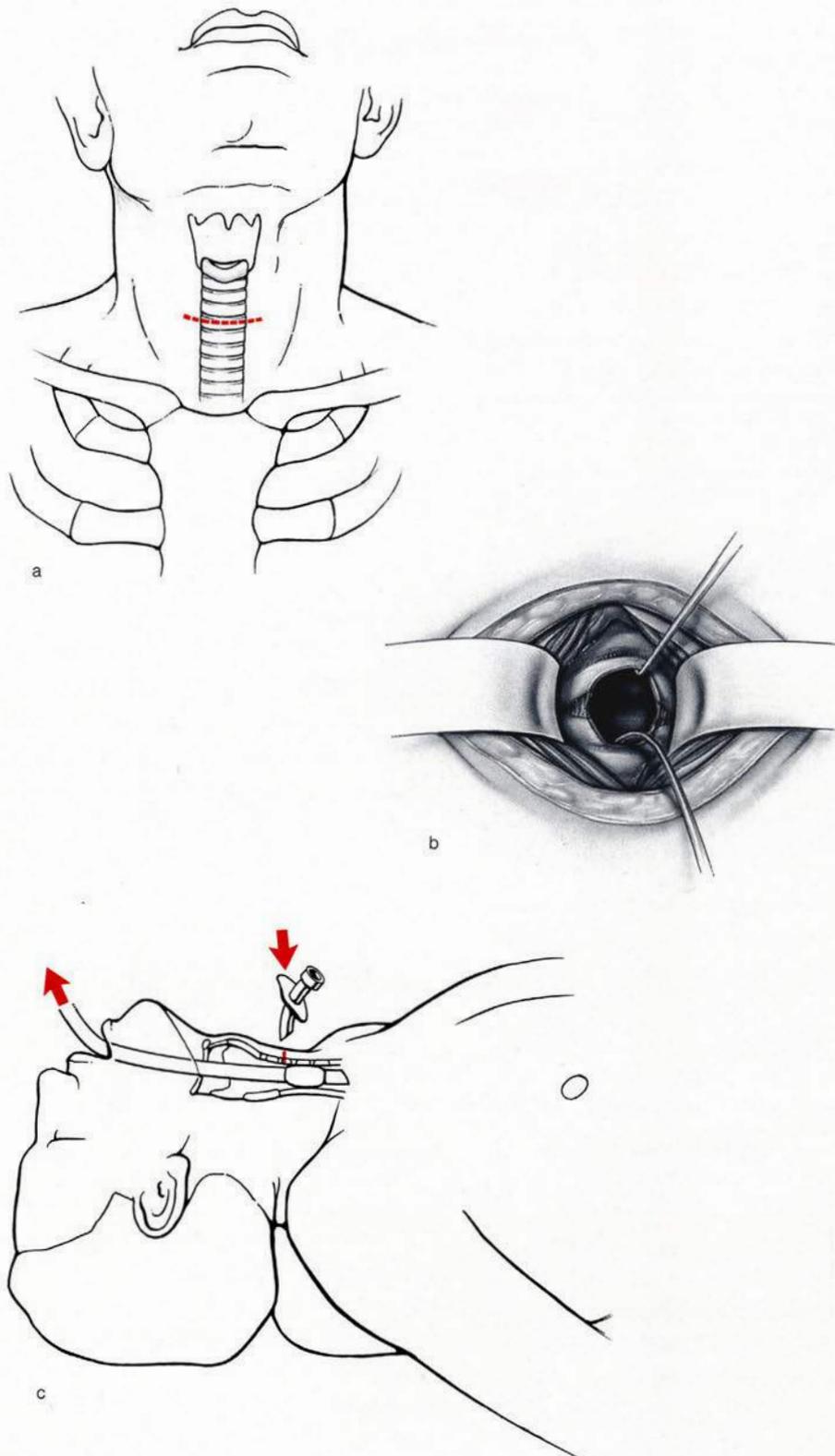


Abb. 4-20a bis c Tracheotomie.

- a) Schnittführung.
- b) Beginn der rundlichen Trachealexzision und Absaugen von Trachealsekret und Blut.
- c) Darstellung der gegenläufigen Bewegungen des Trachealtubus und der -kanüle.

Bei der Inzision ist darauf zu achten, daß man mit dem Skalpell nicht zu tief gerät, da man mit der Hinterwand der Trachea auch den Ösophagus verletzen kann. Die Nähte vereinigen beiderseits des Stomas die Haut; im Stomabereich selbst werden die Nähte so durch Haut und Trachealöffnung gelegt, daß beim Knüpfen die Haut sich allseits mit den Trachealrändern vereinigt (Abb. 4-20 d und e). Dadurch werden am besten Infektionen des Mediastinums und ein Mediastinalemphysem vermieden. Niederdruckkanülen haben sich am besten bewährt. Beim Verschluss des Tracheostomas bildet man durch Umschneidung einen Hautlappen, der die Trachealöffnung zuverlässig verschließt (Abb. 4-21 a und b).

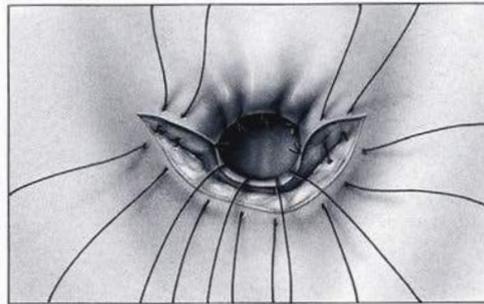
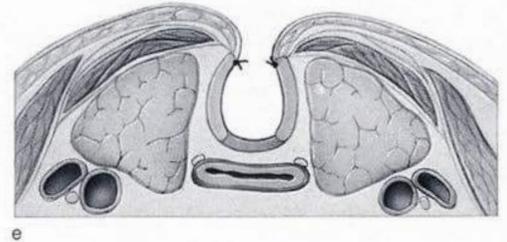


Abb. 4-20 d und e Tracheotomie. Seitlich des Stomas wird die Haut mit Knopfnähten verschlossen, im Stomabereich in die Trachealöffnung eingenäht.



Cave

Keine Quer- oder Längsinzision der Trachea.

Die Tracheotomie sollte auf keinen Fall zu früh vorgenommen werden und nicht eine Regelmaßnahme bei Beatmung darstellen.

An ihre Stelle ist heute die nasotracheale Langzeitintubation mit Tuben mit Niederdruckballons getreten, deren Komplikationsquote niedriger liegt als die der Tracheotomie bzw. der Kanülierung. Etwa vom 14. Tag nach Beatmungsbeginn an sollte man allerdings ein Tracheostoma anlegen. Hier ist darauf zu achten, daß die Kanüle achsengerecht in der Trachea zu liegen kommt, was bei starren Kanülen schwieriger ist als bei flexiblen Kanülen. Uns hat sich am besten die Stahldrahtspiralkanüle nach Rügheimer bewährt.

Drückt eine Kanüle zu stark auf die Hinterwand der Trachea, kann es zur Bildung einer ösophagotrachealen Fistel kommen. Bei übermäßigem Druck auf die Vorderwand drohen Arrosionsblutungen aus den großen Gefäßen im Halsbereich. Auch muß die Kanüle gut fixiert sein, was bei Silberkanülen mit breiter Platte leicht durch ein hinter dem Hals geknüpftes Bändchen möglich ist. Bei nicht-armierten Kanülen sollte man diese durch zwei seitliche Haltefäden an der Haut fixieren.

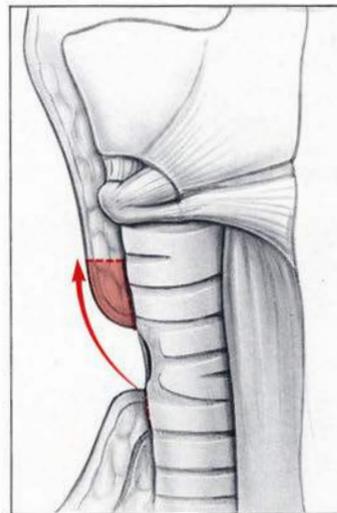
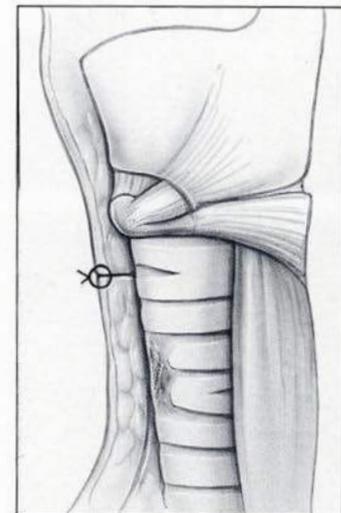


Abb. 4-21 a und b Verschluss eines Tracheostomas durch Exzision der oberen Hälfte des Kanals und Insertion der anderen Hälfte an die neuen oberen Wundränder (je nach Beschaffenheit der Haut auch umgekehrt möglich).



Resektionen im Bereich der Trachea

Zugangswege

Die Abbildungen 4-22a bis e demonstrieren die sehr unterschiedlichen operativen Zugänge bei Resektionseingriffen an der Trachea und der Trachealbifurkation. Tumoren und Stenosen, meist durch Langzeitintubation bedingt, in den oberen beiden Dritteln werden am ehesten angegangen durch die Kombination eines Kocherschen Kragenschnittes mit einer Durchtrennung der oberen Sternumhälfte (Abb. 4-22a und b). Man erhält eine sehr gute Übersicht über die Trachea und die großen Gefäße. Selten ist eine totale Sternotomie erforderlich.

Zu Eingriffen am unteren Drittel der Trachea und ihrer Bifurkation eignet sich am ehesten eine hohe posterolaterale Thorakotomie durch den 4. ICR rechts (Abb. 4-22c). Bei zusätzlich mobilisierenden Maßnahmen am Lungenhilus kann der ersterwähnte Zugang durch eine ein- oder doppelseitige anteriore Thorakotomie ergänzt werden (Abb. 4-22d und e). Es ist auch möglich, auf den Kocherschen Kragenschnitt zu verzichten, wie dies in der Abbildung 22e angedeutet ist; die Kombination ergibt allerdings eine bessere Übersicht.

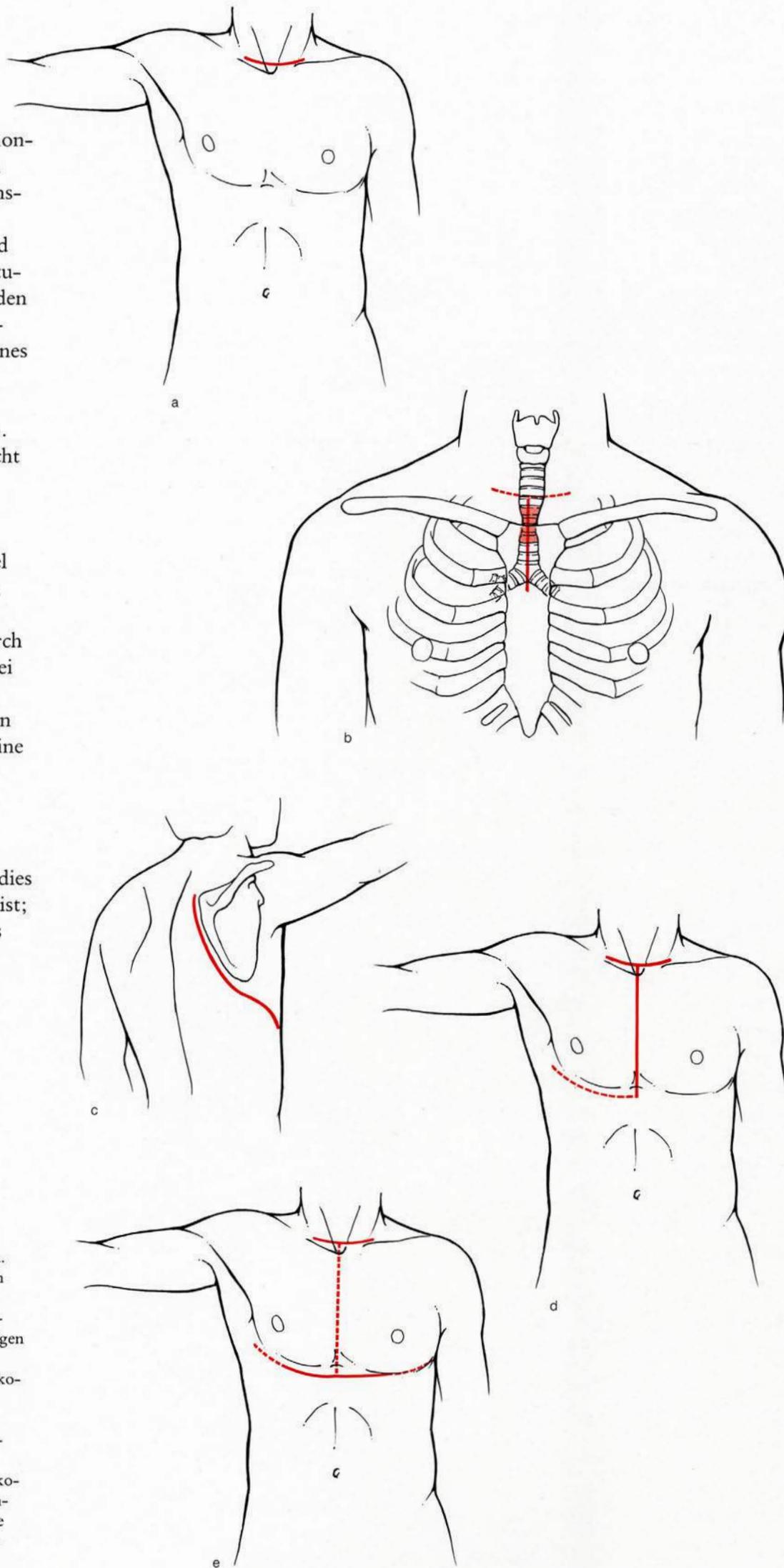


Abb. 4-22a bis e

Zugangswege bei Eingriffen an der Trachea.

- a) Kocherscher Kragenschnitt bei Eingriffen an der oberen Trachea.
- b) Kombination eines Kocherschen Kragenschnittes mit Sternotomie bei langstreckigen Trachealstenosen.
- c) Hohe rechtsseitige posterolaterale Thorakotomie bei Eingriffen am unteren Drittel der Trachealbifurkation.
- d) Kombination eines Kocherschen Kragenschnittes mit rechts-,
- e) links- oder beidseitiger anteriorer Thorakotomie bei zusätzlichen Eingriffen am Lungenhilus und den Ligg. pulmonalia. Diese Eingriffe sind im Prinzip auch bei bloßer Sternotomie möglich.

Resektionen in den oberen 2 Dritteln der Trachea

Freigelegt wird die Trachea auch hier, wie dies im Abschnitt über die Mediastinoskopie beschrieben ist. Nach sorgfältiger Blutstillung wird das Ausmaß der Stenose bzw. der Sitz des Tumors lokalisiert, wobei gegebenenfalls durch den liegenden Trachealtubus mit einem Fiberbronchoskop eine sehr genaue Lokalisation möglich ist.

Wiederum spielt die der Trachea unmittelbar aufliegende tiefe Halsfaszie eine große Rolle, da diese ebenfalls eröffnet werden muß, um die Trachea in der nötigen Länge nach oben und unten freizulegen (Abb. 4-23a). Dies ist größtenteils mit dem Finger möglich, analog zur Mediastinoskopie. Der linksseitige N. recurrens verbleibt außerhalb des Präparationsgebietes.

Schwieriger ist es, den stenosierten oder tumorös veränderten Trachealabschnitt an der Hinterwand der Trachea freizupräparieren, weil diese dabei leicht verletzt wird. Mit stumpfen Präparierklemmen und kleinen Präpariertupfern muß der Ösophagus abgelöst werden (siehe Abb. 4-23b). Gerade bei Intubationsstenosen mit zahlreichen entzündlichen Schüben ist dies im Stenosebereich oft am schwierigsten, so daß es sich empfiehlt, unmittelbar distal der Stenose die Hinterwand freizulegen und die Trachea mit einem Bändchen anzuschlingen. Die Freipräparation zwischen der Faszia und der Trachea muß mit scharfen Scherenschlägen oder feinem Messer vorgenommen werden.

Besteht Klarheit über das Ausmaß der Resektionsstrecke, erleichtert man sich den Eingriff, indem man die Trachea unmittelbar distal des zu resezierenden Abschnitts quer durchtrennt, nachdem man vorher durch den obersten distal erhalten bleibenden Ring einen Haltefaden gelegt hat (Abb. 4-23b).

Nach Durchtrennung muß die distale Trachea dann durch das Operationsfeld hindurch mit einem bereitliegenden sterilen Tubus mit sterilen Anschlußschläuchen intubiert werden. Manchenorts wird auch die hochfrequente Jet-Ventilation angewandt, wobei der dünne Katheter durch den oralen Tubus in die distale Trachea geführt werden kann.

Beachte:

Dabei ist besonders darauf zu achten, daß kein Blut in die offenliegende Trachea einsickert.

Nach distaler Querdurchtrennung schlingt man das distale Ende der proximalen Trachea an und gelangt so gut zu einer Darstellung der Hinterwand, so daß sich hier die scharfe Präparation zwischen Trachea und Ösophagus erleichtert (Abb. 4-23b). Hat man das proximale Ende der Stenose oder des tumortragenden

Abschnittes erreicht, erfolgt die Querdurchtrennung der proximalen Trachea. In der Regel passen die Lumina der Trachea zueinander.

Bei weiterer Intubation durch das Operationsfeld legt man jetzt die anastomosierenden Knopfnähte vor, wobei sich nach unserer Erfahrung Polyglaktinfäden der Stärke 4-0 bewährt haben. Zur Achsengerechtigkeit legt man zuerst 2 Fäden an den beiden Hinterenden der Knorpel, wobei es bei dem resorbierbaren Nahtmaterial dieser Stärke unwichtig ist, ob man die Nähte submukös führt oder die Mukosa in die Nähte einbezieht. Unter Anziehen der beiden Fäden legt man dann die Anastomosennaht im Bereich der Hinterwand, wobei die meisten Autoren die Fäden nach außen knüpfen, bei den resorbierbaren Fäden manche aber auch die Knoten nach innen legen. Anschließend werden die entsprechenden Nähte im Bereich der Seitenwände und der Vorderwand gelegt.

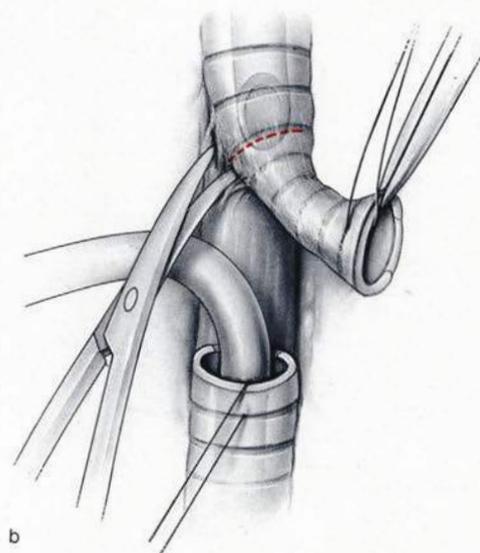
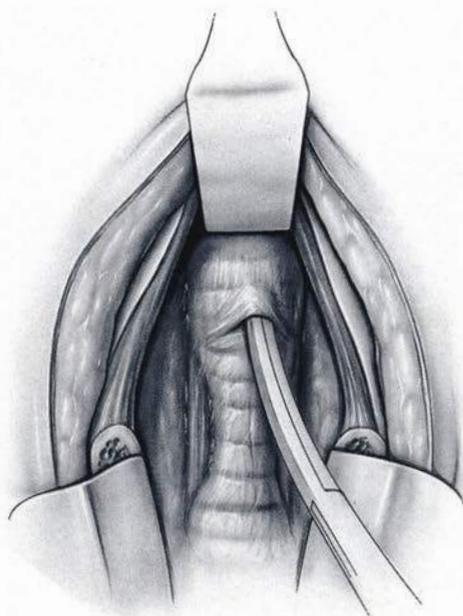


Abb. 4-23a und b Resektion einer oberen Trachealstenose.

- Die Trachealstenose wird nach Eröffnung und Abpräparation der tiefen Halsfaszie, die oft derb fibrotisch verdickt ist, freigelegt.
- Die Trachea wird distal der Stenose durchtrennt und durch das Operationsfeld hindurch intubiert. Die stenotisch veränderte Trachea wird angehoben und die Hinterwand freipräpariert (proximale Durchtrennung rot gestrichelt).

Vor dem Knüpfen muß der distale Tubus entfernt und der orale Tubus wieder in die distale Trachea vorgeschoben werden, was man mit dem Finger oder einer Kornzange unterstützen kann (Abb. 4-23 c und d). Grundsätzlich nähern wir an den oralen Tubus einen im Lumen liegenden Katheter, damit der orale Tubus bei zu weitem Zurückziehen wieder vom Operateur heruntergezogen werden kann. Dieser Hilfskatheter muß vor der Intubation der distalen Trachea natürlich entfernt werden.

Wenn man mehr als 2 Ringe der Trachea reseziert – das Maximum dürfte bei 6 bis 7 Ringen liegen –, ist die Spannung beim Knüpfen ziemlich groß. Es empfiehlt sich deshalb, vor dem Knüpfen der Fäden den Kopf so extrem wie möglich durch Unterstützung des Hinterhauptes nach vorn zu beugen, wobei die proximale Trachea deutlich tiefertritt und die Nahtspannung sich verringert.

Ist die Anastomosennaht geknüpft, muß der orale Tubus oberhalb der Anastomose zurückgezogen werden und mit aufgeträufelter Kochsalzlösung die Dichtigkeit getestet werden. Die Naht muß dicht sein. Je sorgfältiger man die Anastomosennahte gelegt hat, um so eher ist eine primäre Dichtheit zu erreichen. Sollten einzelne nachgelegte Nähte nicht zum Erfolg führen, muß die Anastomose wieder völlig eröffnet werden, um den Fehler zu lokalisieren und zu beheben.

Nach Beendigung der Anastomose erfolgt schichtweiser Wundverschluß unter Einlage einer Redon-Drainage prätracheal für 24 Stunden, wobei ein durchtrennter Isthmus der Schilddrüse wieder vereinigt werden kann.

Beachte:

Postoperativ ist es sehr wichtig, die Anastomose vor übermäßiger Nahtspannung zu bewahren. Am besten hat sich bewährt, das Kinn des Patienten mit 2 kräftigen Fäden an der vorderen Brustwand anzuheften (Abb. 4-24).

Diese Fäden sollen 10 Tage belassen werden. Bei üblicher Operationstechnik ist eine postoperative Beatmung nicht erforderlich.

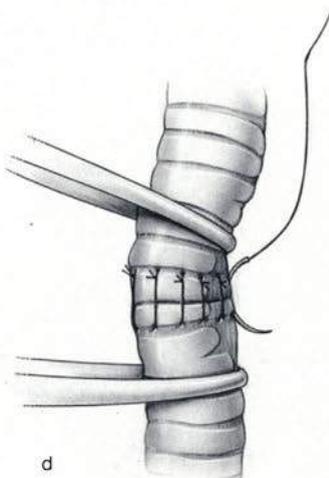
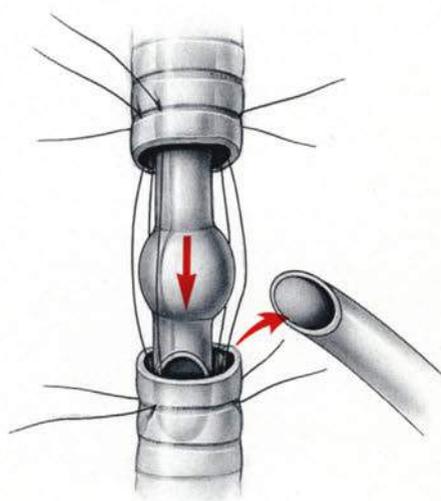


Abb. 4-23 c und d

Resektion einer oberen Trachealstenose.

c) Nach Vorlegen der Trachealnahte, Entfernen des distalen Tubus und Tieferführung des proximalen oro- oder nasotrachealen Tubus werden die Fäden geknüpft.

d) Beendigte Trachealnaht.

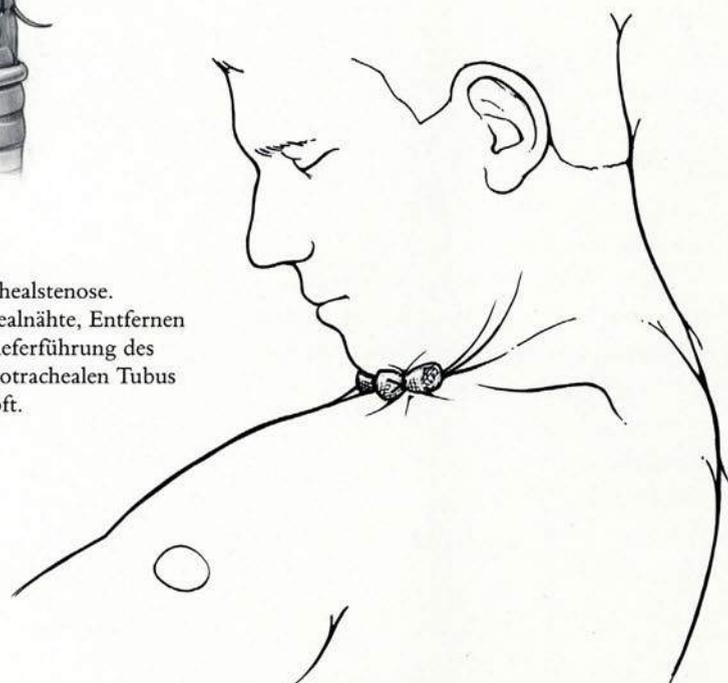


Abb. 4-24 Fixation des Kinns an der Brustwand für 8 bis 10 Tage.

Larynxmobilisation

Zur Verringerung der Nahtspannung hat sich eine Larynxmobilisation neben der extremen Antefixation des Kopfes am meisten bewährt. Dedo und Fishman haben eine sogenannte infrahyoidale Mobilisation angegeben, die darin bestand, daß das Lig. thyreochoyoideum und die Membrana thyreochoyoidea durchtrennt wurden und außerdem der M. constrictor pharyngis inferior durch Inzision und Abtragung der Spitze des oberen Schildknorpelringes abgelöst wurde. Nach dieser Methode traten aber Schluckbeschwerden auf, so daß Dedo diese Methode zugunsten einer suprahyoidalen Methode nach Montgomery verlassen hat. Dabei kann von der gleichen Schnittführung aus wie bei der Trachealresektion oder, besser, nach Inzision in Höhe des Zungenbeins dieses dargestellt werden (Abb. 4-25 a). Nach Inzision des Periosts wird das Zungenbein soweit freigelegt, daß die dort ansetzenden Mm. mylohyoideus, geniohyoideus, genioglossus und stylohyoideus durchtrennt werden können. Anschließend werden die kleinen Hörner abgetragen und damit der M. stylohyoideus freigegeben. Abschließend wird das Zungenbein medial der beiden Hörner und der Digastrikusschlinge durchtrennt (Abb. 4-25 b). Hierdurch tritt der Kehlkopf 2–2,5 cm tiefer (Abb. 4-25 c).

Grundsätzlich müssen die Trachealabschnitte, die nicht reseziert, sondern mobilisiert werden, eine intakte Blutversorgung behalten. Insbesondere sollte man die seitlichen Bindegewebsanteile möglichst belassen. Nach unserer Erfahrung ist dies aber kein absolutes Muß, wenn nur so eine ausgiebige Mobilisation die Anastomosierung ermöglicht.

Zusätzliche Hilfen sind nach den Erfahrungen von Grillo, der die eigentlichen Grundlagen der Trachealchirurgie erarbeitet hat, auf folgende Weise möglich:

- Die erwähnte extreme Antefixation des Kopfes ergibt eine Resektionsstrecke von etwa 4,5 cm (siehe Abb. 4-24).
- Eine ausgiebige Mobilisierung der Trachea in ihrem intrathorakalen Anteil läßt mindestens 1–1,5 cm gewinnen.
- Eine Larynxmobilisation verringert die Nahtspannung noch einmal um 2–2,5 cm (siehe Abb. 4-25 a bis c).

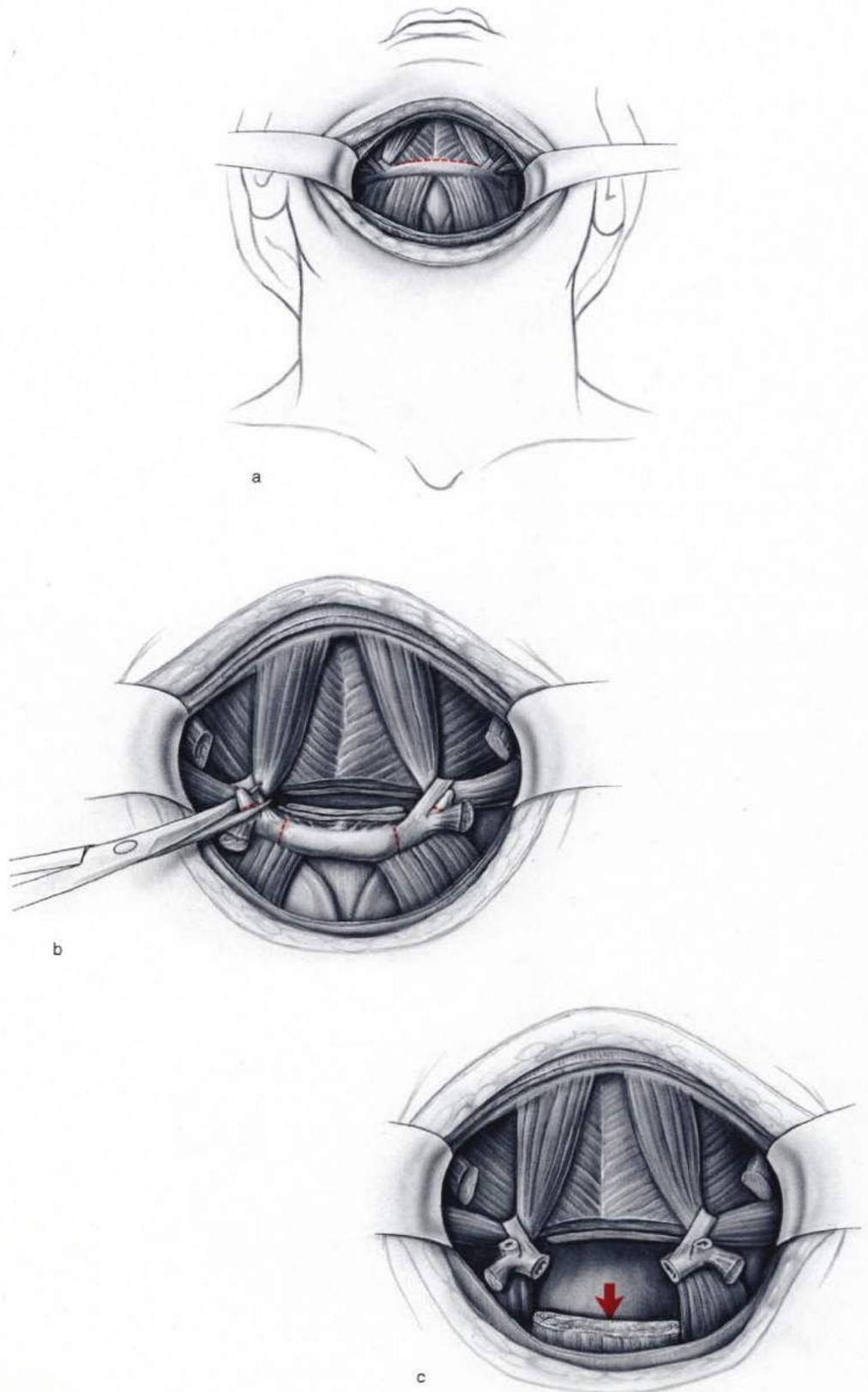


Abb. 4-25 a bis c
Suprahyoidale Larynxmobilisation.
a) Zugang und Inzision oberhalb des Zungenbeins.
b) Abtragung der Cornua minora unter Belassung der Digastrikusschlingen. Durchtrennung des Zungenbeins medial der großen und kleinen Hörner.
c) Situs nach oberer Kehlkopfmobilisation. Dieser tritt 2–3 cm tiefer.

- Darüber hinaus sind auch intrathorakale Maßnahmen zur Verringerung der Nahtspannung möglich. Diese bestehen einmal in der ein- oder doppelseitigen Durchtrennung des Lig. pulmonale, was auch von der medianen Sternotomie aus nach Schlitzen der Pleura unter Schonung des N. phrenicus möglich ist. Dabei empfiehlt es sich, den rechten Lungenhilus durch Dissektion der großen Gefäße ebenfalls zu mobilisieren.
- Als weitgehendste Maßnahme ist eine Abtrennung des linken Hauptbronchus möglich. Nach Verschluss der Trachea soll dieser in den rechten Zwischenbronchus implantiert werden. Größere Erfahrungen mit dieser Methode bestehen nicht.

Natürlich lassen sich nicht alle Methoden kombinieren. Am ehesten eignen sich dazu die 3 erstgenannten Hilfsmaßnahmen. Die beiden zuletzt aufgeführten zusätzlichen Eingriffe erfordern die in den Abbildungen 4-22d und e dargestellten Schnittführungen.

Resektionen im unteren Drittel der Trachea

Nach rechtsseitiger posterolateraler Thorakotomie im 4. ICR wird zunächst die Lunge nach vorn verlagert und die V. azygos vorn und hinten unterbunden und durchtrennt (Abb. 4-26a). Dann wird die Hinterwand der Trachea dargestellt. Anschließend wird unter sorgfältiger Schonung des linken N. recurrens der zu resezierende Abschnitt festgelegt und in diesem Bereich die Trachea freigelegt (Abb. 4-26b).

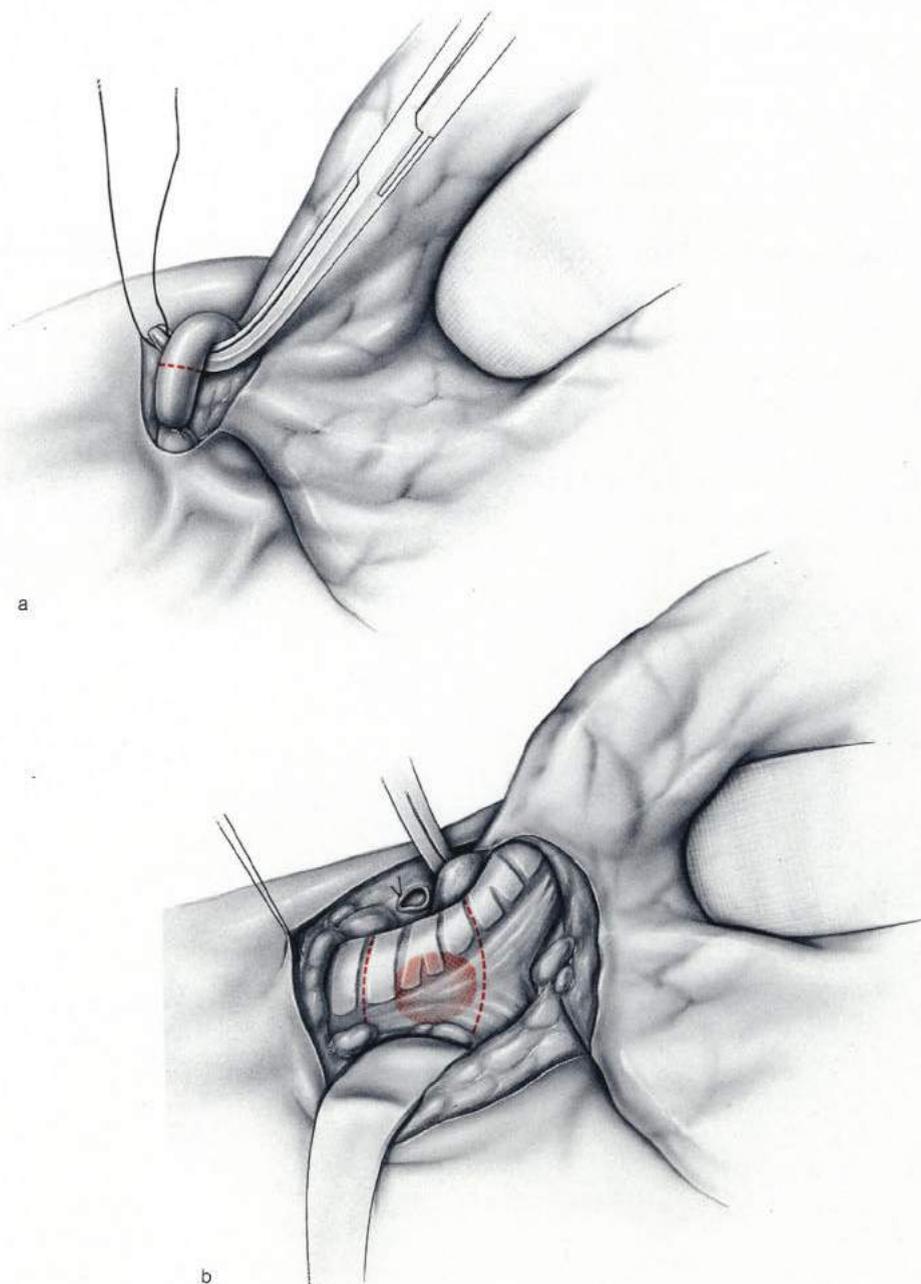


Abb. 4-26a und b Resektion eines Trachealabschnittes im unteren Drittel.
 a) Präparation und Unterbindung der V. azygos erlauben die Darstellung der distalen Trachea.
 b) Die rechte Pulmonalarterie wird freipräpariert, der Resektionsbereich der Trachea festgelegt.

Distal des zu resezierenden Abschnittes wird die Trachea durchtrennt und der rechte Hauptbronchus intubiert.

Auch kann man den linken Hauptbronchus intubieren und die rechte Pulmonalarterie drosseln, um eine bessere Oxygenisierung des Blutes zu erreichen (Abb. 4-26c). Nach Resektion des stenosierten oder tumortragenden Trachealanteils erfolgt die Anastomosierung in der vorher beschriebenen Weise (siehe Abschnitt „Resektionen an den oberen 2 Dritteln der Trachea“) (Abb. 4-26d und e). Die Anastomosierung der Hinterwand gelingt besonders leicht. Vor dem Knüpfen der Fäden müssen die Beatmungstuben wieder gewechselt werden. Es empfiehlt sich, den orotrachealen Tubus in den linken Hauptbronchus durchzuschieben und dann die Anastomose zu knüpfen. Erst zuletzt wird der Tubus in die Trachea zurückgezogen. Nach negativer Wasserprobe muß die geschlitzte mediastinale Pleura nicht verschlossen werden. Es empfiehlt sich das Einlegen von mindestens 1, besser 2 Thoraxdrainagen.

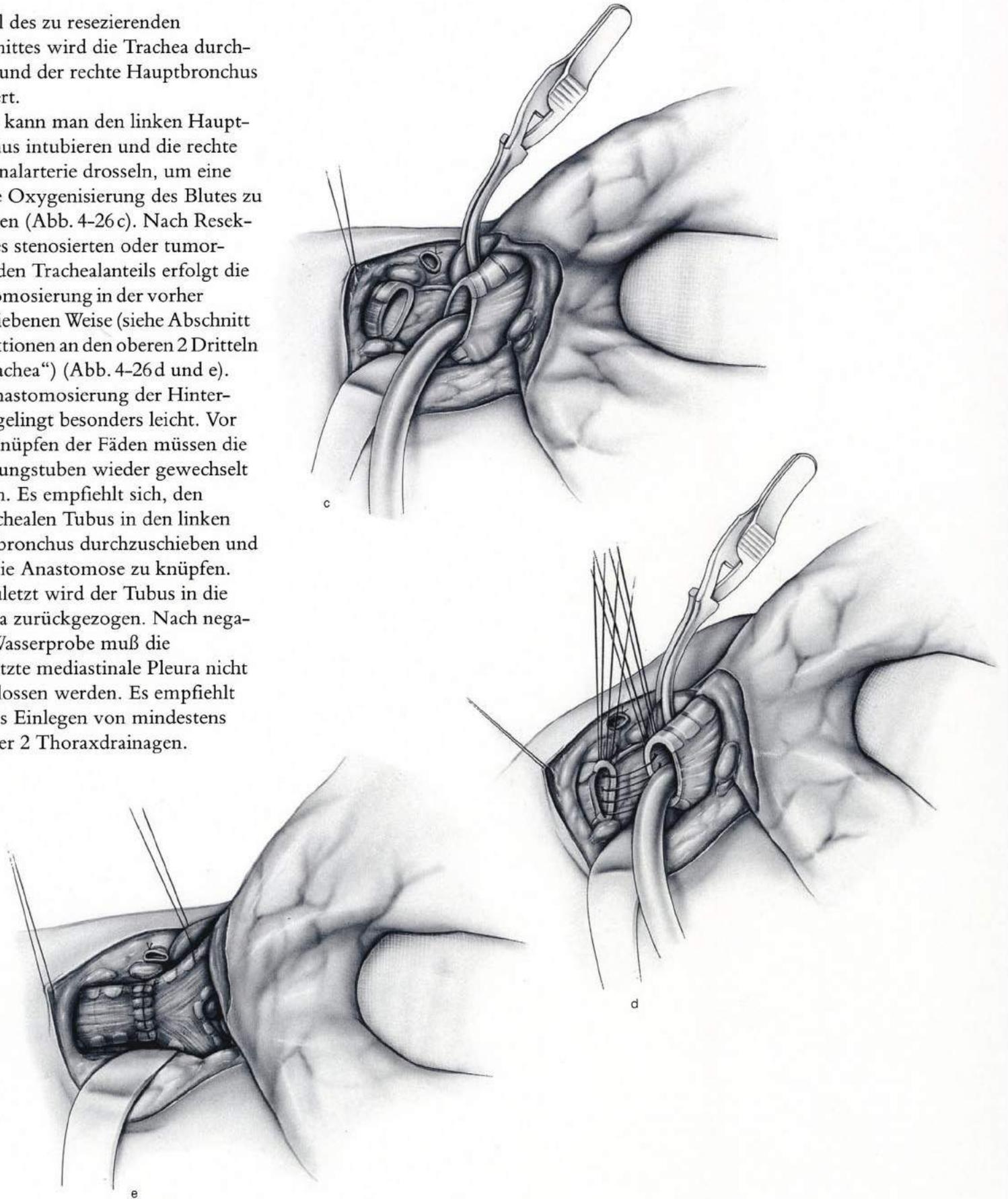


Abb. 4-26c bis e Resektion eines Trachealabschnittes im unteren Drittel.

- c) Die rechte Pulmonalarterie wird weich abgeklemmt und der linke Hauptbronchus nach Querresektion des tumortragenden Trachealabschnittes intubiert.
- d) Situs nach Querdurchtrennung der Trachea proximal des tumortragenden Trachealabschnittes. Zur Reanastomosierung der Trachea im unteren Drittel werden die Nähte vorgelegt.
- e) Vereinigte Trachealabschnitte nach Extubation des linken Hauptbronchus und Freigabe der rechten Pulmonalarterie.

Resektion der Trachealbifurkation

Zur Resektion der Trachealbifurkation wird diese, wie bei einem Eingriff am unteren Drittel der Trachea, von einer hohen posterolateralen Thorakotomie rechts aus aufgesucht (einschließlich Azygosunterbindung und -durchtrennung).

Bei der Präparation geht man am besten vom rechten Hauptbronchus aus, indem man diesen unterfährt und anschlingt. Anschließend stellt man die Karina dar, dann die proximale tracheale Begrenzung des zu resezierenden Abschnittes.

Nachdem man hier die Trachea unterfahren und angeschlungen hat, kann man den linken Hauptbronchus besser darstellen und freipräparieren. Ist der Resektionsbereich genügend freigelegt und mobilisiert, wird der linke Hauptbronchus an der Hinterwand eröffnet und wiederum durch das Operationsfeld hindurch intubiert (Abb. 4-27). Alternativ ist eine Hochfrequenzventilation mittels eines durch den oralen Tubus eingeführten dünnen Katheters in den linken Hauptbronchus möglich. Weiterhin erfolgt eine Drosselung der rechten Pulmonalarterie. Nachdem die Ventilation einer Lunge genügend gewährleistet ist, können linker Hauptbronchus, rechter Hauptbronchus und unteres Ende der Trachea durchtrennt werden.

Bei der Naht bildet man zunächst eine neue Karina, indem man die beiden Hauptbronchien medial miteinander vereinigt (Abb. 4-28).

Entsprechend der trachealen Anastomosentechnik werden beide Hauptbronchien an die untere Trachea anastomosiert.

Bei der Resektion der Trachealbifurkation ist es auch möglich, den rechten Hauptbronchus mit der Trachea zu anastomosieren, die natürlich eingeeengt werden muß, was durch Keilexzision der Hinterwand und entsprechende Einzelknopfnähte möglich ist. Der linke Hauptbronchus kann dann End-zu-Seit mit dem rechten Hauptbronchus anastomosiert werden (Abb. 4-29). Einfacher ist in der Regel die vorher angegebene Technik (siehe Abb. 4-28).

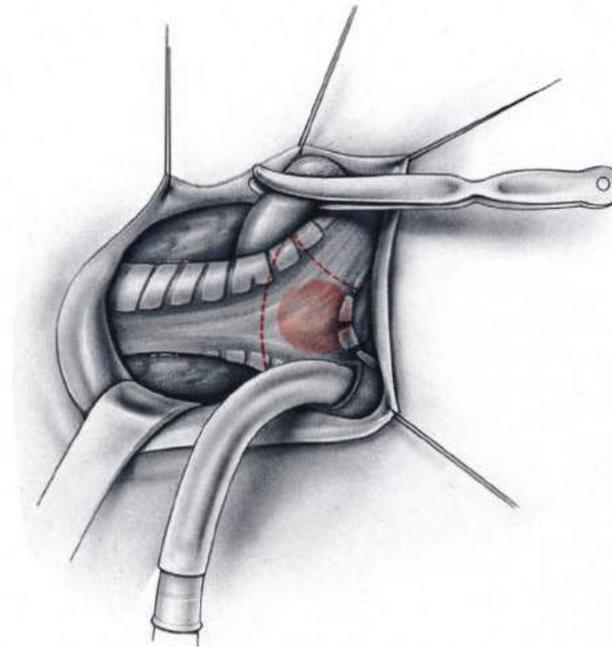


Abb. 4-27 Zur Karinaresektion ist die Freipräparation der unteren Trachea und beider Hauptbronchien erforderlich. Die Hinterwand des linken Hauptbronchus wird eröffnet, dieser intubiert und die rechte Pulmonalarterie weich abgeklemmt (Resektionslinien rot).

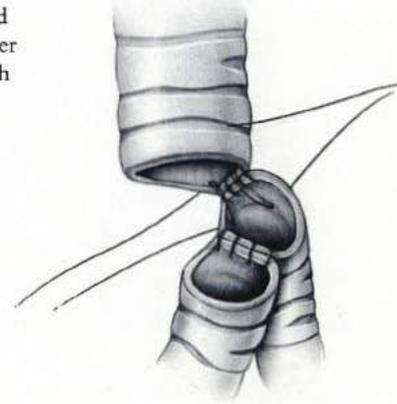


Abb. 4-28 Neue Trachealbifurkation, durch Vereinigung der medialen Seite der Hauptbronchien erstellt.

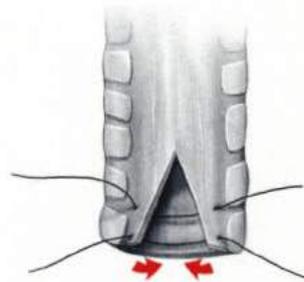
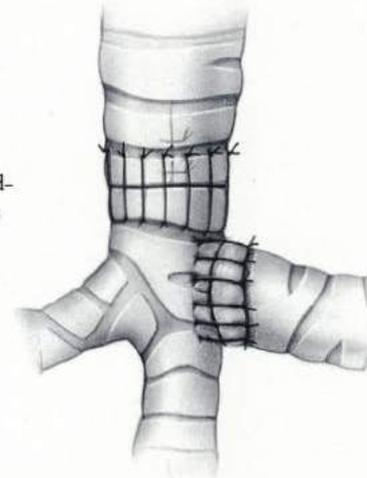


Abb. 4-29 Neue Trachealbifurkation durch End-zu-End-Anastomose des rechten Hauptbronchus mit der eingeeengten Trachea und End-zu-Seit-Anastomose des linken Hauptbronchus mit dem rechten Hauptbronchus (alternativ).



Pneumonektomie mit Resektion der Karina

Wird es aus Gründen des Übergreifens eines Tumors auf den Bifurkationsbereich erforderlich, eine Pneumonektomie mit einer Bifurkationsresektion zu kombinieren, gelingt dies rechts wie links.

Rechtsseitig erfordert es eine hohe posteriore Thorakotomie im 4., höchstens 5. ICR. Zunächst Freipräparation des rechten Lungenhilus, Versorgung der Gefäße, Freilegung des rechten Hauptbronchus einschließlich der Trachea. Dann wird der linke Hauptbronchus freipräpariert. Die Hinterwand des linken Hauptbronchus wird längs geschlitzt und der linke Hauptbronchus durch das Operationsfeld intubiert oder über Jet-Ventilation versorgt.

Es folgt wiederum die Durchtrennung der unteren Trachea und des linken Hauptbronchus, danach die Entnahme der rechten Lunge einschließlich des Bifurkationsanteils. Nach Keilexzision der Trachealhinterwand und deren Verschluss durch Einzelknopfnähte wird der linke Hauptbronchus mit der Trachea End-zu-End in der beschriebenen Weise anastomosiert. Die rechte Pleurahöhle wird 24 Stunden drainiert.

Das gleiche Vorgehen ist bei Tumoren des *linken* Hauptbronchus möglich (Abb. 4-30a). Von einer hohen linksseitigen posterolateralen Thorakotomie aus wird zunächst nach Versorgung der Lungengefäße der linke Hauptbronchus freipräpariert und angespannt. Anschließend wird unter dem Aortenbogen die Trachea sorgfältig freipräpariert und mit einem Bändchen angeschlungen. Nun wird der rechte Hauptbronchus in seinem Anfangsteil dargestellt. Dann wird der rechte Hauptbronchus an der Hinterwand eröffnet und durch das Operationsfeld hindurch intubiert, oder der orotracheale Tubus wird in den rechten Hauptbronchus vorgeschoben, wenn die Möglichkeiten der Jet-Ventilation nicht genutzt werden. Nach Durchtrennung der unteren Trachea und des rechten Hauptbronchus wird die linke Lunge einschließlich des Bifurkationsanteils entfernt. Wiederum Keilexzision aus der Hinterwand der Trachea und Einengung der Trachea durch Einzelknopfnähte (Abb. 4-30b).

Der rechte Hauptbronchus wird mit der eingeengten unteren Trachea in der üblichen Weise vereinigt. Eine Drainage der rechten Pleurahöhle ist nicht erforderlich, links wird wiederum das postoperative Hämatom für 24 Stunden drainiert.

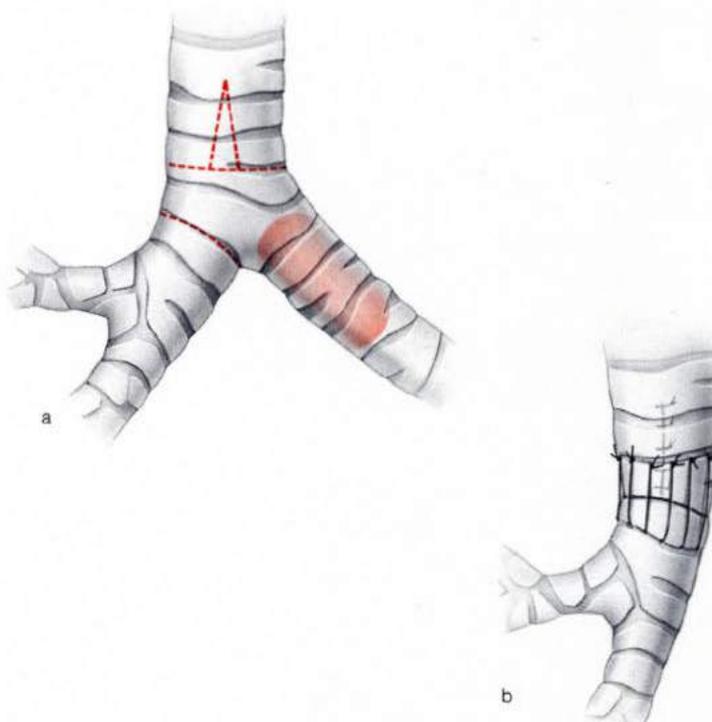


Abb. 4-30a und b Schnittführung und Naht bei linksseitiger Pneumonektomie und Resektion der Trachealbifurkation.

Anwendung von Trachealprothesen

Neville hat sowohl zur Überbrückung großer Trachealstrecken als auch zum Ersatz der Bifurkation Kunststoffprothesen angegeben, deren Wandbeschaffenheit das Einwachsen von Granulationsgewebe erleichtern und durch das wasserabstoßende Material das Haftenbleiben von Sekret verhindern soll. Die Enden laufen etwas konisch aus, direkt davor befinden sich Dacron®-Ringe an dem Silastic®-Rohr, die die Anastomosierung zwischen dem resezierten Tracheal- oder Bronchusabschnitt und der Prothese ermöglichen (Abb. 4-31). Auch hierbei ist eine Beatmung durch das Operationsgebiet hindurch sicherzustellen. Bisher ist fraglich, ob diese Prothesen als idealer tracheobronchialer Ersatz angesehen werden können.

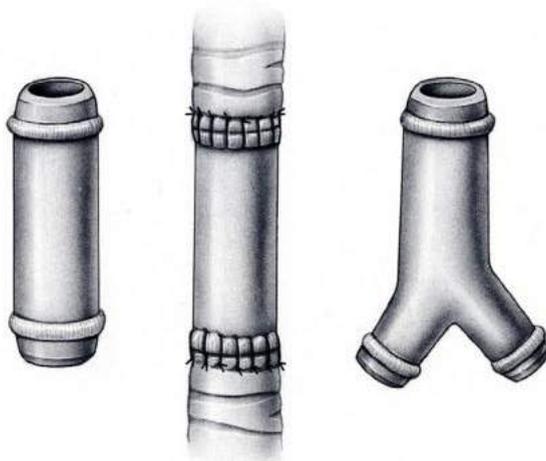


Abb. 4-31 Neville-Prothesen für Trachea und Bifurkation.

Resektion subglottischer Stenosen

Bei zu hoch angelegtem Tracheostoma kommt es in der Regel zu einer Schädigung des Ringknorpels mit Entwicklung einer subglottischen Stenose. Deren Behandlung erfordert besondere Erfahrung. Insbesondere ist hier die Zusammenarbeit zwischen Thoraxchirurgen und Laryngologen in der Regel erforderlich. Selbstverständlich müssen die zur Stenose führenden entzündlichen Prozesse zur Ruhe gekommen sein.

Die Behandlung besteht darin, daß der Ringknorpel in seinen vorderen 2 Dritteln reseziert werden muß.

Cave

Sorgfältige Schonung der dorsal in den Kehlkopf eintretenden Nn. recurrentes.

Die Resektionslinie erstreckt sich schräg vom unteren Ende des Ringknorpels dorsal bis an den Unterrand des Schildknorpels ventral (Abb. 4-32a bis c). Die teilresezierte Trachea wird an ihrem oberen Ende durch Keilexzision aus der Hinterwand und Vereinigungsnähte eingengt und dann in der üblichen Weise anastomosiert. Bei der Anästhesie muß der Tubus entweder durch die

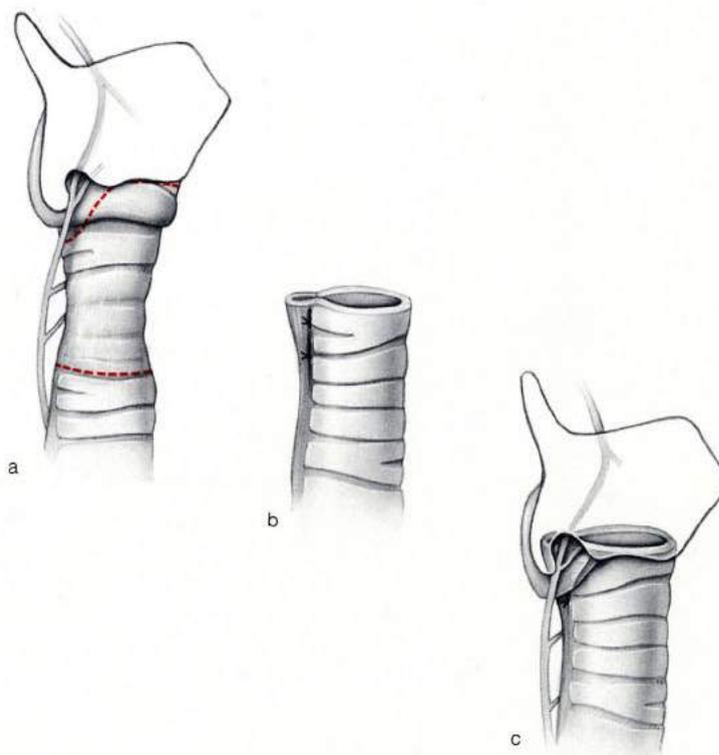


Abb. 4-32a bis c Schema der Schnittführung und Anastomosierung des Kehlkopfes mit der Trachea bei Ringknorpelresektion.

Stenose durchgeführt sein, oder ein meist vorhandenes Tracheostoma muß so lange für die Beatmung genutzt werden.

Nach Beendigung der Anastomosierung vereinigt man den Isthmus der Schilddrüse zur Deckung der Naht und fixiert den M. sternohyoideus an der Vorderfläche der Trachea, damit eine Arrosionsblutung aus dem Truncus brachiocephalicus verhindert wird.

Letztlich gehört diese Operationsart eher zum Gebiet des Laryngologen als zu dem des Thoraxchirurgen. Lediglich bei tiefsitzenden oder längerstreckigen Trachealstenosen mit thoraxchirurgischer Interventionsnotwendigkeit besteht die Notwendigkeit zur interdisziplinären Kooperation.

Eingriffe bei Tracheomalazie

Ergibt sich nach Exstirpation großer Strumen eine Malazie der Trachea in diesem Bereich, kann man eine sogenannte Trachealschienung vornehmen. Diese besteht darin, daß man Kunststoffmaterial oder besser Kieler Knochenspäne der Trachea seitlich anlegt und mit durchgreifenden Nähten die Trachea insgesamt dadurch stabilisiert. Die operative Technik ist relativ einfach, die durchgreifenden Nähte werden durch die Trachea und die Knochenspäne geführt und geknüpft (Abb. 4-33a und b).

Eine andere Methode der Trachealfixation besteht darin, kein Kunststoff- oder Knochenmaterial zu verwenden, sondern die seitlich angelegten Nähte durch die Mm. sternocleidomastoidei zu führen und zu knüpfen. Diese Methode ist aber nicht von gleicher Zuverlässigkeit. Der Isthmus der Schilddrüse muß dabei durchtrennt werden (Abb. 4-34).

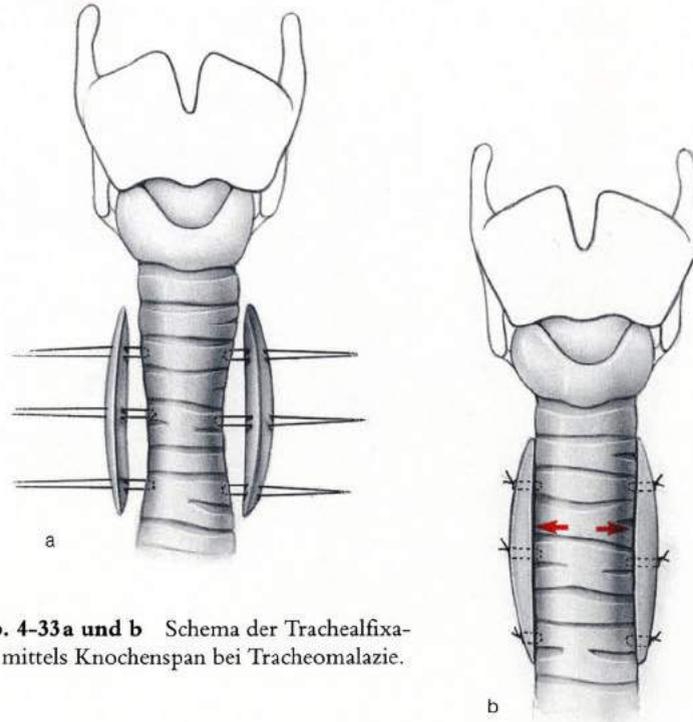


Abb. 4-33a und b Schema der Trachealfixation mittels Knochenspan bei Tracheomalazie.

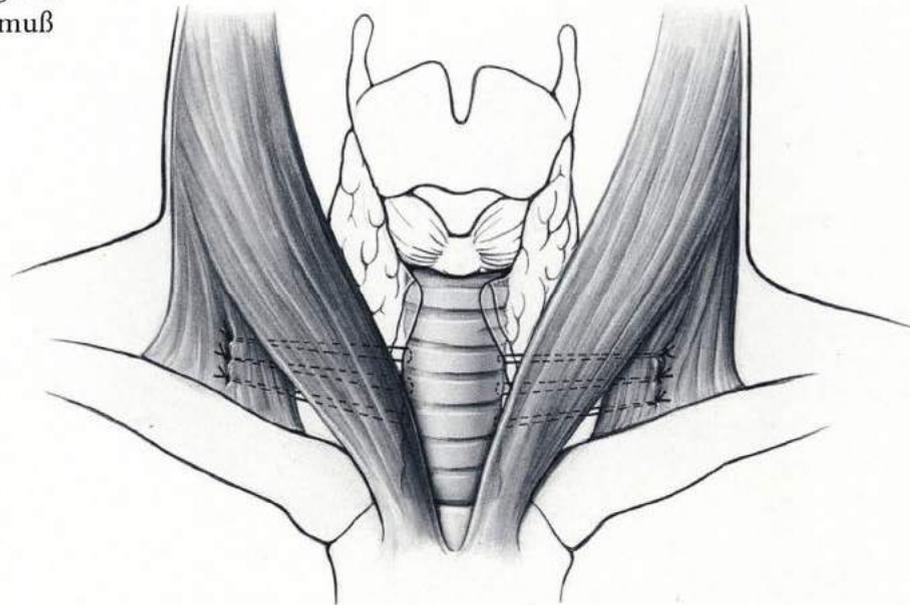


Abb. 4-34 Seitliche Fixation der Trachea unter Zuhilfenahme der Halsmuskulatur.

Fixation der Trachealhinterwand bei trachealer Dyskinesie und Prolaps der Hinterwand

Bei Dyskinesie der Trachea und der beiden Hauptbronchien mit Vorstülpung der Hinterwand bis an die Vorderwand und folgenden unerträglichen Hustenattacken hat sich die Versteifung der Hinterwand der großen Luftwege nach Nissen und Herzog bewährt. Auch hierzu wird Kieler Knochenspan verwendet.

Nach hoher rechtsseitiger Thorakotomie im 4. ICR werden die Trachea bis zur Thoraxapertur und beide Hauptbronchien, meist mit Unterbindung der V. azygos, freipräpariert. Anschließend werden, an einem Knorpelende beginnend, die Nähte evertierend durch die Hinterwand der Trachea geführt, am gegenseitigen Knorpelende beendet und dann um die vorher eingekerbten Knochen-späne geknüpft (Abb. 4-35 a bis c).

Beachte:

Es empfiehlt sich, die Schienung der trachealen Hinterwand für sich vorzunehmen, gesondert von der Schienung der beiden Hauptbronchien.

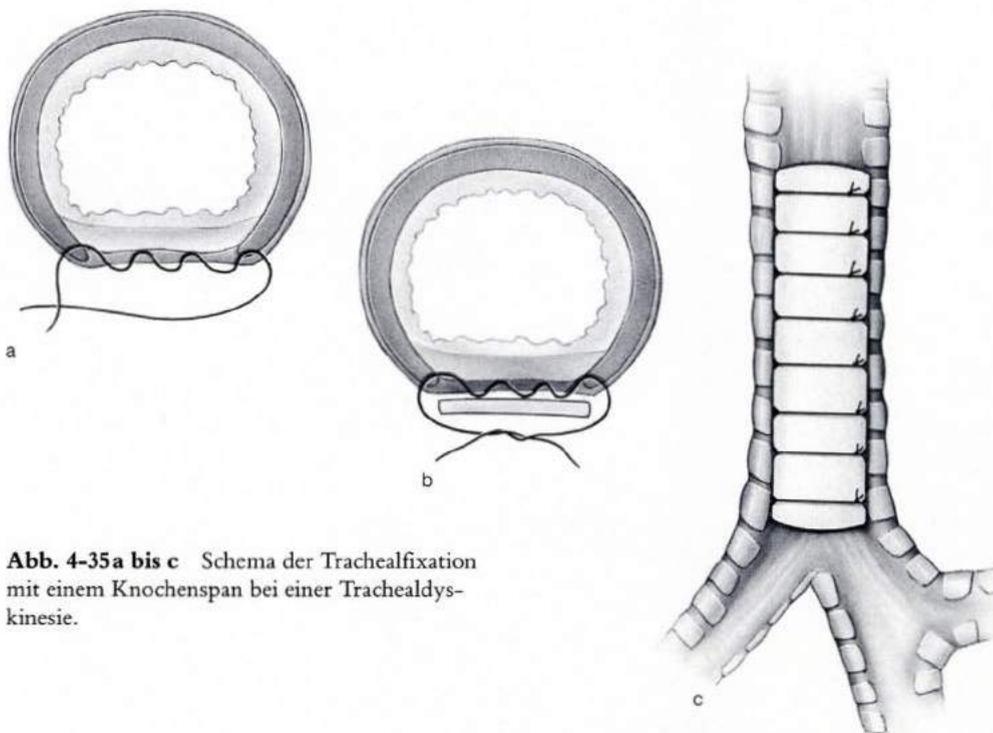


Abb. 4-35 a bis c Schema der Trachealfixation mit einem Knochenspan bei einer Trachealdyskinesie.

Weiterführende Literatur

1. Bogusch, L. K., A. A. Travin, J. L. Semenenkov: Transperikardiale Operationen an den Hauptbronchien und Lungengefäßen. Hippokrates, Stuttgart 1971
2. Couraud, L., C. Martigne, P. Houdelette, F. Morales: Interêt de la résection cricoïdienne dans le traitement de sténoses. *Ann. Chir.* 33 (1979) 242
3. Grillo, H. C.: Primary reconstruction after airway resection of subglottic laryngeal and upper tracheal stenosis. *Ann. thorac. Surg.* 33 (1982) 2
4. Grillo, H. C.: Carinal reconstruction. *Ann. thorac. Surg.* 34 (1982) 356
5. Grillo, H. C.: Tracheal anatomy and surgical approaches. In: Shields, Th. W. (ed.): *General Thoracic Surgery 2*. Lea & Febiger, Philadelphia 1983
6. Kraft-Kinz, J., G. Friehs: Mediastinum. In: Zenker, R., F. Deucher, W. Schink (Hrsg.): *Chirurgie der Gegenwart*, Bd. 3. Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore 1982
7. Maaßen, W.: Mediastinoskopie und chirurgische Lungenbiopsie. *Handbuch der Tuberkulose*, Bd. III. Thieme, Stuttgart 1975
8. Maaßen, W.: Die transsternale und -perikardiale Verschlussoperation bei Hauptbronchusstumpffistel und Pleuraempyem. *Thoraxchir.* 23 (1975) 257
9. Maaßen, W.: Kehlkopfmobilisation bei Eingriffen an der Trachea. *Thoraxchir.* 26 (1978) 291
10. Maaßen, W.: Mediastinum. In: Vosschulte, K., F. Kümmerle, H. J. Peiper, S. Weller (Hrsg.): *Lehrbuch der Chirurgie*. Thieme, Stuttgart 1982
11. Maaßen, W.: Supraklavikuläre Lymphknotenbiopsie, Mediastinoskopie. In: Trendelenburg, F. (Hrsg.): *Handbuch der Inneren Medizin*, Bd. IV/4 A. Springer, Heidelberg-Berlin-New York-Tokyo 1985
12. Maaßen, W.: Accuracy of Mediastinoscopy. In: Delarue, N. (ed.): *Lung Cancer*. Saunders, Philadelphia 1985
13. Maaßen, W., D. Greschuchua: Die endoskopische und biopsische Untersuchung des Mediastinums. *Atemwegs- u. Lungenkrkh.* 3 (1975) 161
14. Maaßen, W., W. Petro, N. Konietzko: Diagnostik und Kriterien für die konservative bzw. operative Behandlung von Trachealstenosen. In: Rügheimer, E. (Hrsg.): *Intubation, Tracheotomie und bronchopulmonale Infektionen*. Springer, Heidelberg-Berlin-New York-Tokyo 1983
15. Maaßen, W., D. Greschuchua, I. Vogt-Moykopf, H. Toomes, H. Lüllig: Tracheal resection - State of the art. *Thorac. cardio-vasc. Surg.* 33 (1985) 2
16. Montgomery, W. W.: Suprahyoid release for tracheal stenosis. *Arch. Otolaryng.* 99 (1974) 255
17. Neville, W. E.: Reconstruction of the trachea and stem bronchi with Nevilleprosthesis. *Int. Surg.* 67 (1982) 229
18. Pearson, F. G., J. D. Cooper, J. M. Nelems, A. W. van Nostrand: Primary tracheal anastomosis after resection of the cricoid cartilage with preservation of recurrent laryngeal nerves. *J. thorac. cardio-vasc. Surg.* 70 (1975) 806

5 Eingriffe bei Verletzungen im Thoraxbereich

W. Glinz und F. Gschnitzer

Eingriffe bei Verletzungen der Thoraxwand, Lunge, Bronchien, Trachea und des Zwerchfells

W. Glinz

Thoraxdrainagen	185
<i>Indikation</i>	185
<i>Geschlossene Thoraxdrainage</i>	186
Material	186
Klassische hintere Drainage	186
Drainage der basalen Thoraxabschnitte	191
Vordere Drainage beim Pneumothorax	192
Schwierigkeiten und Komplikationen	193
<i>Thoraxdrainage durch Minithorakotomie</i>	194
<i>Ableitung der Thoraxsaugdrainage</i>	196
Klassische Ableitung	196
Kompakte Ableitungssysteme	197
Heimlich-Ventil	197
<i>Entfernung der Thoraxdrainage</i>	198
Voraussetzungen	198
Technik	198
Indikationen zur Thorakotomie	199
<i>Indikationen zur sofortigen oder frühen Operation</i>	199
<i>Indikationen im weiteren Verlauf</i>	199
<i>Penetrierende Thoraxverletzungen</i>	199
Operative Stabilisierung der Thoraxwand	200
<i>Hauptformen der instabilen Thoraxwand</i>	200
<i>Operationsindikation</i>	200
<i>Stabilisierung der vorderen Thoraxwand bei parasternalen Rippenserienfrakturen</i>	201
Operationstechnik	201
Nachbehandlung	203
<i>Stabilisierung der lateralen Thoraxwand mit Rekonstruktionsplatten</i>	204
Operationstechnik	204
Nachbehandlung	205
Subkutanes Emphysem und Mediastinalemphysem	206
<i>Klinische Bedeutung</i>	206
<i>Operationsindikation</i>	206
Drainage der Thoraxwand	207
Kollare Mediastinotomie	208
Lungenverletzungen	209
<i>Operationsindikation</i>	209
<i>Bronchusblockade durch Ballon-Katheter (Fogarty-Katheter) bei massiver intrabronchialer Blutung</i>	209
<i>Thorakotomie bei Lungenverletzung</i>	210
Narkose, Lagerung und Zugang	210
Operatives Vorgehen	210

Naht	211
Lungenresektionen	211
Drainage nach Thorakotomie	211
<i>Operative Ausräumung eines Hämatothorax</i>	212
Indikation und Operationszeitpunkt	212
Operationstechnik	212
Trachea- und Bronchusverletzungen	213
<i>Diagnose und Operationsindikation</i>	213
<i>Narkose</i>	213
<i>Operative Zugänge</i>	213
<i>Versorgung der Tracheaverletzungen</i>	214
<i>Versorgung der Bronchusruptur</i>	214
Zwerchfellruptur	215
<i>Lokalisation</i>	215
<i>Begleitverletzungen</i>	215
<i>Operativer Zugang</i>	215
<i>Operation der frischen linksseitigen Zwerchfellruptur</i>	215
<i>Operation der frischen rechtsseitigen Zwerchfellruptur</i>	216
Verletzungen des Ductus thoracicus	218
<i>Klinische Bedeutung</i>	218
<i>Diagnose</i>	218
<i>Konservative Therapie und Operationsindikation</i>	218
<i>Operation: Ligatur des Ductus thoracicus</i>	219
Operationstechnik	219
Nachbehandlung	219
<i>Weiterführende Literatur</i>	219

Verletzungen des Herzens und der thorakalen Aorta

F. Gschnitzer

Verletzungen des Herzens	220
<i>Vorbemerkung</i>	220
<i>Operatives Vorgehen</i>	220
<i>Weiterführende Literatur</i>	223
Verletzungen der thorakalen Aorta	224
<i>Vorbemerkung</i>	224
<i>Aortenruptur</i>	224
<i>Operatives Vorgehen bei der frischen Aortenruptur</i>	224
<i>Operatives Vorgehen beim posttraumatischen Aortenaneurysma</i>	228
<i>Aortenabklemmung oder temporärer Shunt?</i>	229
<i>Beendigung der Operation</i>	229
<i>Weiterführende Literatur</i>	229

Entfernung embolisierter Fremdkörper aus dem Herzen und den herznahen Gefäßabschnitten

F. Gschnitzer

Vorbemerkung	230
Operatives Vorgehen	230
<i>Weiterführende Literatur</i>	231

Eingriffe bei Verletzungen der Thoraxwand, Lunge, Bronchien, Trachea und des Zwerchfells

W. Glinz

Thoraxdrainagen

Die Pleuradrainage ist die Basistherapie bei allen schweren Thoraxverletzungen. Das Ziel ist die vollständige Evakuierung von Luft und Blut aus dem Pleuraraum. Die Ausdehnung der Lunge schafft überdies die Voraussetzungen zur Abdichtung und Heilung von Luftlecks sowie zum Sistieren von Blutungen aus dem Lungenparenchym in die Thoraxhöhle. Weit aus die meisten stumpfen und penetrierenden Thoraxverletzungen können mit alleiniger Thoraxdrainage adäquat behandelt werden.

Indikation

Bei klinischem Verdacht eines Spannungspneumothorax wird unmittelbar bei der Notfallaufnahme eine Thoraxdrainage eingelegt, ohne Zeit durch die Anfertigung eines Röntgenbildes zu verlieren. In der Regel ergibt sich jedoch aus dem Befund im Thoraxröntgenbild die Indikation zur Drainage.

Jeder wesentliche Hämatothorax und jeder Pneumothorax, der kurz nach einem Trauma vorliegt, wird drainiert.

Beim Hämatothorax wie auch bei der Kombination Hämatothorax wird zunächst eine hintere Drainage eingelegt, da ein hinterer Schlauch sowohl Blut als auch Luft drainiert, während eine vordere Drainage nur Luft, Blut aber in höchst ungenügendem Ausmaß evakuiert. Bleibt ein Restpneumothorax bestehen, wird eine zusätzliche vordere Drainage gelegt.

Nur beim alleinigen Pneumothorax wird primär eine vordere Drainage vorgenommen. Liegen gleichzeitig Rippenserienfrakturen vor, muß ohnehin mit der zunehmenden Ausbildung eines Hämatothorax gerechnet werden. Auch in diesem Fall ist die hintere Drainage zunächst die Drainage der Wahl.

Die Indikation zur Thoraxdrainage sollte großzügig und frühzeitig gestellt werden. Je nach Erfolg sind weitere Drains nötig. Lokalisierte Luft- oder Blutansammlungen werden gezielt, gegebenenfalls mit atypisch eingelegten Drains evakuiert. Es hat sich bewährt, bei Patienten mit Rippenserienfrakturen, die operiert oder beatmet werden müssen, prophylaktisch eine Pleuradrainage einzulegen, da unter Überdruckbeatmung mit hoher Wahrscheinlichkeit die Entstehung eines Pneumo- oder Spannungspneumothorax erwartet werden muß. Ist auch ein Hämatothorax im primären Röntgenbild noch kaum sichtbar, wird sich ein solcher bei diesen Patienten im weiteren Verlauf einstellen.

Geschlossene Thoraxdrainage

Material

Für das geschlossene Einführen einer Pleuradrainage werden Thoraxkatheter aus Kunststoffmaterial verwendet, die über einen Führungsspieß (Trokar) gestülpt eingelegt werden (Trokar-Katheter Argyle®) (Abb. 5-1). Gegenüber den früher üblichen Methoden zeigen diese Thoraxdrains einige wesentliche Vorzüge:

- Sie bestehen aus gut verträglichem, biegsamem und dennoch festem Material, das nicht kollabiert.
- Die Oberflächen sind so glatt, daß verstopfte Drains selten sind.
- Das Einlegen geht schnell.
- Die Drainagen können mit dem Metallstab außerordentlich gut im Thorax plaziert werden.
- Das Kaliber ist größer als bei der früher gebräuchlichen Trokarmethode, die Drainage dadurch wirkungsvoller.
- Der im Inneren des Drains gelegene Führungsstab verhindert weitgehend das Eindringen von Luft in den Thoraxraum beim Einlegen.

Blut kann aus dem Thoraxraum nur wirkungsvoll evakuiert werden, wenn Drains mit einem großen Kaliber verwendet werden. Aus diesem Grund werden zur Drainage eines Hämatothorax generell Drains von mindestens Charrière 28 verwendet. Es empfiehlt sich, auch für die Drainage von frischen Pneumothoraces diese Draingröße zu gebrauchen, um einen genügenden Luftdurchfluß zu gewährleisten. Dünnere Drains knicken überdies leicht ab. Liegen Koagula vor, verstopfen diese das Lumen.

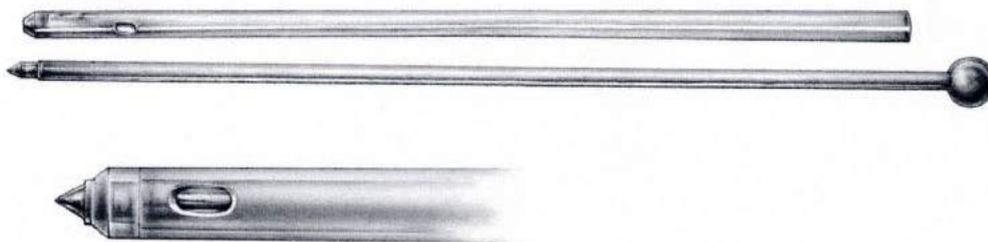


Abb. 5-1 Thorax-(Trokar)-Katheter (Argyle®).

Klassische hintere Drainage

Abbildung 5-2 zeigt die Lage des Drains im Thoraxinneren bei der klassischen hinteren Drainage. Die Drainage tritt in der mittleren Axillarlinie, nicht unterhalb der Mamille, in den Thoraxraum ein. Der Schlauch ist nach hinten oben gelegt. Für alle geschlossen eingelegten Thoraxdrainagen gilt, daß diese nicht unterhalb der Mamillenhöhe in den Thorax eingeführt werden dürfen. Bei tieferem Einführen besteht die Gefahr der Verletzung des Zwerchfells und intraabdominaler Organe. Gerade beim stumpfen Thoraxtrauma liegt wegen der eingeschränkten Atmung oft ein Zwerchfellhochstand vor.

Cave

Drainage nicht kaudal der Mamillenhöhe in den Thorax einlegen.

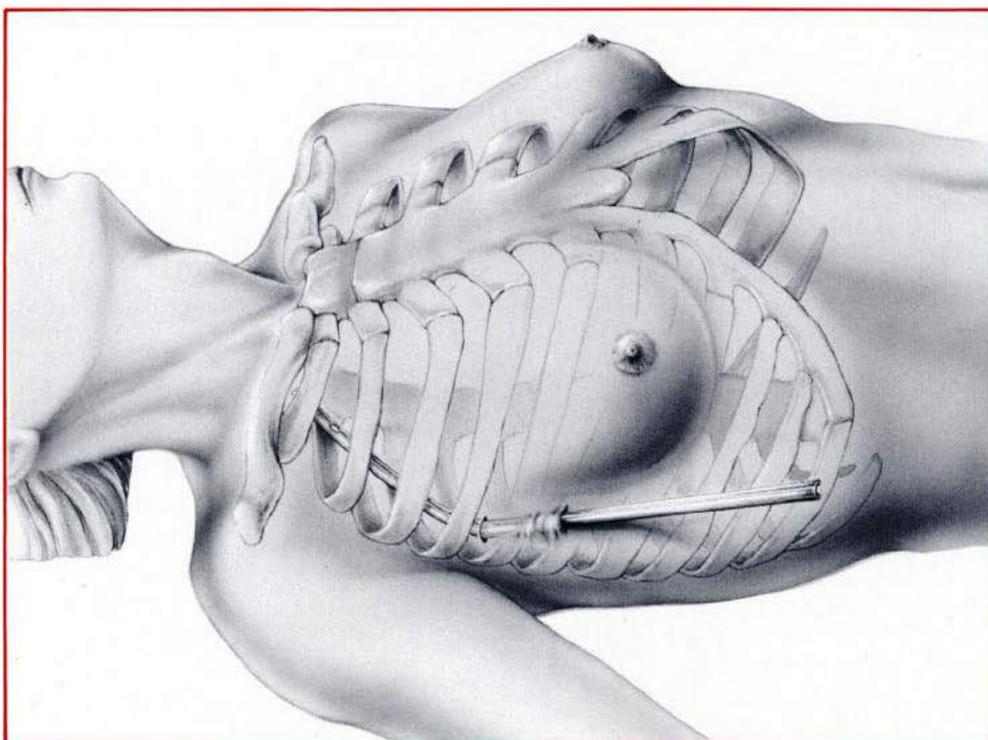


Abb. 5-2 Klassische hintere Thoraxdrainage. Lage des Drains im Thorax.

Es wird ein schräg verlaufender subkutaner Kanal von 4–5 cm Länge in der Richtung der späteren Lage des Drains geplant.

Die Lokalanästhesie nimmt darauf Rücksicht (Abb. 5-3). Es werden zunächst die Haut und das subkutane Gewebe im Bereich der Hautinzision anästhesiert. Dann wird die Nadel von der gleichen Einstichstelle aus in Richtung des geplanten subkutanen Kanals vorgeschoben unter ständiger Infiltration des Gewebes.

Zur Anästhesie im Bereich der Eintrittsstelle in den Thorax wird ca. 5 cm höher erneut eingestochen. Die Nadelspitze palpirt die darunterliegende Rippe und setzt das Depot von Lokalanästhesie am Oberrand dieser Rippe, wobei sie bis auf die Pleura parietalis vorstößt. Durch dieses erneute Einführen der Nadel weiter oben kann nicht nur die schmerzhafte Eintrittsstelle durch die Pleura am Oberrand der ausgewählten Rippe besser anästhesiert werden, sondern die Palpation der Rippe mit der Nadelspitze und das Vortasten an den oberen Rand liefern auch wertvolle Informationen, in welcher Tiefe die Rippen liegen.

Die Inzisionsstelle der Haut wird so gewählt, daß die Drainage später ohne Abknickung verläuft.

Wenn der Schlauch in der mittleren Axillarlinie in den Thoraxraum eintritt, muß er im Thoraxinneren noch weiter nach dorsal verlaufen. Die Hautinzision ist also weiter ventral, im Bereich der vorderen Axillarlinie, zu wählen.

Es werden nun, je nach Bedarf, weitere Drainageöffnungen in den Drain geschnitten (Abb. 5-4). Dies erfolgt beim abgknickten Drain mit einer gebogenen Schere. So wünschenswert große Drainageöffnungen wären – es dürfen die zusätzlich geschnittenen Löcher keinesfalls größer sein als jene, die schon im Drain vorliegen, da sonst die Stabilität des Schlauches verlorengehe und er sich im Thorax abknickt. Sie werden versetzt auf der Zirkumferenz angebracht.

Beachte:

Es gilt als absolute Regel, daß die letzte zusätzlich geschaffene, am weitesten von der Spitze entfernte Drainageöffnung auf dem röntgendichten Markierungsfaden geschnitten wird, damit später im Thoraxröntgenbild die Lage dieser äußersten Öffnung beurteilt werden kann.

Die Hautinzision ist genügend groß zu legen, damit der Drain leicht durch die Haut eingeführt werden kann. Es ist nicht sinnvoll, den subkutanen Kanal zunächst mit der Schere zu schaffen, da zusätzliche Hohlräume mit entsprechender Blutansammlung um den Drain vermieden werden sollten.

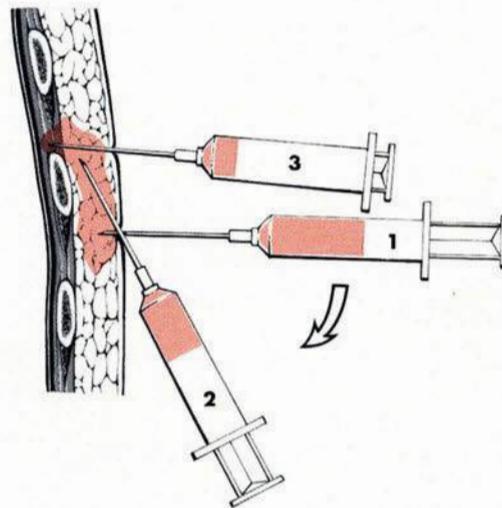


Abb. 5-3 Setzen der Lokalanästhesie. Es werden die Hautinzisionsstelle (1), der vorgesehene subkutane Kanal (2) und die Eintrittsstelle in den Thoraxraum am Rippenoberrand (3) infiltriert.

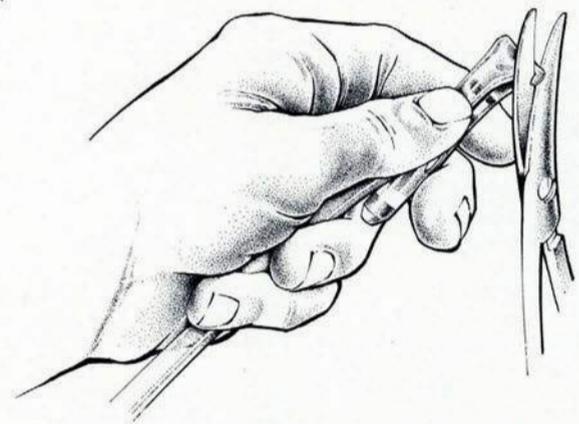


Abb. 5-4 Schneiden zusätzlicher Löcher. Das hinterste Loch kommt auf dem röntgendichten Markierungsfaden zu liegen.

Der Drain, über den Führungsspieß gestülpt, wird zunächst mit physiologischer Kochsalzlösung benetzt. Er wird beim liegenden Patienten eingelegt.

Das Einführen erfolgt mit einem ganz bestimmten Bewegungsablauf, der 4 Schritte umfaßt:

1. Zunächst wird mit Stoßrichtung senkrecht zum Thorax die Drainage durch die Haut ins subkutane Gewebe eingelegt (Abb. 5-5a).
2. Nun wird die Richtung geändert. Der Führungsspieß mit dem Drain wird tangential in Richtung des subkutanen Kanals vorgeschoben (Abb. 5-5b). Leichtes Drehen erleichtert dieses Vorschieben.
3. Zur Penetration in den Thorax selbst wird die Stoßrichtung wieder ganz senkrecht zur Thoraxwand gewählt. Mit der Spitze des Führungsspießes wird zunächst die Rippe abgetastet, an deren Ober- rand in den Thoraxraum eingegangen wird.

Beachte:

Man orientiert sich also durch Palpation mit dem Metallspieß.

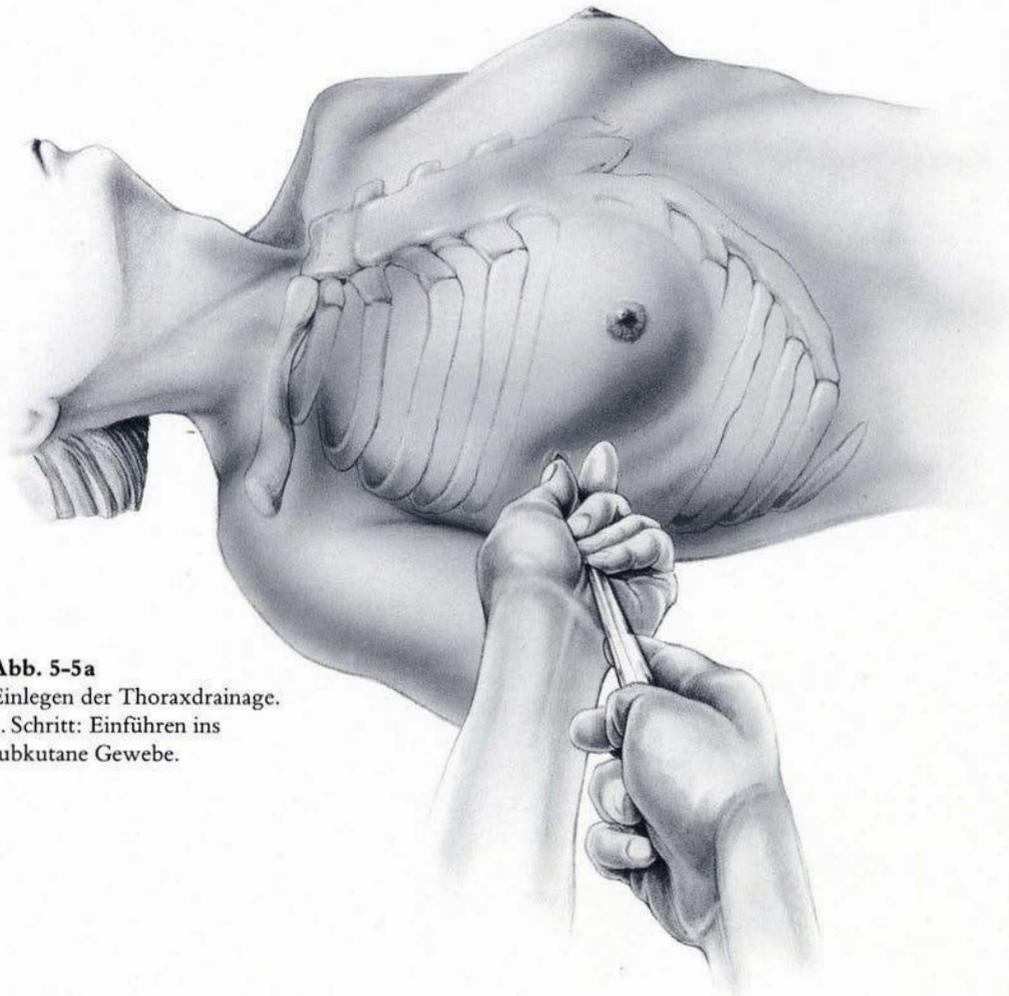


Abb. 5-5a
Einlegen der Thoraxdrainage.
1. Schritt: Einführen ins subkutane Gewebe.

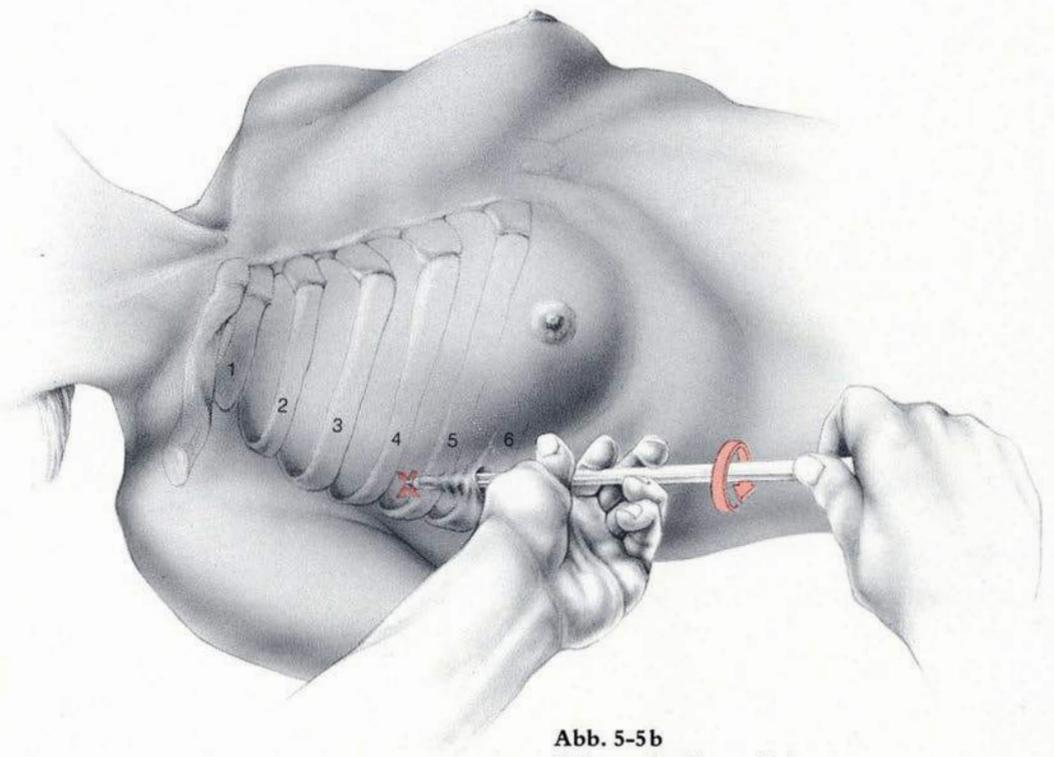


Abb. 5-5b
Einlegen der Thoraxdrainage.
2. Schritt: Subkutanes Vorschieben.

Die linke Hand umfaßt den Drain mit Führungsspieß mit einem ganz bestimmten, absolut unerläßlichen Handgriff, der die Eindringtiefe des Spießes in den Thoraxraum beschränkt (Abb. 5-5c). Der Führungsspieß würde sonst beim Eintreten in den Thoraxraum wegen des plötzlich nachlassenden Widerstandes völlig unkontrolliert vorgeschoben. Es sind Fälle schwerer Lungen-, Herz- und Aortaverletzungen bekannt, zum Teil mit tödlichem Ausgang, bei denen diese Vorsichtsmaßnahme nicht eingehalten wurde.

Cave

Limitierung der Eindringtiefe durch spezielles Halten des Drains.

An der gewählten Einstichstelle wird nun mit einem kräftigen kurzen Stoß der Thoraxraum am Oberrand der ausgewählten Rippe perforiert und die Spitze des Trokars wenig in den freien Thoraxraum eingeführt. Es wird am Rippenoberrand eingegangen, weil nahe dem Unterrand der Rippe die Gefäße und Nerven verlaufen.

- Bei noch knapp im Thoraxraum liegender Spitze des Führungsspießes wird die Richtung wiederum geändert. Der Führungsspieß wird nun in Richtung der geplanten definitiven Lage des Drains gehalten und dirigiert so den Drain im Thoraxinneren (Abb. 5-5d). Mit dem endständigen Knopf wird der Führungsspieß in seiner Position gehalten und der Drain selbst vorgeschoben. Es ist darauf zu achten, daß dabei der Führungsspieß mit seiner Spitze tatsächlich noch im Thoraxinneren liegt. Nur so kann er den Schlauch im Thorax leiten, und es erfolgt keine Abknickung. Der subkutane Kanal soll in jeder Ebene der Lage des Schlauches im Thoraxinneren angepaßt sein (Abb. 5-6).

Der Drain liegt im Thorax, wenn beim Zurückziehen des Führungsspießes Blut folgt oder wenn sich der Schlauch innen mit Wasserdampf beschlägt.

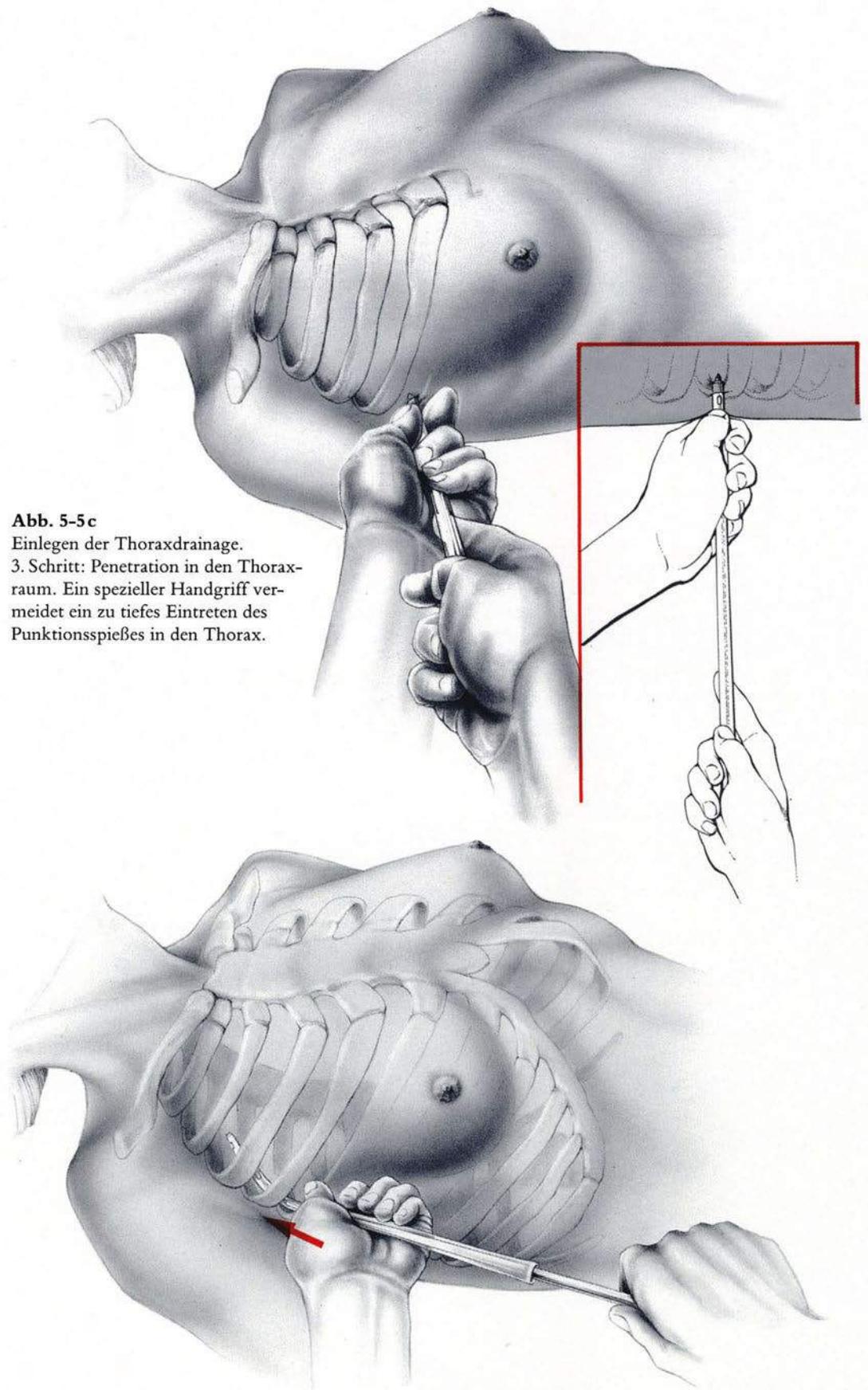


Abb. 5-5c Einlegen der Thoraxdrainage. 3. Schritt: Penetration in den Thoraxraum. Ein spezieller Handgriff vermeidet ein zu tiefes Eintreten des Punktionsspießes in den Thorax.

Abb. 5-5d Einlegen der Thoraxdrainage. 4. Schritt: Vorschieben des Drains in den Thoraxraum. Der Punktionsspieß weist die Richtung.

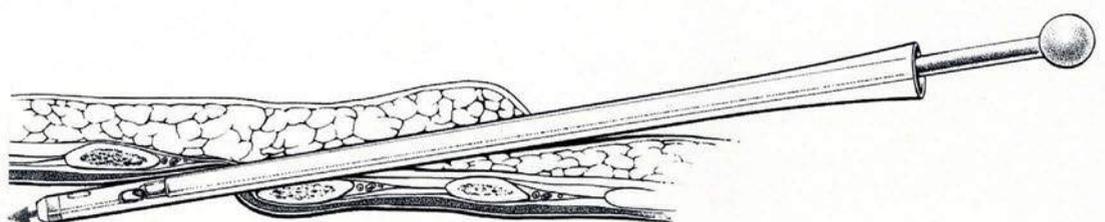


Abb. 5-6 Der Drain liegt in einem schrägen subkutanen Kanal.

Ein Abklemmen der Drainage erfolgt beim spontan atmenden Patienten. Kein Abklemmen beim Patienten unter kontrollierter Beatmung. Der Metallspieß wird von außen auf den Thorax gelegt, um die Länge des eingeführten Drainanteils abzuschätzen. Allenfalls erfolgt noch ein Zurückziehen der Drainage.

Beachte:

Die Erfahrung zeigt, daß die Drainagen in der Regel zu tief in den Thorax eingeführt werden.

Die Hautfixation (Abb. 5-7) schließt zunächst die Inzisionswunde im Bereich der Drains und befestigt gleichzeitig den Drainageschlauch. Es wird dazu am besten dicke Seide verwendet, weil diese eine größere Reibung aufweist und dadurch einen besseren Halt am ohnehin sehr glatten Drain ergibt als ein monofiler Kunststofffaden (Seide der Stärke 2).

Ein Röntgenkontrollbild zur Beurteilung der Drainlage und des Erfolges der Pleuradrainage ist unerlässlich (Abb. 5-8).

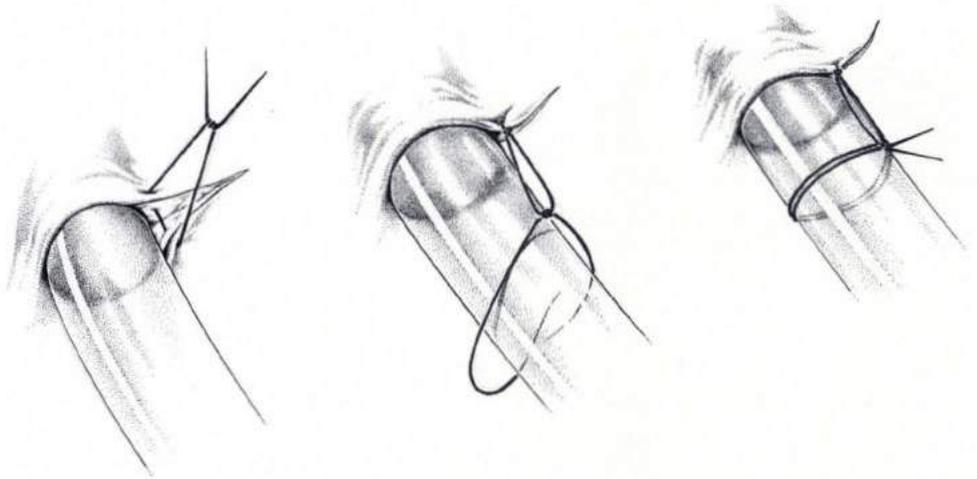


Abb. 5-7 Verschluss der Inzisionswunde und Hautfixation.

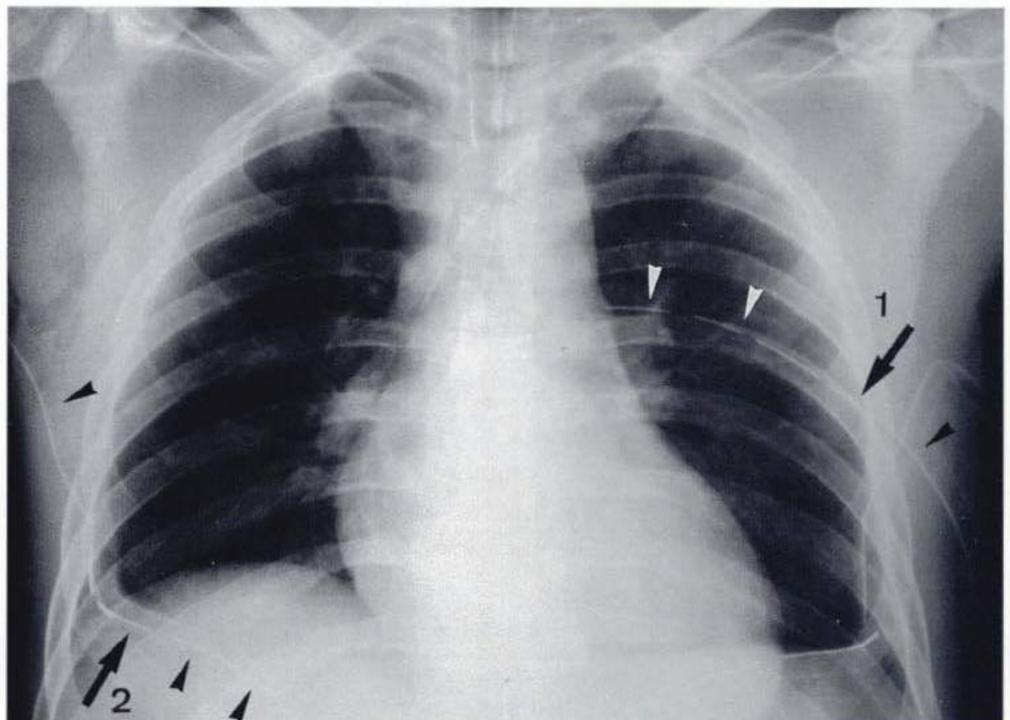


Abb. 5-8 Klassische hintere Thoraxdrainage (1) und Variante zur Drainage der tiefsten Thoraxabschnitte (2).

Drainage der basalen Thoraxabschnitte

Es kann zur besseren Drainage eines Hämatothorax günstig sein, die hintere Drainage nach basal, in den Sinus phrenicocostalis, zu legen (Abb. 5-9). Es handelt sich dabei um eine ideale Drainage für die tiefsten Thoraxabschnitte.

Beachte:

Bei dieser Drainage müssen immer zusätzliche Drainageöffnungen am Schlauch angebracht werden, da die vordersten Öffnungen im engen Sinus rasch von angesaugtem Gewebe verschlossen werden.

Die Einführstelle in den Thorax liegt dabei am selben Ort, also nach wie vor oberhalb der Mamillenhöhe. Der subkutane Kanal wird aber entsprechend der späteren Drainlage anders gewählt. Die Hautinzision liegt also gegen die vordere Axillarlinie etwa 5 cm oberhalb des Schlaucheintrittes in den Thorax. Auch durch den Verband hindurch und außerhalb des Verbandes muß der Schlauch nach oben, also in Richtung seiner Lage im Thoraxinneren abgeleitet werden, da der Drain sonst abgeknickt wird. Dies erfolgt durch Fixierung mit einem Heftpflasterstreifen am lateralen oberen Thorax oder im Schulterbereich.

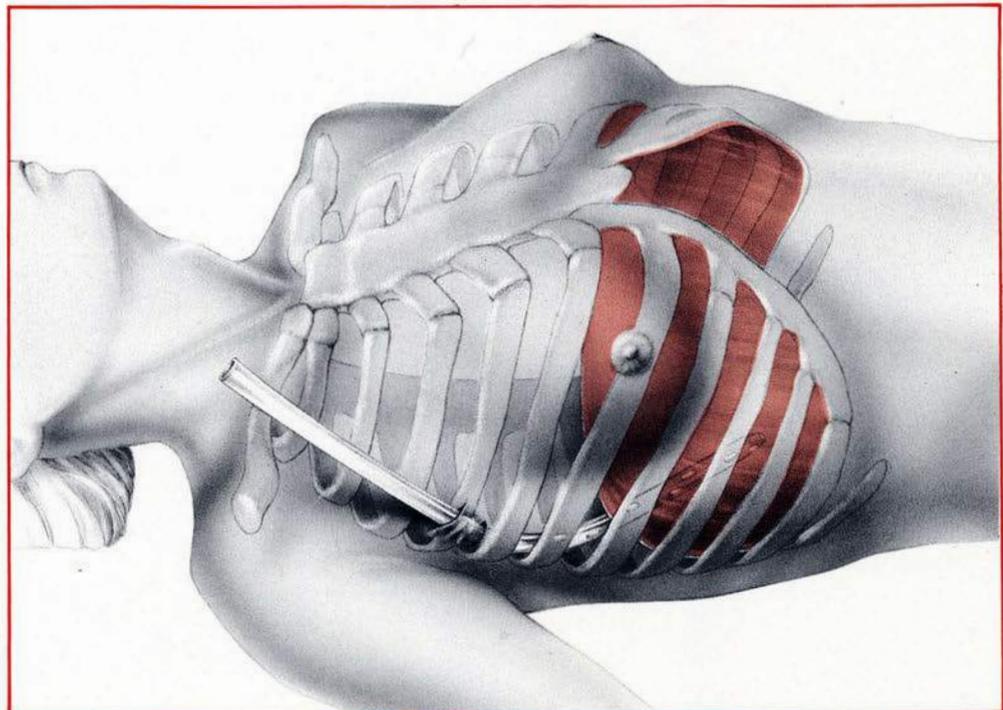


Abb. 5-9 Variante der hinteren Thoraxdrainage. Der Drain wird nach unten gelegt.

Vordere Drainage beim Pneumothorax

Die klassische vordere Drainage wird in der Medioklavikularlinie eingelegt. Die dadurch entstehende Narbenbildung ist an dieser exponierten Stelle gut sichtbar, so daß bei Mädchen und jüngeren Frauen die Drainage aus kosmetischen Gründen vorteilhafterweise in der vorderen Axillarlinie im Bereich des oberen Thorax eingeführt und dann nach vorne kranial gelegt wird. Spielen solche Überlegungen keine Rolle oder liegt eine ganz akute Lebensbedrohung vor, dann wird der klassische Zugang gewählt.

Der Drain tritt dabei von vorne, in der Medioklavikularlinie, im 2. Interkostalraum (ICR) in den Thorax ein und wird nach oben gegen die Pleurakuppe gelegt. Die Abbildung 5-10a zeigt die optimale Lage dieser Drainage.

Die Hautinzision wird wiederum einige Zentimeter tiefer gewählt, um einen subkutanen Kanal zu schaffen. Die Eintrittsstelle in den Thorax am Oberrand der 3. Rippe liegt mindestens $2\frac{1}{2}$ Querfinger vom Sternumrand entfernt, da sonst die Gefahr einer Verletzung der A. thoracica interna besteht. Beim Einlegen werden wiederum die 4 oben ausführlich geschilderten Schritte vollzogen (siehe Abb. 5-5a bis d). Beim 3. Schritt, also beim Eintreten in den Thoraxraum (unbedingt Sicherungsgriff anwenden, siehe Abb. 5-5c), muß besonders darauf geachtet werden, daß dies senkrecht zur Thoraxwand erfolgt. Da die Thoraxwand beim liegenden Patienten ohnehin zur Kuppe hin schräg verläuft, ist sonst die Gefahr groß, daß der Drain auf der Rippe abgleitet und unter den M. pectoralis, aber nicht in den Thoraxraum gelegt wird (Abb. 5-10b).

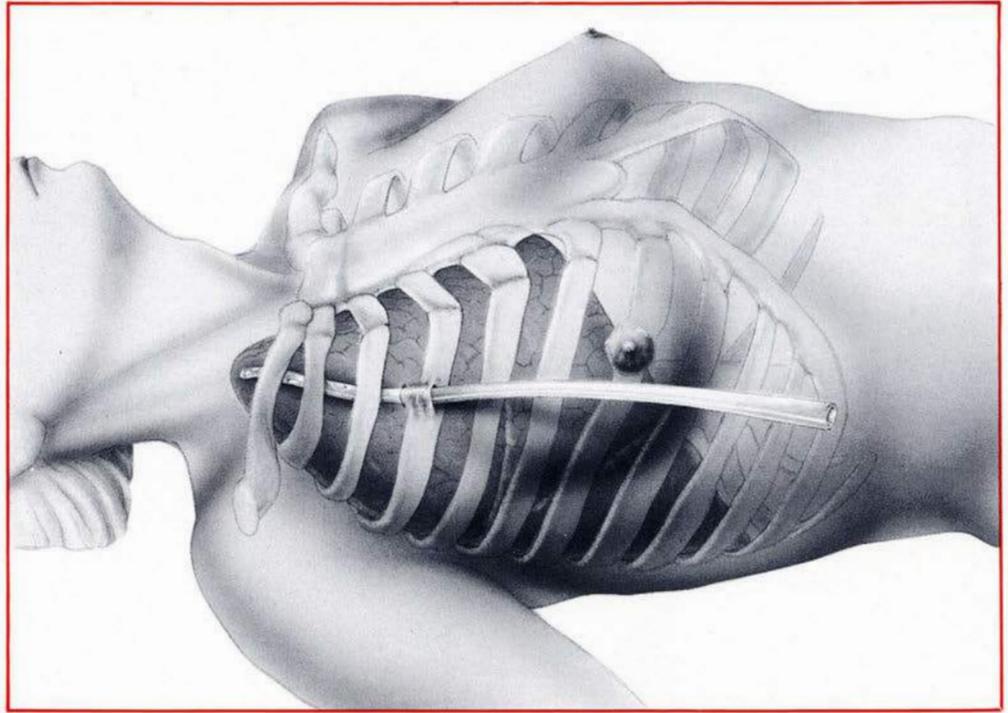


Abb. 5-10a Vordere Thoraxdrainage bei Pneumothorax. Lage des Drains im Thoraxraum.

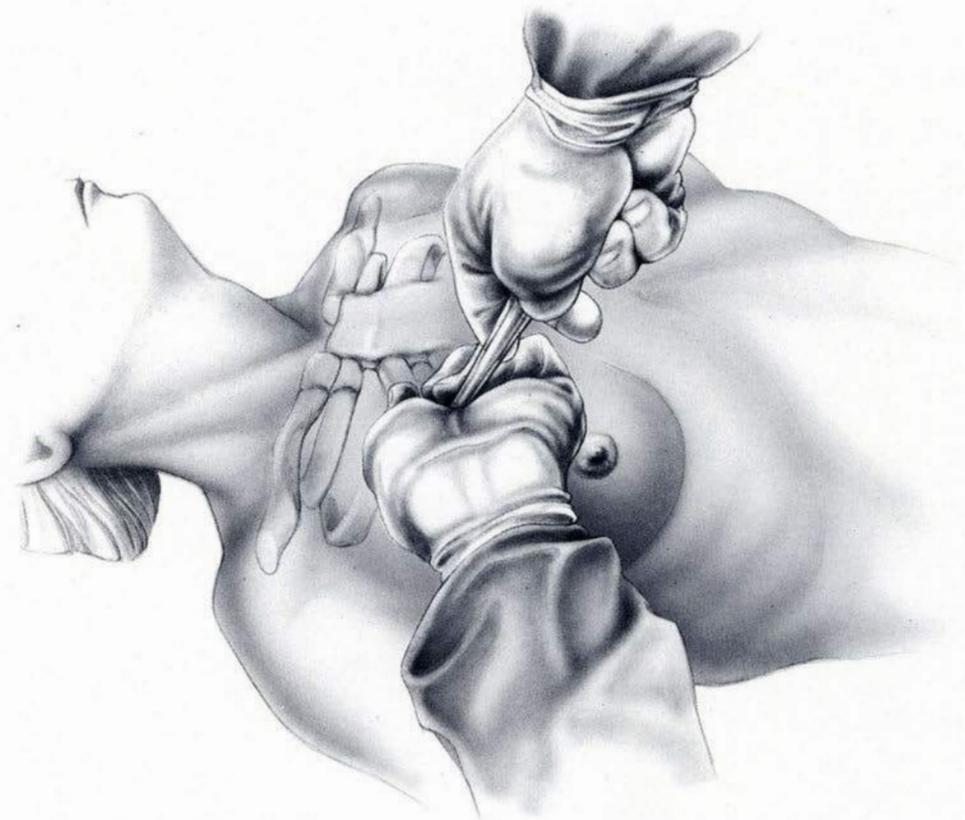


Abb. 5-10b Vordere Thoraxdrainage. Penetration mit dem Führungsspieß in den Thorax.

Entsprechend dem oben geschilderten 4. Schritt wird dann der Schlauch über den nun zurückgehaltenen Führungsspieß zur Mitte der Pleurakuppe hin dirigiert (Abb. 5-10c). Meist wird die Drainage zu weit vorgeschoben. Der nun herausgezogene Führungsspieß, der auf den Thorax im Bereich der Drainage gelegt wird, läßt die optimale Vorschiebbestrecke gut abschätzen.

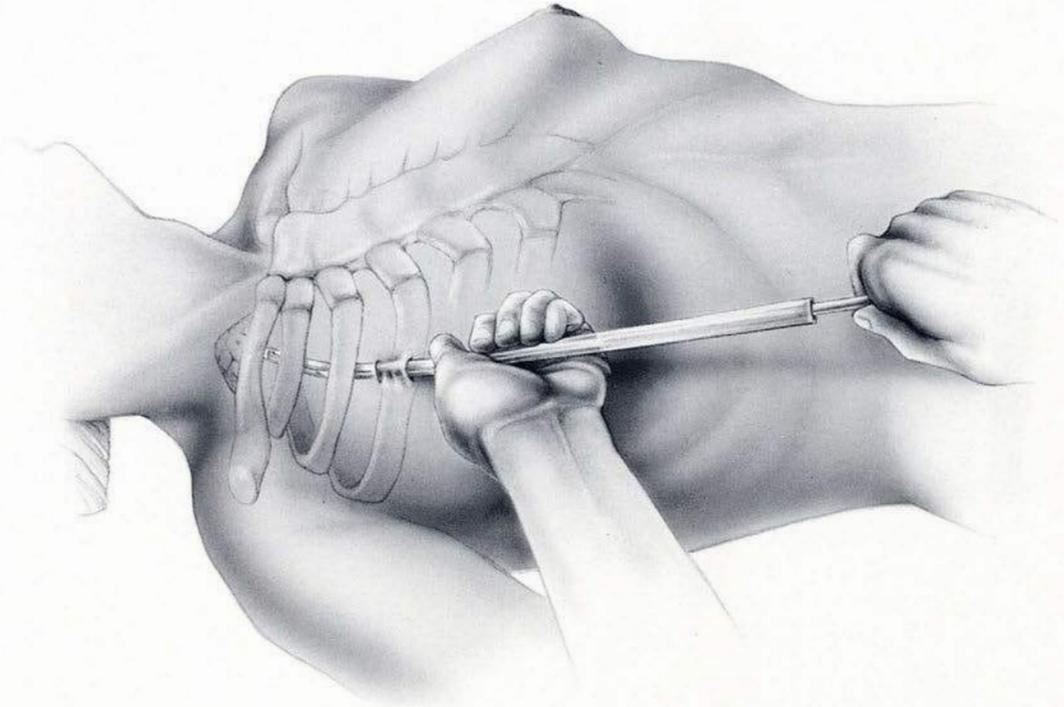


Abb. 5-10c Vordere Thoraxdrainage. Vorschieben des Drains gegen die Pleurakuppe.

Schwierigkeiten und Komplikationen

- Bei Rippenfrakturen ist das Einlegen einer Drainage immer schmerzhaft. Die Lokalanästhesie schützt ja nicht vor Bewegungen der Rippen an den Frakturstellen. Der Stoß zum Einsetzen in den Thoraxraum, der einen wesentlichen Widerstand überbrücken muß, sollte kurz und kräftig sein.
- Wird versucht, die Drainage durch einen *beweglichen* Thoraxanteil bei Rippenserienstückfrakturen einzulegen, besteht die Gefahr, daß das Thoraxwandfragment in den Thorax hineinverlagert wird. In solchen Fällen ist die Eintrittsstelle im *stabilen* Thoraxabschnitt zu wählen, auch wenn dadurch der Drain atypisch eingelegt werden muß.
- Eine zu tiefe Einführungsstelle der Drainage führt zu Verletzungen des Zwerchfells und intraabdominaler Organe. Die Forderung, Thoraxdrainagen nie unterhalb der Mamillenhöhe einzulegen, wurde aus solchen Erfahrungen erhoben.
- Lungenverletzungen beim Einlegen. Diese Gefahr ist bei Vorliegen eines Hämatothorax oder eines

Pneumothorax gering, da dort ein breiter Spalt zwischen Thoraxwand und Lunge besteht. Besondere Sorgfalt ist jedoch geboten, wenn eine Drainage gleichsam „prophylaktisch“ eingelegt wird.

Oberflächliche Lungenverletzungen sind ohne klinische Bedeutung. Besteht jedoch Verdacht auf intrapulmonale Lage der Drainage, wird diese im Röntgen-Seitenbild kontrolliert, gegebenenfalls der Drain entfernt und durch einen anderen ersetzt. Nur bei entferntem Schlauch kann die Lungenverletzung heilen. In der Lunge liegende Drainagen können größere Gefäße arrodieren.

- Schäden durch im Pleuraraum liegende Drainagen. Bei Kontakt mit dem Herzen können Rhythmusstörungen auftreten. Die Arrosion großer Gefäße, z. B. in der Pleurakuppe, ist eine Rarität.

Müssen multiple Drainagen eingelegt werden, sind Schwierigkeiten zu erwarten, oder soll ein sehr lokalisierter Befund drainiert werden, empfiehlt sich das Einlegen der geschlossenen Thoraxdrainage unter Bildverstärker-Kontrolle.

Thoraxdrainage durch Minithorakotomie

Das geschlossene Einlegen einer Thoraxdrainage ist elegant, schnell und wenig aufwendig, aber in der Hand des wenig Erfahrenen komplikationsträchtig. Die Alternative dazu ist das Einlegen einer Drainage durch eine Minithorakotomie, die ebenfalls in Lokalanästhesie erfolgen kann. Die Methode ist bei erwarteten Pleuraverwachsungen obligat.

Wird diese Methode zur Drainage eines posttraumatischen Hämatothorax gewählt, sollte von der Möglichkeit, problemlos einen dicken Drain einzulegen, Gebrauch gemacht werden und ein Thoraxdrain Charrière 36 mit mehreren Drainagelöchern gewählt werden [5, 18].

Die Lokalanästhesie wird wie beim geschlossenen Einlegen einer Thoraxdrainage vorgenommen (siehe Abschnitt „Geschlossene Thoraxdrainage“), nur wird das anästhesierte Gebiet breiter angelegt.

Die kleine Hautinzision (4 cm) wird im 5. ICR oder über der 6. Rippe in der mittleren Axillarlinie gelegt (Abb. 5-11). Der M. serratus anterior wird längs gespalten, der M. latissimus dorsi notfalls zur Seite gehalten (Abb. 5-12). Die Serratusanteile werden mit dem Haken gefaßt. Es erfolgt die Inzision der Interkostalmuskulatur am Oberrand der Rippe und die Durchtrennung der Pleura parietalis in Längsrichtung (Abb. 5-13). Ein Finger wird eingeführt und exploriert den Pleuraraum auf vorhandene Verwachsungen, die, wenn sie gering sind, stumpf gelöst werden (Abb. 5-14). Finden sich wesentliche Verwachsungen, ist es besser, eine erneute Eintrittsstelle 2 Querfinger höher zu suchen, als das Lösen der Verwachsungen zu forcieren und damit die Lunge zu verletzen. Über diesen Finger als Leitstruktur wird nun der Charrière-36-Thoraxdrain nach eventuellem Anbringen zusätzlicher Löcher (siehe Abb. 5-4) eingeführt und in die gewünschte Position nach hinten dirigiert (Abb. 5-15).

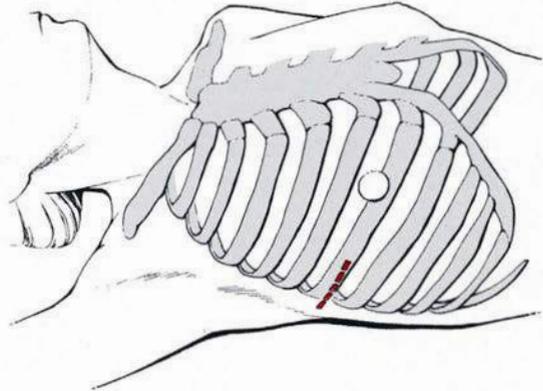


Abb. 5-11 Thoraxdrainage durch Minithorakotomie. Hautinzision über der 6. Rippe.

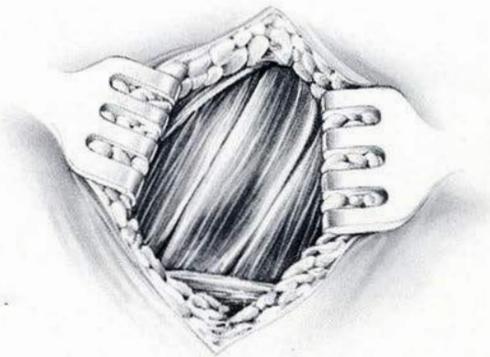


Abb. 5-12 Der M. serratus anterior wird längs gespalten.

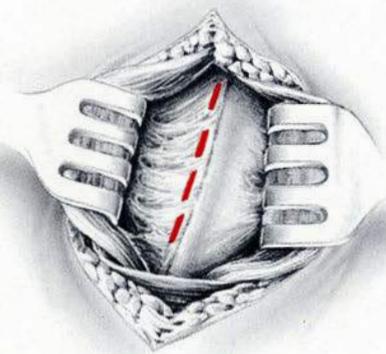


Abb. 5-13 Der M. serratus anterior ist zur Seite gehalten. Inzision der Interkostalmuskulatur am Rippenoberrand.

Ein Verschluss der sehr kleinen Inzision im Bereich der Interkostalmuskulatur ist nicht notwendig, die gespaltene Serratusmuskulatur legt sich von selbst an. Die Hautinzision wird mit Subkutan- und Hautnaht verschlossen, der Drain am besten mit Seide der Stärke 2 fixiert (Abb. 5-16).



Abb. 5-14 Exploration des Pleuraraumes mit dem Finger.

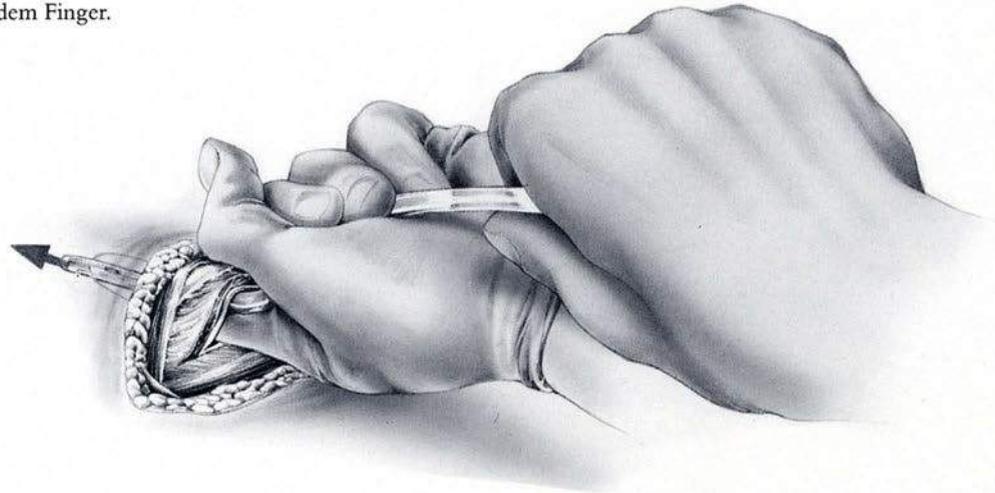


Abb. 5-15 Der Drainageschlauch wird eingeführt und mit dem Finger dirigiert.

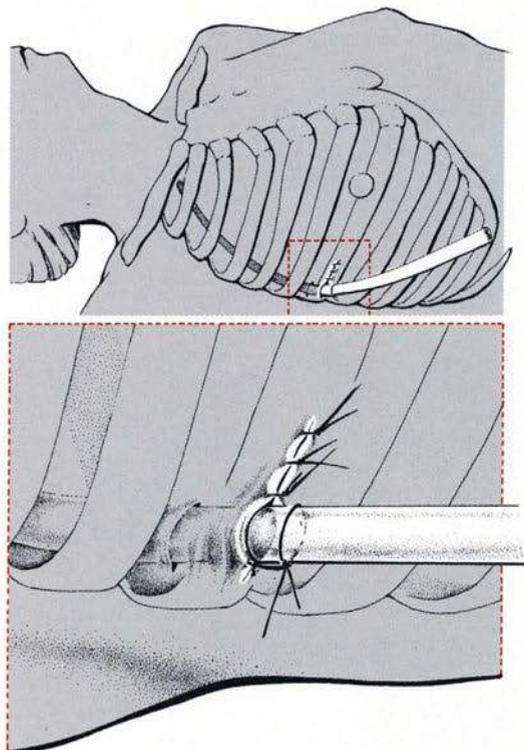


Abb. 5-16 Hautverschluss und Fixierung des Drains.

Ableitung der Thoraxsaugdrainage

Durch Verwendung eines Dauersogs wird eine bessere Evakuierung von Flüssigkeit und Luft und eine schnellere Expansion der Lunge erreicht. Er beträgt im Normalfall 25 cm Wassersäule, nach einer Pneumonektomie höchstens 5 cm Wassersäule. Bei großer Luftleckage am Respiator wird der Sog möglichst gering gehalten; er muß aber noch eine vollständige Ausdehnung der Lunge gewährleisten. Kann ein Pneumothorax unter Normalsog nicht ausgedehnt werden, lohnt sich gelegentlich die Erhöhung auf 45 cm Wassersäule. Bei ungenügender Drainagekapazität eines Schlauches muß aber in dieser Situation oft eine 2. Drainage eingelegt werden.

Klassische Ableitung

Eine große Sekretflasche dient zum Auffangen von Blut und Sekret (Abb. 5-17). Die nachfolgende Wassersäule regelt das Ausmaß des Sogs; sie begrenzt den negativen Druck. Ein kleines Zwischengefäß verhindert das Eintreten von Wasser in die Saugpumpe oder ins Vakuumsystem an der Wand. Unter Sog steigen in der Wassersäule Luftblasen auf. Ist dies nicht der Fall, liegt ein Fehler vor: Entweder ist das System undicht und saugt Luft an, der Sog des Sauggerätes ist ungenügend, oder der Luftverlust aus der Lunge ist größer als die Saugkapazität des verwendeten Systems.

Das Verbindungsstück zwischen Thoraxdrain und Ableitungsschlauch sollte keine engen Stellen aufweisen, die erfahrungsgemäß leicht verstopfen und überdies die Drainagekapazität ganz erheblich einschränken können (Abb. 5-18).

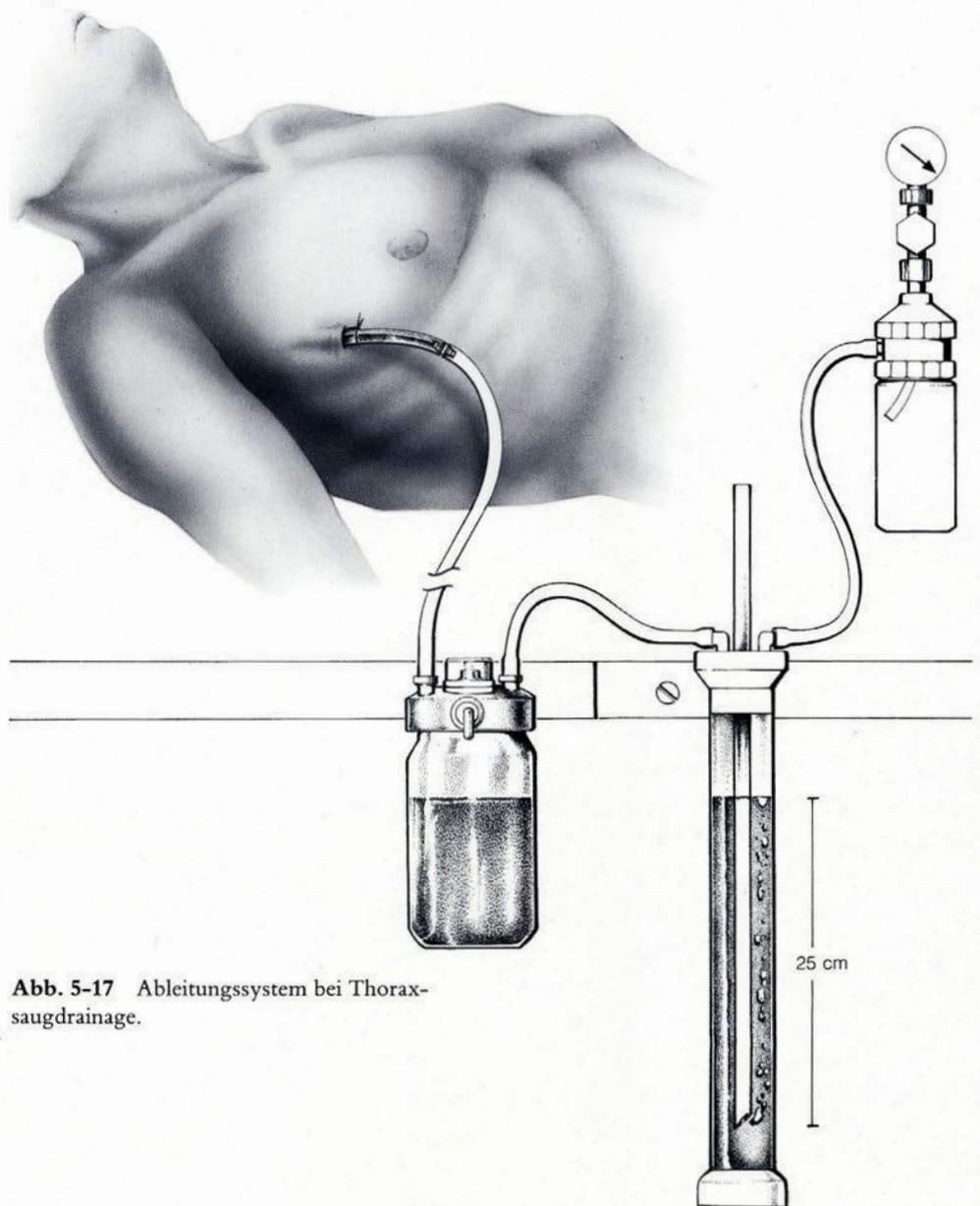


Abb. 5-17 Ableitungssystem bei Thoraxsaugdrainage.

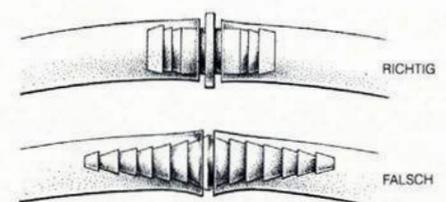


Abb. 5-18 Das Verbindungsstück zwischen Thoraxdrain und Ableitungsschlauch darf keine engen Stellen aufweisen.

Kompakte Ableitungssysteme

Es hat sich gezeigt, daß die Häufigkeit von Fehlmanipulationen durch das Pflegepersonal und von Pannen (abgefallene Schläuche etc.) bei der Verwendung von kompakten Ableitungssystemen zum Einmalgebrauch deutlich geringer ist als bei der Verwendung eines herkömmlichen Ableitungssystems. Überraschenderweise wurde zudem nachgewiesen, daß deren Verwendung billiger ist [3].

Als Beispiel eines gut brauchbaren Ableitungssystems, das zudem leicht verständlich ist, sei das System Thora-Drain III® (Chesebrough-Ponds, Inc., Greenwich, Connecticut, USA) erwähnt (Abb. 5-19). Das System hat sich bei uns in jahrelangem Einsatz bestens bewährt. Es folgt klar der Ableitung nach dem „3-Flaschen-Prinzip“: Sekretauffanggefäß, Wasserschloß, Sogbegrenzer. Der Sekretaufangbehälter kann gereinigt, sterilisiert und wieder verwendet werden. Das Gerät kann ans Bett gehängt werden, steht aber sehr stabil auch von selbst auf dem Boden. Es wird bei uns bereits beim Einlegen der Thoraxdrainage auf der Notfallstation am Patienten angeschlossen und begleitet ihn während der ganzen Drainagezeit. Bei Transporten wirkt sein Wasserschloß auch als Ventil und Sicherung der Drainage.

Vor Entfernung einer Pleura-drainage dient das System auch zur Dichteprobe und ersetzt dadurch eine Prüfung mit dem Perthes-System.

Heimlich-Ventil

Steht kein kompaktes Ableitungssystem zur Verfügung, das als Ventil dienen kann, empfiehlt sich die Verwendung eines Heimlich-Ventils während Transporten des Patienten in den Operationsaal oder zu Spezialuntersuchungen, bei denen ein Sog nicht aufrechterhalten werden kann. Die Verwendung ist obligat, wenn beim beatmeten Patienten ein Luftleck besteht, da in solchen Fällen das Abklemmen der Thoraxschläuche sofort zum Spannungspneumothorax führen würde. Das von Heimlich 1965 geschaffene Ventil [9], das in einer Hülse einen weichen, distal freien Gummischlauch enthält, gestattet den Austritt von Flüssigkeit und Luft, verwehrt bei der Inspiration jedoch einen Eintritt von Luft in die Thoraxhöhle (Abb. 5-20). Über dieses System kann ein Sog angelegt werden.

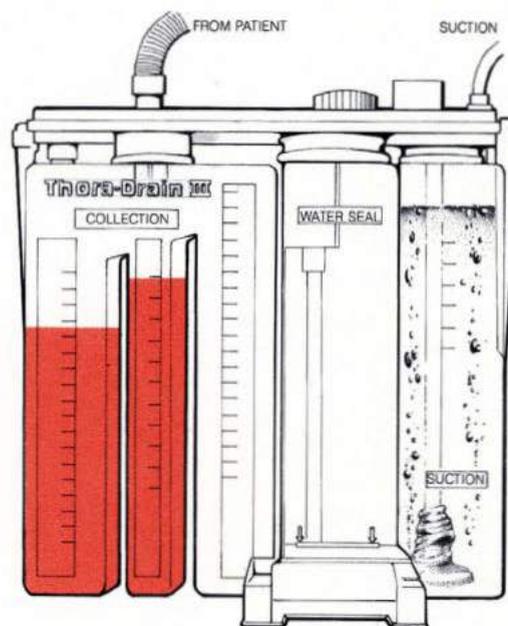


Abb. 5-19 Kompaktes Ableitungssystem Thora-Drain III® (Chesebrough-Ponds Inc.)

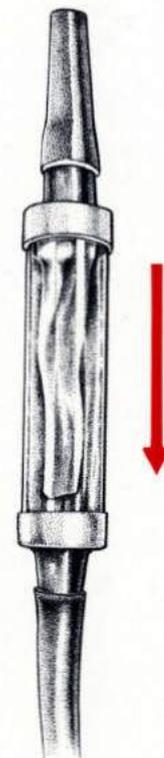


Abb. 5-20 Das Heimlich-Ventil gestattet die Ableitung von Luft und Blut, verhindert aber den Eintritt von Luft in die Thoraxdrainage.

Entfernung der Thoraxdrainage

Voraussetzungen

Fördert die Drainage kein Blut oder keinen Erguß mehr, und ist die Lungenwunde luftdicht, kann bei ausgedehnter Lunge die Drainage entfernt werden. Geringe Sekretmengen bis 100 ml/Tag, die allein durch die pleurale Reizung durch den Drain entstehen können, sind kein Hinderungsgrund. Zur Prüfung auf einen eventuellen Luftverlust dient ein einfacher Handgriff (Abb. 5-21). Durch Knickung des Drainageschlauches kann das Durchtreten von Luftblasen in der sich ansammelnden Flüssigkeit beobachtet werden. Kleine Luftverluste werden dadurch aber nicht erfaßt. Vor der Drainageentfernung wird deshalb die Dichteprobe mit einem Hebersystem (Perthes-System) oder mit der Wassersäule des Wasserschlosses beim kompakten Ableitsystem (siehe Abschnitt „Kompakte Ableitungssysteme“) vorgenommen. Wird während 12 Stunden kein Luftverlust nachgewiesen, kann die Drainage entfernt werden.

Eine Thoraxdrainage wird in der Regel nicht entfernt, solange der Patient künstlich beatmet ist oder wenn in naher Zukunft ein operativer Eingriff in Narkose bevorsteht.

Technik

Die Entfernung der Thoraxdrainage erfolgt unter Sog. Die Fixationsnaht wird durchgeschnitten. Der folgende Handgriff verhindert das unbeabsichtigte Eintreten von Luft in den Thoraxraum beim Entfernen der Drainage. Ein vorbereitetes Pflasterquadrat mit einem kleinen Tupfer in der Mitte wird auf die Handfläche der linken Hand gelegt, oberhalb der Drainageeintrittsstelle bereits auf der Thoraxwand fixiert und dort der subkutane Kanal durch Druck mit der Handkante im Bereich des kleinen Fingers komprimiert (Abb. 5-22a). Mit einem raschen Ruck wird der Drain entfernt und gleichzeitig das Heftpflaster auf die Eintrittsstelle gedrückt (Abb. 5-22b und c).

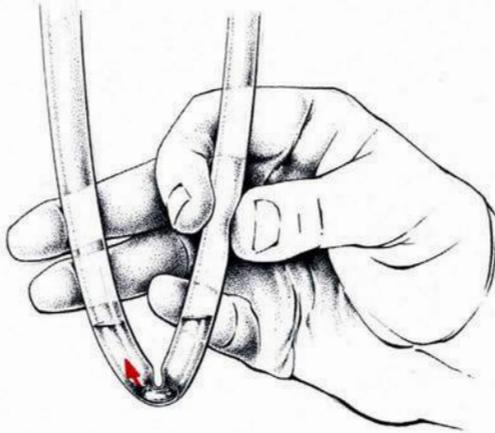


Abb. 5-21 Einfacher Handgriff zur groben Orientierung über den Luftverlust unter Thoraxsog.



Abb. 5-22a Entfernen der Thoraxdrainage. Die linke Hand hält das vorbereitete Pflasterquadrat und komprimiert mit der ulnaren Handkante den subkutanen Kanal.

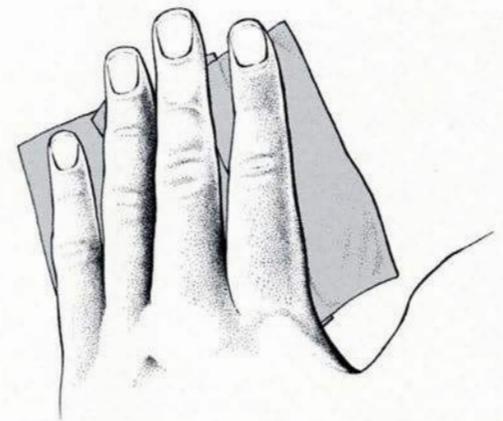


Abb. 5-22b Entfernen der Thoraxdrainage. Beim raschen Herausziehen des Drains wird das Pflasterquadrat auf die Drainagestelle aufgedrückt.

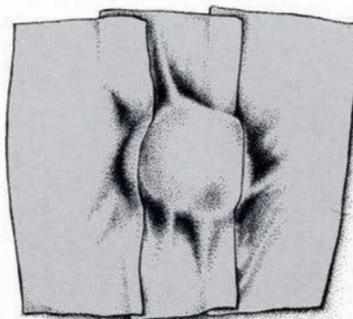


Abb. 5-22c Verband nach Entfernen der Thoraxdrainage.

Indikationen zur Thorakotomie

Bei stumpfen Thoraxverletzungen ist ein operatives Eingreifen selten notwendig; es gibt dafür klar definierte Indikationen (Abb. 5-1).

Gewisse Situationen, wie schwere Blutungen oder Herztamponade, erfordern die unmittelbare Operation. In der Mehrzahl der Fälle ist aber eine genauere diagnostische Abklärung, z. B. durch Bronchoskopie, Aortographie oder Ösophagographie, möglich. Die Operation erfolgt unmittelbar nach Sicherung der Diagnose („frühe Operation“).

Indikationen zur sofortigen oder frühen Operation

- Nach Einlegen einer Thoraxdrainage entleert sich oft erschreckend viel Blut. Die meisten Blutungen aus dem Lungenparenchym sistieren jedoch nach Ausdehnung der Lunge, da die Drücke im kleinen Kreislauf gering sind. Die Operation wegen massiver, anhaltender Blutung ist meistens wegen Verletzung großer Gefäße, der A. thoracica interna, einer Interkostalarterie oder des Herzens notwendig.

Mehr noch als die primär beim Einlegen der Thoraxdrainage geförderte Blutmenge geben also der weitere Verlauf und der Blutverlust über die Thoraxdrainage Anhaltspunkte für die Operationsindikation. Diese ist selbstverständlich immer gegeben, wenn ein Schockzustand durch intrathorakale Blutung oder Blutung ins Mediastinum trotz Volumensubstitution nicht beherrscht werden kann.

- Wird die Diagnose einer erheblichen Bronchusruptur oder Tracheaverletzung gestellt (siehe Abschnitt „Trachea- und Bronchusverletzungen“), ist damit auch die Operationsindikation gegeben. Massive Luftlecks durch reine Lungenparenchymverletzungen stellen keine Operationsindikation dar, wenn sich die Lunge unter Saugdrainage völlig ausdehnt.

- Bei der Zwerchfellruptur ist die Frühoperation immer indiziert.
- Die sehr selten und schwierig zu erkennende Ösophagusruptur muß möglichst frühzeitig erfaßt und operiert werden. Wenn klinische Verdachtsmomente bestehen, wird die Diagnose vor Operation durch Ösophagographie geklärt.
- Die operative Stabilisierung der Thoraxwand bei Rippenserienfrakturen ist im allgemeinen nur bei Rippenserienstückfrakturen mit paradoxer Atmung und dadurch bedingter respiratorischer Insuffizienz indiziert (siehe Abschnitt „Operative Stabilisierung der Thoraxwand bei Rippenserienfrakturen“).
- Von den nicht ins Gebiet dieses Kapitels gehörenden Verletzungen im Thoraxraum stellen die akute Herztamponade, die Herzluxation, die Aortenruptur und Verletzungen der supraaortalen Äste eine Operationsindikation dar.

Indikationen im weiteren Verlauf

- Kann ein Hämatothorax nur ungenügend drainiert werden und läßt er in seinem Ausmaß spätere funktionelle Störungen erwarten, sollte frühzeitig der Entscheid zur Thorakotomie getroffen werden. Eine Woche nach dem Trauma ist die Operation noch einfach (siehe Abschnitt „Operative Ausräumung eines Hämatothorax“). Die Operation mehrere Wochen nach dem Trauma bedingt bereits eine Dekortikation der Lunge.
- Die Verletzung des Ductus thoracicus stellt kaum mehr eine Operationsindikation dar, da der Austritt von Chylus in den Thoraxraum im allgemeinen von selbst unter Thoraxdrainage und parenteraler Ernährung zum Versiegen kommt. Die Operation, die in der Ligatur des Ductus thoracicus besteht, sollte nur erwogen werden, wenn nach 3 bis 4 Wochen konservativer Behandlung die Heilung nicht eintritt.
- Von den nicht in den Bereich dieses Kapitels fallenden Verletzungen bedingen das traumatische Aortenaneurysma und in seltenen Fällen auch Verletzungen intrakardialer Strukturen die spätere Operation.

Penetrierende Thoraxverletzungen

Eine penetrierende Thoraxverletzung stellt an und für sich noch keine Operationsindikation dar. Auch bei Schußverletzungen des Lungengewebes tritt die Blutstillung zumeist spontan ein. Die Heilungstendenz des Lungengewebes ist außerordentlich gut. Die Thorakotomie bleibt wie beim stumpfen Trauma genau abgegrenzten Indikationsstellungen vorbehalten. Auch hier stehen der massive und anhaltende Blutverlust durch die Thoraxdrainage sowie Verletzungen des Herzens und der großen Gefäße im Vordergrund. Bronchus-, Trachea- und Ösophagusverletzungen erfordern ebenfalls das operative Eingreifen, wie auch gelegentlich eine massive Blutung in das Bronchialsystem.

Tab. 5-1 Indikationen zur primären Operation bei stumpfen Thoraxverletzungen.

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Massive, anhaltende Blutung - Akute Herztamponade - Aortenruptur - Verletzung der supraaortalen Äste - Trachea- und Bronchusruptur - Zwerchfellruptur - Ösophagusruptur - Eventuell bei Rippenserienstückfrakturen (operative Stabilisierung der Thoraxwand) |
|---|

Operative Stabilisierung der Thoraxwand

Hauptformen der instabilen Thoraxwand

Ein frei bewegliches Thoraxwandfragment durch Rippenserienstückfrakturen oder durch Rippenserienfrakturen in Kombination mit einer Sternumfraktur führt im allgemeinen zur paradoxen Atmung. Diese wiederum kann zusammen mit dem Frakturschmerz eine respiratorische Insuffizienz bedingen.

Obwohl eine instabile Thoraxwand durch manche atypische Frakturverläufe entstehen kann, lassen sich 2 Hauptformen unterscheiden, ein

- vorderer Typ der instabilen Thoraxwand durch parasternale Rippenserienfrakturen im chondralen Anteil, eventuell kombiniert mit einer Sternumfraktur (Abb. 5-23a), und ein
- lateraler Typ (Abb. 5-23b).

Dieser Unterscheidung kommt wegen möglicher Begleitverletzungen und der einzuschlagenden Therapie Bedeutung zu.

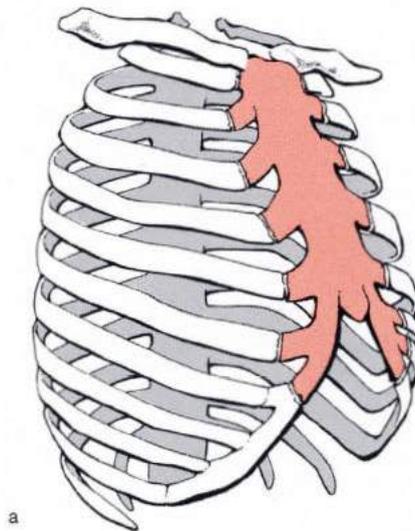
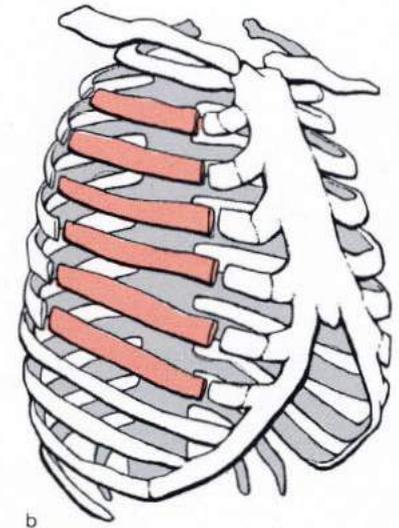


Abb. 5-23 Die zwei Hauptformen der instabilen Thoraxwand.

- a) Vorderer Typ.
- b) Lateraler Typ.



Operationsindikation

Der Anteil der mechanischen Beeinträchtigung der Atmung durch die paradoxe Bewegung der Thoraxwand am Entstehen einer respiratorischen Insuffizienz ist sicher nicht so bedeutungsvoll, wie früher angenommen wurde. Eine besonders große Rolle spielen die Beeinträchtigung der Atmung durch Schmerzen und das Geschehen in der Lunge selbst, z. B. im Rahmen von Lungenkontusionen oder einem ARDS (acute respiratory distress syndrome). Begleitverletzungen im Thoraxinneren spielen eine weitere Rolle.

Es bleibt die Bedeutung dieser Faktoren im Einzelfall abzuwägen und dafür eine maßgeschneiderte Therapie zu finden. Es gibt darum keine allgemeine Behandlung bei instabiler Thoraxwand durch eine einzige Methode, sei sie operativ oder konservativ.

Verschiedene Maßnahmen konkurrieren als Behandlungsverfahren:

- Konservatives Vorgehen mit adäquater Dosierung von Analgetika, gegebenenfalls Thoraxdrainage und Atemgymnastik.
- Intubation und Beatmung, wobei Beatmungstechnik und Beatmungsmuster individuell dem Einzelfall angepaßt werden (volle volumen- oder druckkontrollierte Beatmung, PEEP, SIMV, Druckunterstützung, CPAP).
- Periduralanalgesie über einen in den Periduralraum eingelegten Katheter.
- Operative Stabilisierung der Thoraxwand.

Die maschinelle Beatmung behebt nicht nur die paradoxe Atmung und dadurch die mechanische Beeinträchtigung der Atmung und erlaubt eine adäquate Blähung der Lunge, sondern ist auch die einzig sinnvolle Therapie bei schweren pulmonalen

Störungen im Sinne eines ARDS. Sie ist überdies in vielen Fällen unumgänglich zur Behandlung einer gleichzeitig bestehenden schweren Hirnverletzung. Patienten, die wegen der pulmonalen Schädigung oder des Hirntraumas beatmet werden müssen, sind darum keine Kandidaten für die Osteosynthese.

Auf der anderen Seite können Patienten mit Rippenserienfrakturen ohne wesentliche Zusatzschäden auch bei ausgeprägter paradoxer Atmung erfolgreich mit Periduralanästhesie behandelt werden. Die Erfahrung mit dieser Methode zeigt wiederum, daß dem mechanischen Faktor bislang zu große Bedeutung zugemessen wurde. Sicher erübrigt sich ein operatives Vorgehen, wenn ein Patient trotz paradoxer Atmung erfolgreich mit alleiniger Analgetikamedikation und entsprechender Atemgymnastik behandelt werden kann. Es bleibt nach unserer Erfahrung deshalb nur in Einzelfällen eine Indikation zur operativen Stabilisierung der Thoraxwand. Heute ist die operative Methode nicht mehr so sehr als Alternative zur Beatmung zu betrachten, sondern zur Periduralanalgesie, weil durch die operative Stabilisierung ebenfalls eine sehr wirkungsvolle Schmerzmilderung eintritt.

Aus diesen Überlegungen bleibt die Operationsindikation in der Regel auf Einzelfälle beschränkt und muß unter Berücksichtigung der übrigen therapeutischen Möglichkeiten gestellt werden. In ausgewählten Fällen bietet sie jedoch eine wertvolle Ergänzung zu den übrigen Therapieformen.

Es gibt heute eine breite Palette verschiedener Verfahren zur operativen Stabilisierung der Thoraxwand [7]. Wir haben für die beiden Hauptformen der paradoxen Atmung im Folgenden das Verfahren dargestellt, das einfach, komplikationsarm und effizient die paradoxe Atmung beseitigt und eine genügende Stabilität ergibt [8].

Stabilisierung der vorderen Thoraxwand bei parasternalen Rippenserienfrakturen

Die Stabilisierung erfolgt durch eine schmale, zugespitzte Stahlschiene, wie sie von Sulamaa [16] bei Trichterbrustoperationen verwendet wurde, die retrosternal zu liegen kommt. Der Stab wird schräg eingelegt, so daß er durch entsprechendes Zurechtbiegen an seinen beiden Enden auf den Rippen jenseits der Frakturen eine feste Unterlage findet. Die Länge des ca. 1 cm breiten und 2 mm dicken Stabes richtet sich nach der Größe des Patienten und der Lage der Rippenserienfrakturen.

Operationstechnik

Das Einzeichnen der Ausdehnung der frei beweglichen Thoraxwand und der Lage der Rippenserienfrakturen erfolgt präoperativ. Anschließend wird die Auflagerrippe auf der rechten, und 1 bis 2 Rippen weiter kranial, auf der linken Thoraxhälfte bestimmt. Der Stab sollte möglichst in der Mitte der beweglichen Thoraxwand das Sternum kreuzen, aber doch so tief, daß diese Kreuzungsstelle unter dem Sternum mit dem Finger von Processus xiphoideus aus erreicht werden kann.

Es werden 3 Inzisionen angelegt, je 1 über den Auflagerrippen lateral der Frakturzone und ein kleiner Längsschnitt (5 cm) unterhalb des Processus xiphoideus (Abb. 5-24).

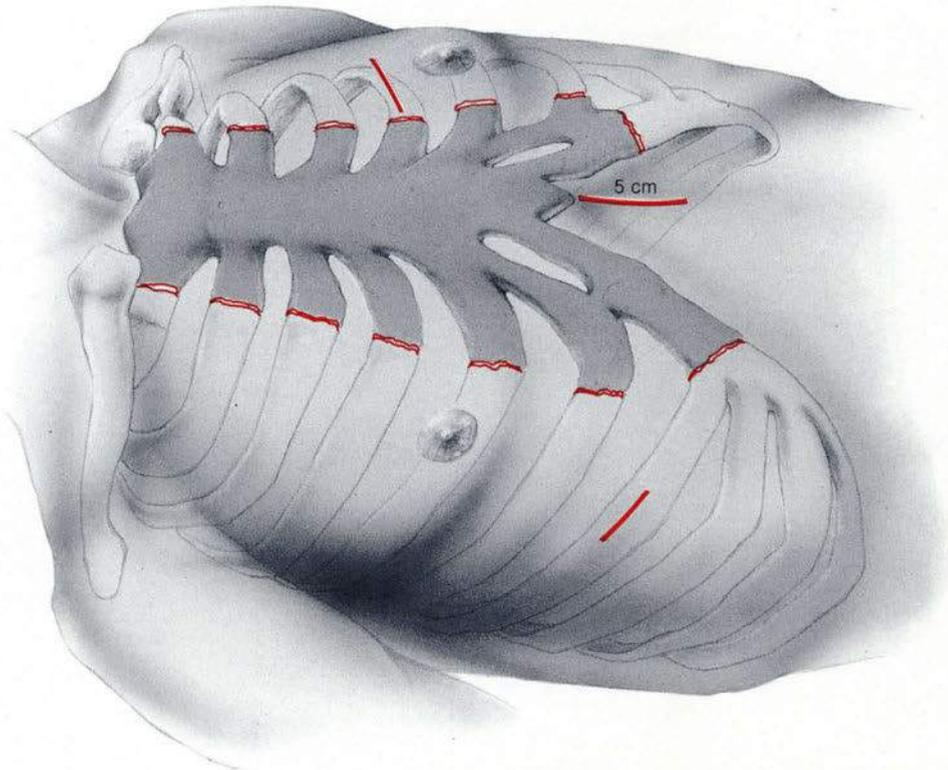


Abb. 5-24 Operative Stabilisierung der instabilen vorderen Thoraxwand. Hautinzisionen.

Der Stahlstab wird so vorgebogen (Abb. 5-25), daß die Spitze etwas nach oben gerichtet ist und so nach dem Durchführen hinter dem Sternum wieder nach vorne über die Rippe der Thoraxgegenseite gebracht werden kann. An seinem Ende ist bereits die definitive Biegung vorgenommen, die einen guten Halt auf der Auflagerrippe ermöglicht.

Oberhalb der Auflagerrippe auf der rechten Thoraxseite wird der Stab in die Interkostalmuskulatur eingeführt und zwischen Rippe und Pleura parietalis blind vorgeschoben. Von der Inzision unterhalb des Processus xiphoideus wird stumpf mit dem Zeigefinger der rechten Hand in den Retrosternalraum eingegangen, wobei der Finger im Kontakt mit der Sternumrückfläche bleibt. Dieser Finger übernimmt nun die Führung der Spitze des Metallstabes und dirigiert sie unter Kontakt mit der Sternumrückfläche auf die andere Thoraxseite. So wird eine Verletzung des Herzens vermieden (Abb. 5-26a).

Das weitergehende Vorstoßen der Stahlschiene erfolgt immer unter Führung des retrosternalen Fingers, der auch ermöglicht, daß die Spitze der Schiene in der Gegeninzision nach vorne gebracht wird und vor der gewählten Auflagerrippe der Gegenseite erscheint (Abb. 5-26b).

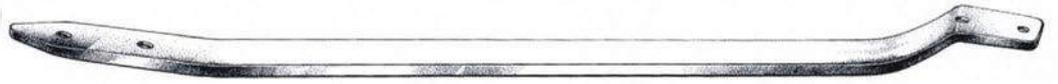


Abb. 5-25 Der Metallstab (nach Sulamaa) ist vorgebogen. An der Spitze leichte Aufwärtsbiegung, am Ende S-förmig für guten Halt auf der Auflagerrippe gebogen.

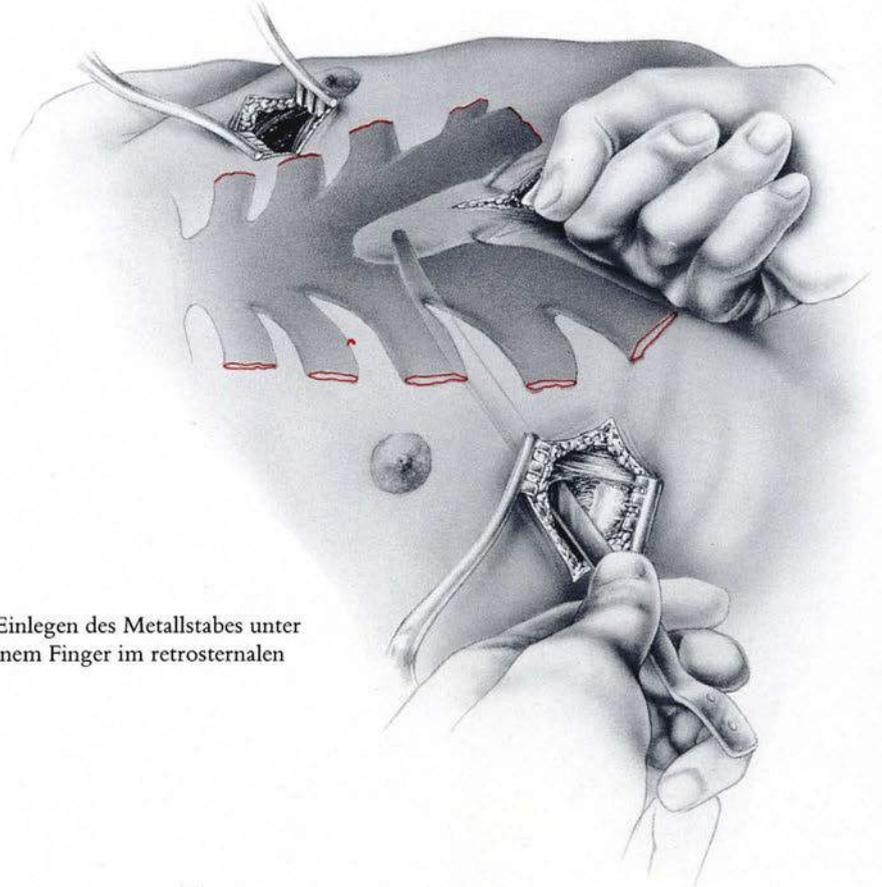


Abb. 5-26a Einlegen des Metallstabes unter Führung mit einem Finger im retrosternalen Raum.

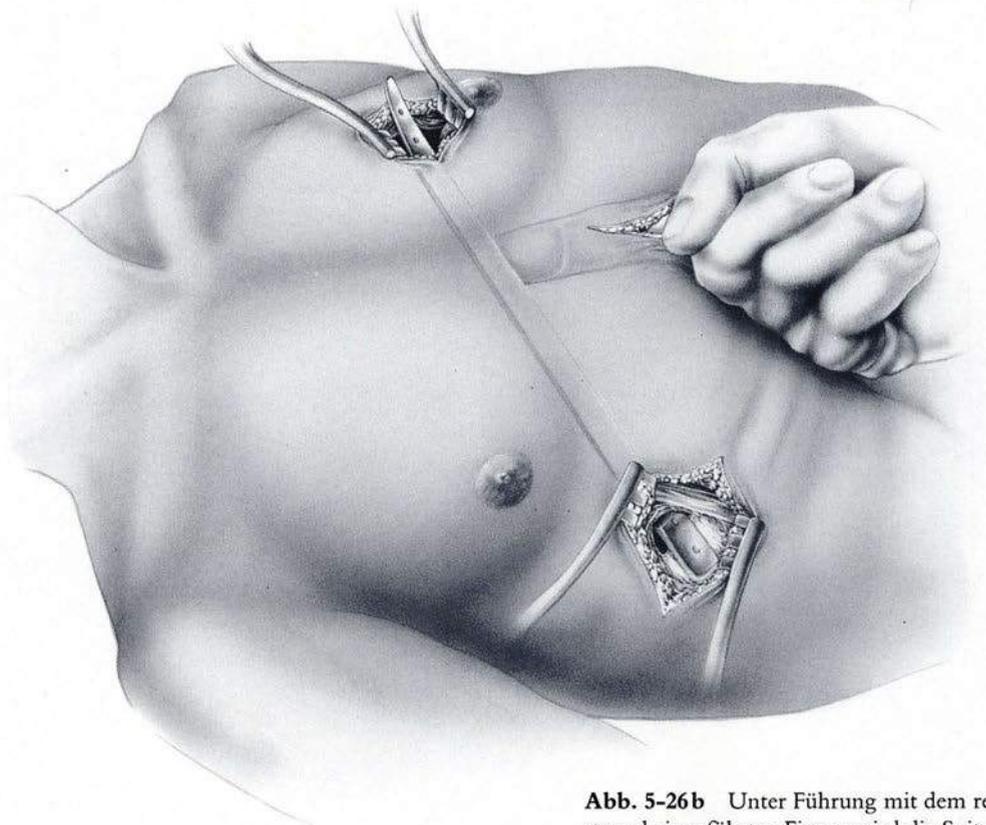


Abb. 5-26b Unter Führung mit dem retrosternal eingeführten Finger wird die Spitze des Metallstabes auf der Thoraxgegenseite vor die vorgesehene Auflagerrippe gebracht.

Mit 2 Zangen wird nun die Spitze der Stahlschiene so zurechtgebogen, daß diese ein gutes Lager auf der Auflagerrippe der Gegenseite finden kann (Abb. 5-26c). Das Sternum ist so von hinten gestützt und ausreichend stabilisiert. Durch die beiden Löcher in der Stahlschiene wird mit je einer Naht mit einer dicken Bassini-Nadel durch die Rippe selbst gestochen, die Schiene am kranialen und kaudalen Rippenrand fest fixiert (nicht resorbierbares Nahtmaterial, z. B. Polyesterfaden der Stärke 3) (Abb. 5-26d). Das gleiche Vorgehen erfolgt auch im Bereich der Spitze des Metallstabes auf der Gegenseite. Dort erfolgt ebenfalls die Fixierung des Stabes an der Auflagerrippe, um eine Verschiebung oder ein Wandern zu vermeiden.

Die postoperative Thoraxröntgenaufnahme dient nicht nur zur Beurteilung der Lage des Stabilisierungsstabes, sondern auch zur Beantwortung der Frage eines eventuell vorliegenden Pneumothorax oder Hämatothorax (Abb. 5-27).

Nachbehandlung

Die Entwöhnung vom Respirator erfolgt unmittelbar postoperativ. Da das Operationstrauma sehr gering und die Stabilität in der Regel ausgezeichnet ist, kann bei guter Operationsindikation die Spontanatmung bereits am Abend des Operationstages erreicht werden. Die weitere physiotherapeutische Nachbehandlung mit Atemgymnastik und eine adäquate Schmerztherapie in den ersten postoperativen Tagen sind außerordentlich wichtig. Die Metallentfernung erfolgt nach vollständiger Stabilisierung und Rehabilitation des Patienten, in der Regel etwa 6 Monate nach der Operation.

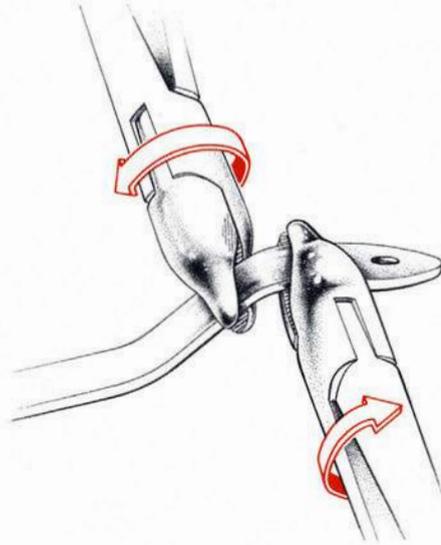


Abb. 5-26c Zurechtbiegen der Spitze des Metallstabes für besseren Halt auf der Auflagerrippe.

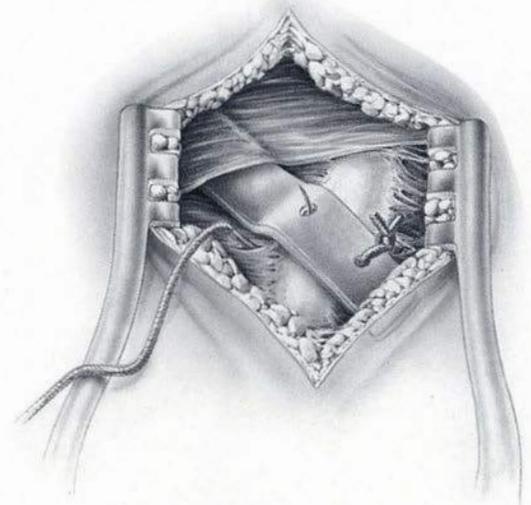


Abb. 5-26d Fixation des Endes des Metallstabes mit 2 durch die Rippen gelegten Nähten; analoges Vorgehen auf der Gegenseite.

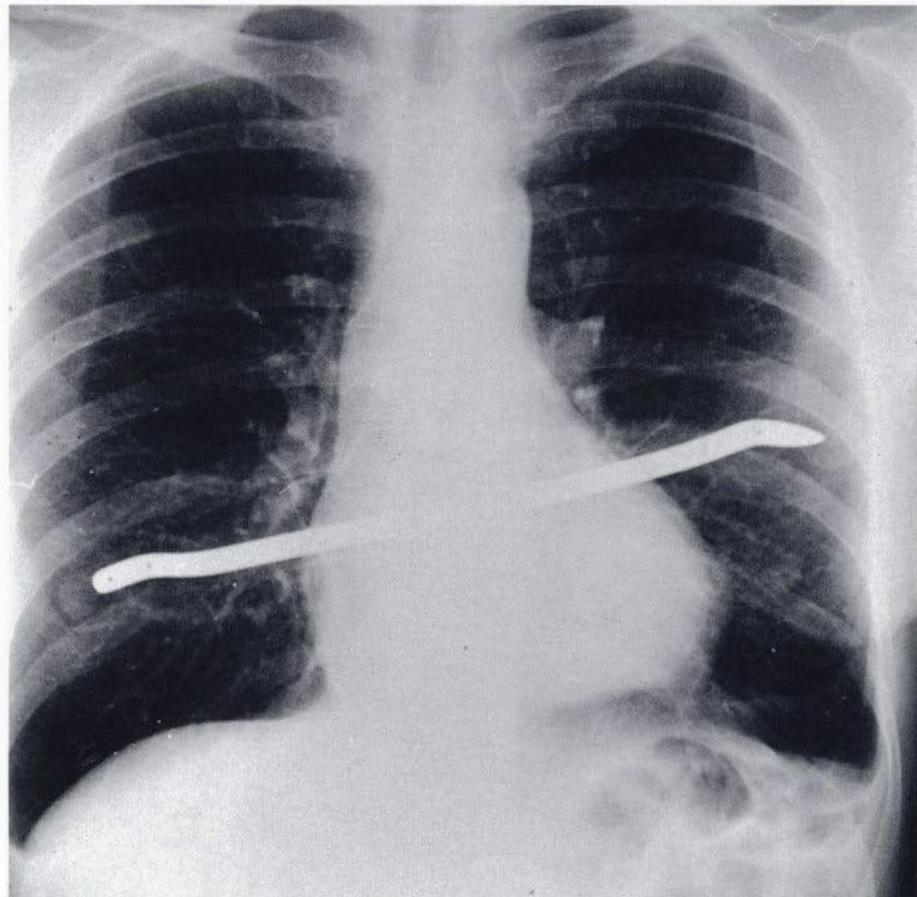


Abb. 5-27 Stabilisierung von parasternalen Rippenfrakturen beidseits durch einen retrosternal schräg eingelegten Metallstab.

Stabilisierung der lateralen Thoraxwand mit Rekonstruktionsplatten

Für die Stabilisierung lateraler Rippenserienfrakturen können verschiedene Plattenformen verwendet werden, so Kleinfragmentplatten [1], die Rippenklammern (Aggraffes) nach Judet [10] und die Spezialplatten nach Vecsei, die mit Drahtcerclagen an den Rippen befestigt werden [17]. Die kleinen Rekonstruktionsplatten der AO haben die ideale Größe und Festigkeit, lassen sich leicht an den Rippenverlauf anmodellieren und benötigen kein Spezialinstrumentarium und die Vorratshaltung verschiedener Spezialplatten unterschiedlicher Größe, die nur bei dieser recht seltenen Indikation Verwendung finden können.

Bei Stückfrakturen werden beide Frakturstellen, sofern sie nicht ganz nahe zusammenliegen, mit 2 verschiedenen Platten stabilisiert. Es muß aber nicht die Osteosynthese aller frakturierten Rippen vorgenommen werden, sondern es genügt, einzelne „Pfeiler-Rippen“ zu stabilisieren.

Operationstechnik

Die Hautinzision richtet sich ganz nach der Lokalisation der Frakturen. In der Regel verläuft der Hautschnitt nicht im Rippenverlauf, sondern schräg nach hinten oben und kreuzt die zu stabilisierenden Rippen (Abb. 5-28).

Nach Einkerbungen des M. latissimus dorsi erfolgt die Längsspaltung im Bereich des M. serratus anterior, allenfalls mit Ablösen der Muskelansätze je nach vorliegendem Frakturverlauf (Abb. 5-29). Die zu stabilisierenden Frakturstellen werden durch großzügige Ablösung der Muskulatur der Thoraxwand freigelegt (Abb. 5-30).

Sofern nur eine Frakturstelle versorgt wird, wird in der Regel eine kleine 5-Loch-Rekonstruktionsplatte verwendet. Die Platte wird auf einem Anteil der Rippe aufgelegt, ohne das Periost der Rippe abzulösen, entsprechend der Rippenkrümmung vorgebogen und mit einer Faßzange festge-

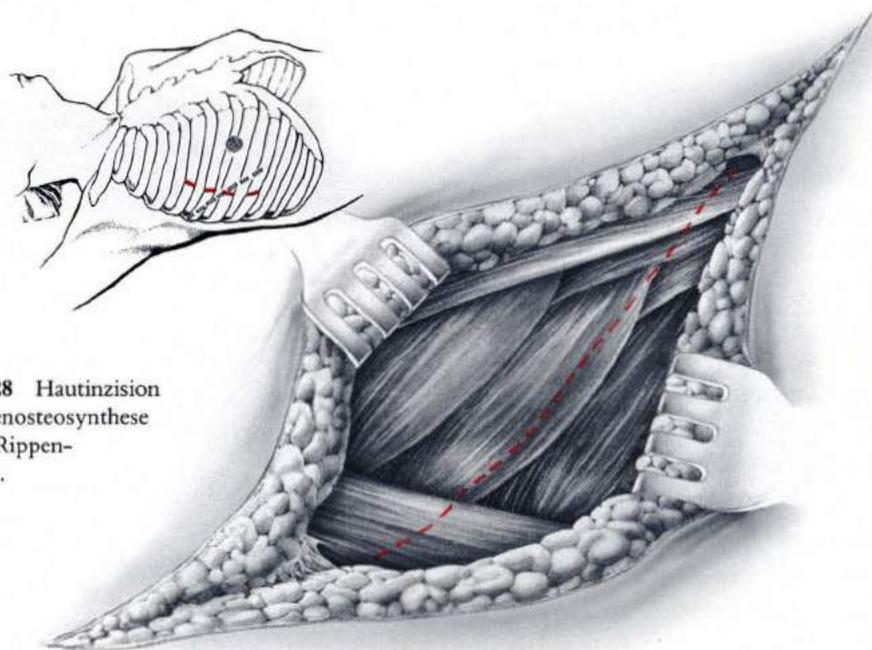


Abb. 5-28 Hautinzision zur Plattenosteosynthese lateraler Rippenserienfrakturen.

Abb. 5-29 Gegebenenfalls Einkerbungen des M. latissimus dorsi und Längsspaltung des M. serratus anterior zur Freilegung der Rippenserienfrakturen.

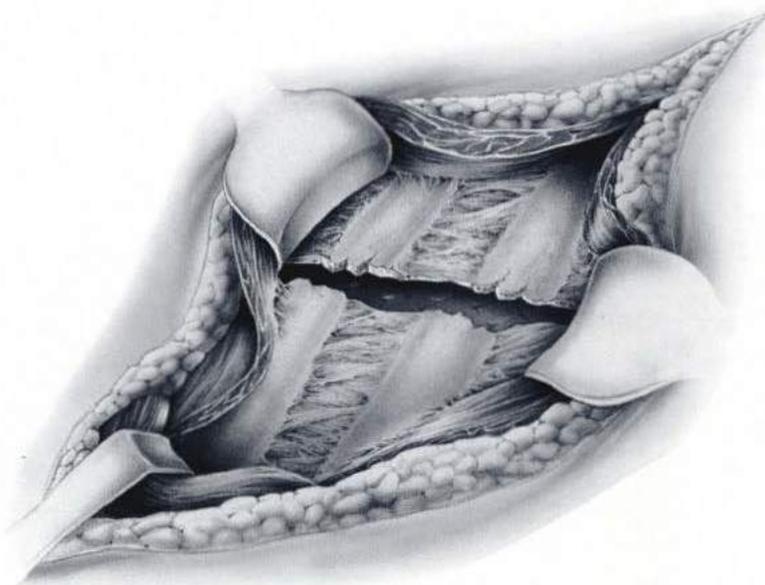


Abb. 5-30 Zwei Frakturstellen sind freigelegt.

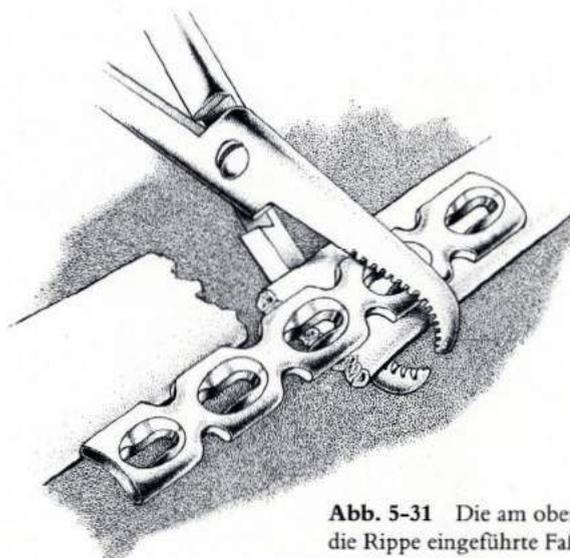


Abb. 5-31 Die am oberen Rippenrand hinter die Rippe eingeführte Faßzange faßt die Rippe und die kleine Rekonstruktionsplatte.

halten, die vom oberen Rippenrand her hinter die Rippe eingeführt wird (Abb. 5-31). Durch das Einführen ganz am oberen Rippenrand kann eine Verletzung der Interkostalgefäße und der Interkostalnerven vermieden werden. Diese Faßzange hilft auch, beim Bohren und Einführen der Schrauben einen Gegendruck zu geben.

Das 1. Bohrloch wird mit dem 2,0-mm-Bohrer angelegt (Abb. 5-32). Dann Schneiden des Gewindes und Anbringen der ersten 4,0-mm-Spongiosaschraube mit durchgehendem Gewinde, die noch nicht vollständig eingedreht wird und für die Platte zunächst einen Spielraum offen läßt (Abb. 5-33).

Mit einem scharfen Haken erfolgt nun die Reposition der Fraktur. Die gleiche Faßzange fixiert provisorisch die Platte am reponierten anderen Rippenteil (Abb. 5-34).

Die Rekonstruktionsplatten sind als DC-Platten geschaffen; entsprechend dem Prinzip der dynamischen Kompression wird das nächste Bohrloch exzentrisch, frakturfern, angelegt. Beim Einschrauben der 1. Schraube der Gegenseite und beim späteren Anziehen auch der zuerst eingebrachten Schraube erfolgt die Annäherung und Kompression des Frakturspaltes (Abb. 5-35). Die übrigen Spongiosaschrauben werden eingebracht, im Frakturbereich werden jedoch keine Schrauben verwendet (Abb. 5-36). Es erfolgt der schichtweise Wundverschluß unter Adaptation der gespaltenen, abgelösten oder durchtrennten Muskulatur und ausgiebige Redon-Drainage unter der Muskulatur und im Subkutangewebe.

Nachbehandlung

Die Entwöhnung vom Respirator, wenn notwendig unter vorübergehendem Einsatz von SIMV (synchronized intermittent mandatory ventilation) oder CPAP (continuous positive airway pressure) mit Druckunterstützung, wird forciert. Auch bei dieser Osteosyntheseart ist selbstverständlich die postoperative Atemtherapie von besonderer Bedeutung. Die Entfernung der Platten ist ab dem 6. postoperativen Monat möglich.

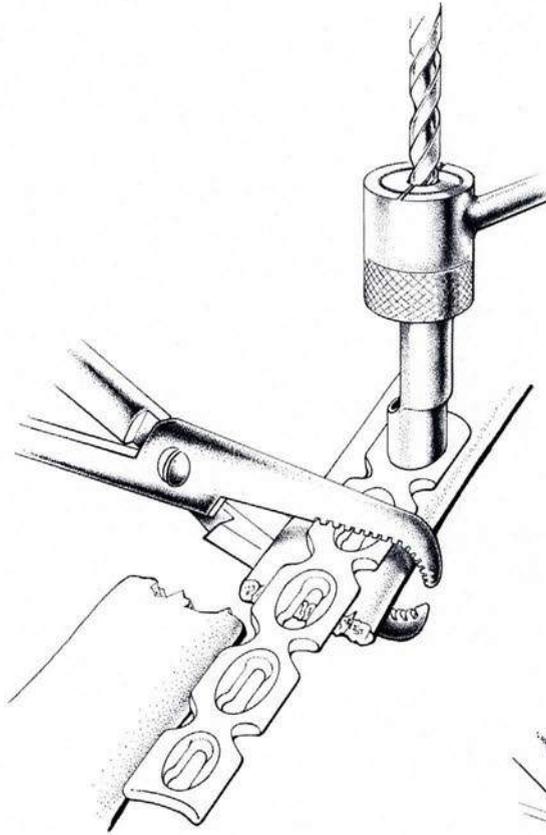


Abb. 5-32 Anlegen des 1. Bohrloches mit dem 2,0-mm-Bohrer. Die Faßzange gibt Gegendruck.

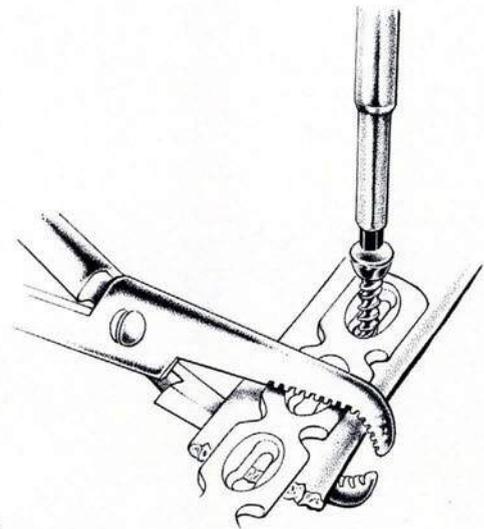


Abb. 5-33 Eindrehen der 1. 4,0-mm-Spongiosaschraube.

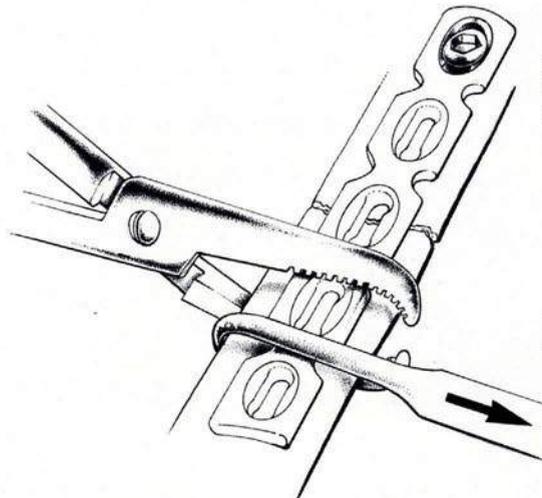


Abb. 5-34 Reposition der Rippenfraktur mit dem scharfen Haken und Fassen der Rippe und der Rekonstruktionsplatte mit der Faßzange.

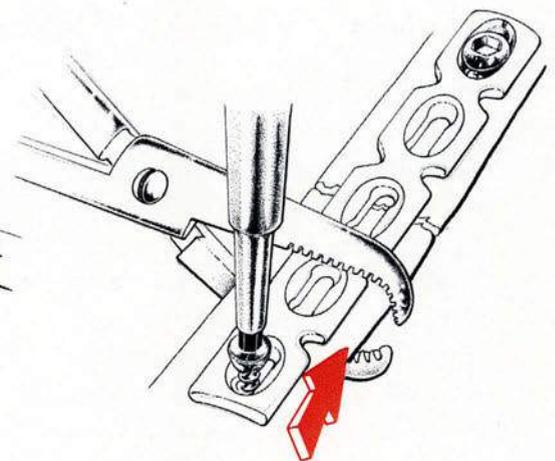


Abb. 5-35 Die 2. Schraube wird exzentrisch eingebracht, um den Kompressionseffekt der DC-Platte auszunützen.

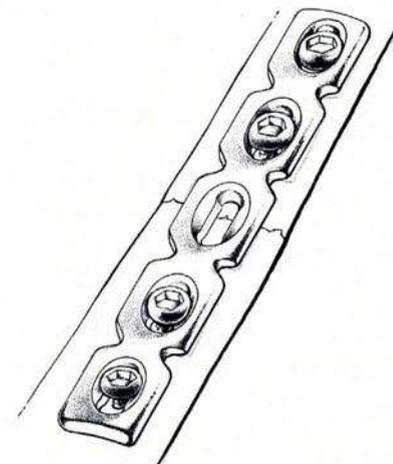


Abb. 5-36 Die Osteosynthese mit kleiner Rekonstruktionsplatte ist nach Einbringen weiterer 2 Schrauben vollendet.

Subkutanes Emphysem und Mediastinalemphysem

Klinische Bedeutung

Eine Luftansammlung im subkutanen Gewebe findet sich nicht selten bei geschlossenen und offenen Thoraxverletzungen. Beim Vorliegen eines Pneumothorax tritt bei gleichzeitiger Verletzung der Pleura parietalis Luft ins subkutane Gewebe der Thoraxwand ein. Ausgehend von einem Mediastinalemphysem kann sich die Luft aber auch zunächst im Bereich des Halses ausbreiten und dringt von dort in die Weichteile des Kopfes und des Thorax. Die Behandlung am Respirator, vor allem bei Beatmung mit hohen Beatmungsdrücken und endexpiratorischem Überdruck (PEEP), führt zu einem besonders ausgedehnten Emphysem, das sich auch sehr schnell ausbreiten kann.

Trotz des eindrucksvollen Befundes hat das subkutane Emphysem an sich in der Regel keine klinische Bedeutung, weist aber auf signifikante, zugrundeliegende Verletzungen hin.

Einem Luftaustritt in das interstitielle Bindegewebe des Mediastinums können schwere Verletzungen wie Trachearuptur, Bronchusruptur, Spannungspneumothorax oder Ösophagusruptur zugrunde liegen. In weitaus den meisten Fällen bildet sich heute allerdings ein mediastinales Emphysem durch alveoläre Rupturen bei Lungenkontusionen oder bei der Beatmung. Die aus den Alveolen austretende Luft folgt den vaskulären Strukturen der Lunge und des Hilus und gelangt von dort ins Mediastinum, da sie ja durch keine Grenzschicht aufgehalten wird.

Ein massives Mediastinalemphysem fordert immer die Abklärung auf eine Trachea- oder Bronchusruptur durch Bronchoskopie und bei entsprechendem Verdacht auf eine Ösophagusruptur durch Kontrastmitteldarstellung des Ösophagus.

Operationsindikation

Entscheidend ist die Behebung der zugrundeliegenden Störung, etwa durch die Drainage eines Pneumothorax oder die Behandlung einer Bronchusruptur.

Auch das massive subkutane Emphysem erfordert in der Regel keine Behandlung dieser Situation selbst. Am Respirator jedoch kann es gelegentlich trotz korrekt liegender Thoraxdrainage unaufhaltsam zunehmen. In diesem Fall empfiehlt sich die subkutane Drainage am Ort des mutmaßlichen Luftaustrittes.

Sofern keine Operationsindikation wegen einer Verletzung der lufthaltigen Strukturen im Mediastinum besteht, erfordert auch das Mediastinalemphysem selbst keine Behandlung. Nur in den seltenen Fällen, bei denen ein Spannungspneumomediastinum, also das Bild eines zunehmenden bedrohlichen Druckanstieges mit Beeinträchtigung des venösen Rückflusses zum Herzen, besteht, ist die Indikation für eine kollare Mediastinotomie gegeben.

Drainage der Thoraxwand

Ein Pneumothorax wird mit einer geschlossen eingeführten Thoraxdrainage drainiert (siehe Abschnitt „Vordere Drainage beim Pneumothorax“). Erst wenn die Lunge ausgedehnt ist und das subkutane Emphysem trotzdem unaufhaltsam zunimmt, wird auch dieses zusätzlich drainiert.

Dazu wird der gleiche Thorax-(Trokar-)Katheter (Argyle®) verwendet wie zur Thoraxdrainage. Am Katheter Charrière 28 werden zusätzlich Drainagelöcher angebracht. Der Katheter wird in die Gegend des vermuteten hauptsächlichen Luftaustrittes plaziert und dabei, wenn es von der Anatomie her möglich ist, unter die Muskulatur auf die Thoraxwand gelegt.

Dazu wird distal der Leckagestelle eine Hautinzision angelegt und der Katheter mit dem Trokar nach kranial in die Schicht unterhalb der Muskulatur, allenfalls auch nur ins subkutane Gewebe, eingebracht (Abb. 5-37a). Der Drainageschlauch wird dann noch weiter vorgeschoben, der Führungsspieß entfernt. Die Naht der Hautinzision neben der Drainage und Fixierung erfolgt wie beim Thoraxdrain (siehe Abb. 5-7). Die Ableitung erfolgt über ein Y-Stück zusammen mit der Thoraxdrainage und mit demselben Sog (Abb. 5-37b).

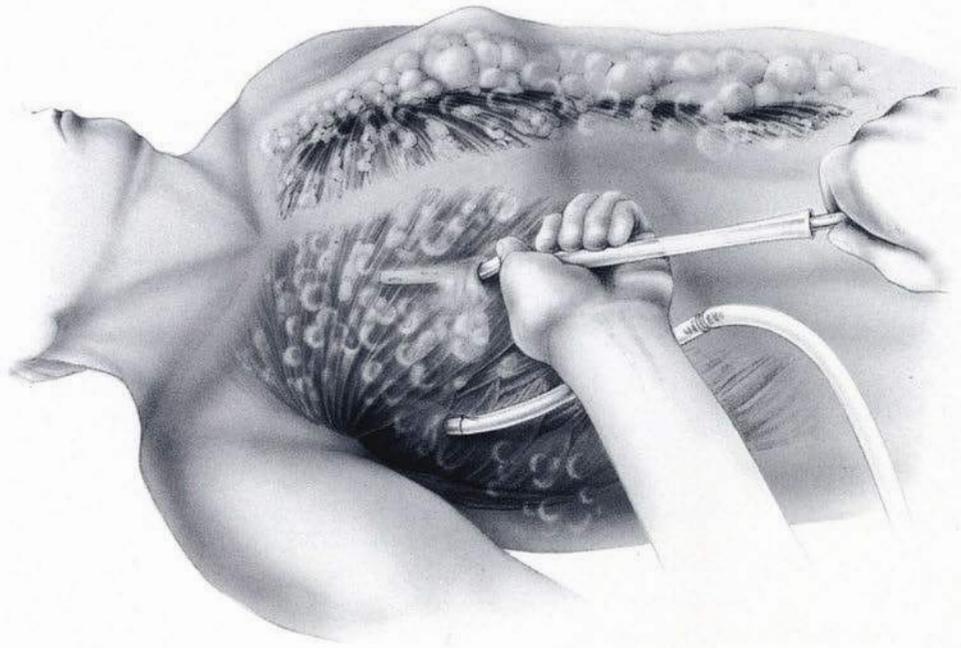


Abb. 5-37a Perkutane Drainage eines massiven subkutanen Emphysems an der vorderen Thoraxwand. Der Thorax-(Trokar-)Katheter wird über den Führungsspieß gestülpt vorgeschoben.

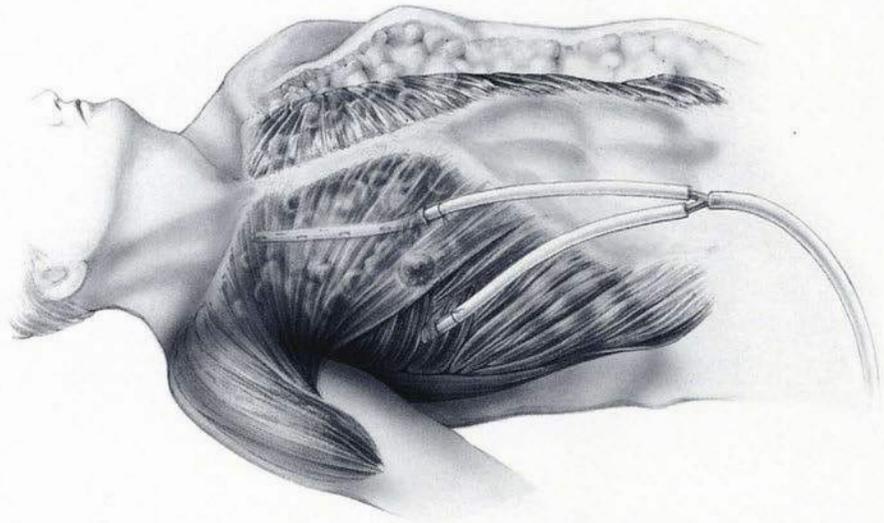


Abb. 5-37b Die schon vorher angelegte intrathorakale Saugdrainage und der Drain in der Thoraxwand werden über ein Y-Stück verbunden und gemeinsam abgeleitet.

Kollare Mediastinotomie

Der Zugang erfolgt durch einen queren Hautschnitt zwischen den Ansätzen der Mm. sternocleidomastoidei 4 cm oberhalb des Jugulums (Abb. 5-38). Nach Durchtrennung von Subkutis und Platysma (Abb. 5-39a) werden die Mm. sternothyroidei mit der Schere gespreizt, mit Haken zur Seite gehalten und die Vorderwand der Trachea freigelegt. Eine V. thyroidea wird entweder zur Seite gehalten oder zwischen Ligaturen durchtrennt.

Mit dem Finger wird nun stumpf in die Tiefe präpariert, wobei man immer in Kontakt mit der Trachea bleibt (Abb. 5-39b). So gelangt man ohne Blutung und Verletzung wichtiger Strukturen bis hinter den Aortenbogen. Während der ganzen Operation wird die Luft unter Druck aus dem Gewebe herausperlen.

In den präparierten Kanal wird ein dicker, nicht kollabierender Drain eingeführt. Ein Thoraxdrain Charrière 28 mit zusätzlichen Drainageöffnungen eignet sich gut, nur muß dieser entsprechend gekürzt werden. Die Inzisionswunde wird adaptiert, der Drain mit einer der Nähte fixiert (Abb. 5-39c).

Es wird kein Sog angelegt, sondern die Drainöffnung nach außen offen gelassen und lediglich mit einer dünnen Gaze bedeckt.

Abb. 5-38 Kollare Mediastinotomie. Querer Hautschnitt zwischen den Ansätzen der Mm. sternocleidomastoidei oberhalb des Jugulums.

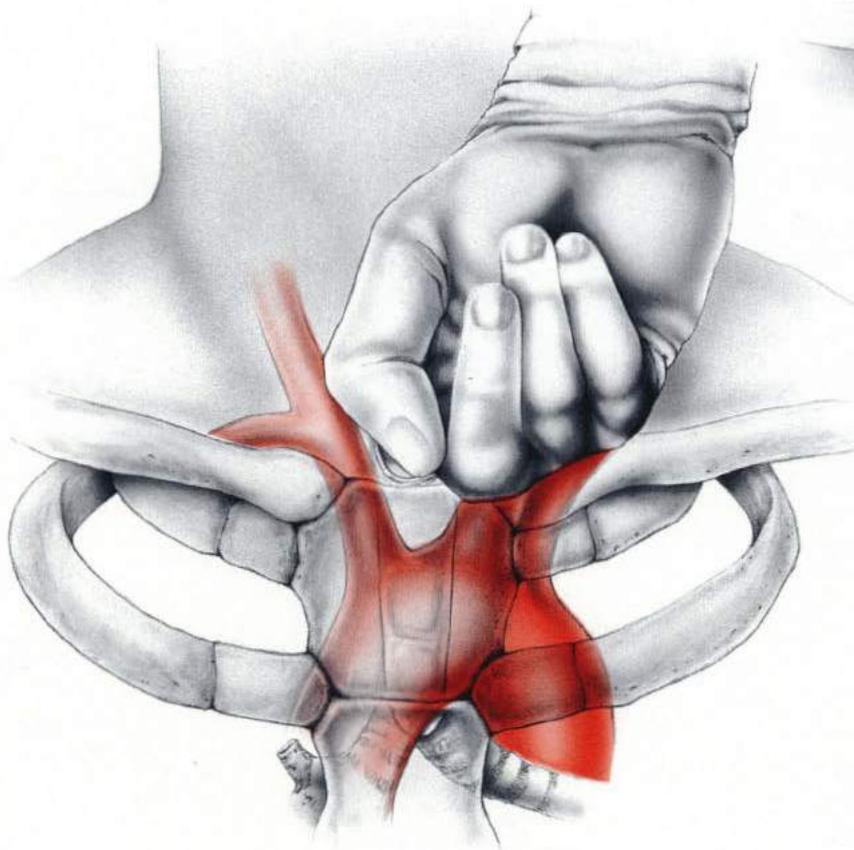
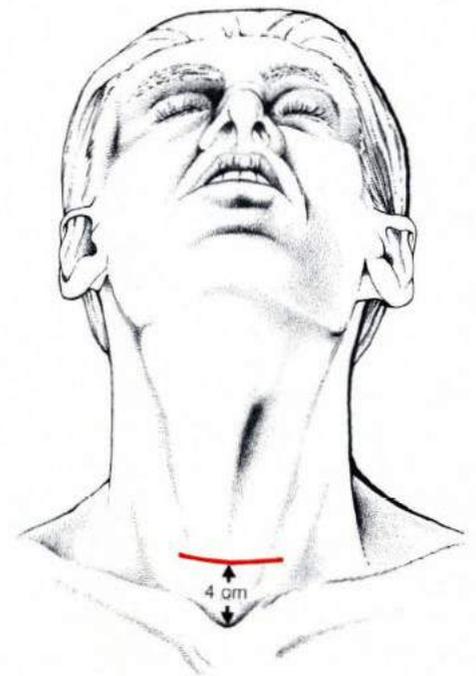


Abb. 5-39b Der Finger präpariert sich auf der Tracheavorderwand stumpf in die Tiefe und gelangt bis hinter den Aortenbogen.

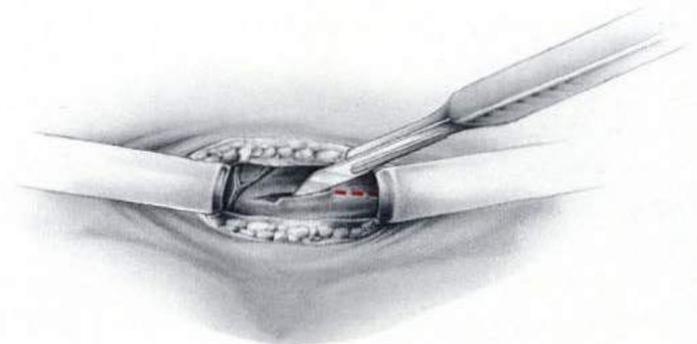


Abb. 5-39a Durchtrennung von Subkutangewebe.

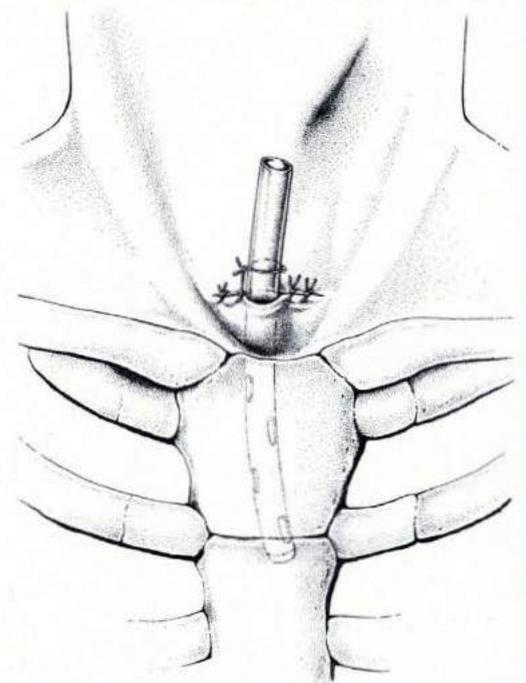


Abb. 5-39c Der Drain ist ins Mediastinum eingeführt und jugulär fixiert.

Lungenverletzungen

Operationsindikation

Die Basistherapie ist zunächst die ausreichende Thoraxdrainage. Lungenverletzungen bedingen selten ein weitergehendes operatives Eingreifen. Die Operation ist nur indiziert, wenn eine schwere anhaltende Blutung besteht oder wenn der Luftverlust so ausgedehnt ist, daß mit adäquater intrapleuraler Saugdrainage keine vollständige Ausdehnung der Lunge erzielt werden kann. Beide Situationen treten nicht bei geringeren, oberflächlichen Einrissen der Lunge auf, sondern nur bei schweren, tiefreichenden Wunden mit Einreißen größerer Gefäße oder von Segment- und Lappenbronchien.

Ein ganz spezielles Problem stellt die massive Blutung ins Bronchialsystem ohne wesentliche Blutung in den Thoraxraum dar. Neben dem Blutverlust droht hier die massive Blutaspilation in noch intakte Lungenanteile. Die Intubation und Beatmung des Patienten mit endexpiratorischem Überdruck (PEEP) von 10–15 cm H₂O führt in vielen Fällen zur Blutstillung. Bei massiver anhaltender Blutung kann der Lappen- oder Segmentbronchus des blutenden Lungenabschnittes mit einem bronchoskopisch eingeführten Fogarty-Katheter blockiert werden, die Blutung dadurch kontrolliert und die Aspirationsgefahr beseitigt werden.

Bronchusblockade durch Ballon-Katheter (Fogarty-Katheter) bei massiver intrabronchialer Blutung

Der Patient ist intubiert und mit endexpiratorischem Überdruck (PEEP) beatmet. Mit dem flexiblen Bronchoskop wird durch den Tubus eingegangen und das angesammelte Blut nach Möglichkeit abgesaugt. Unter ständigem Saugen wird nun die Blutungsquelle lokalisiert. Ist der Bronchus des blutenden Segmentes oder zumindest des Lappens identifiziert, wird durch den endotrachealen Tubus unter bronchoskopischer Sicht ein Fogarty-Katheter eingeführt, im Bronchus des blutenden Segmentes, allenfalls im entsprechenden Lappenbronchus, plaziert und aufgeblasen (Abb. 5-40). Handelt es sich um eine umschriebene Blutungsquelle, kann damit in der Regel die intrabronchiale Blutung beherrscht werden.

Der Patient wird zur Vermeidung einer weiteren Blutaspilation in die gesunde Lungenseite auf die verletzte Seite gelagert und weiterhin mit PEEP beatmet. Die bronchoskopische Kontrolle nach 24 Stunden dient einerseits zur Lagekontrolle des Fogarty-Katheters, andererseits zur Beurteilung, ob die Blockade aufgehoben werden kann. Besteht nach Ablassen des Ballons des Fogarty-Katheters keine wesentliche Blutung mehr, wird dieser entfernt.

Tritt schon in der Zwischenzeit eine erneute Blutung auf, wird unmittelbar bronchoskopiert, da sich wahrscheinlich der Ballon des Fogarty-Katheters verschoben hat. Der Katheter wird erneut unter bronchoskopischer Sicht plaziert und der betroffene Bronchus wiederum mit dem Ballon blockiert.

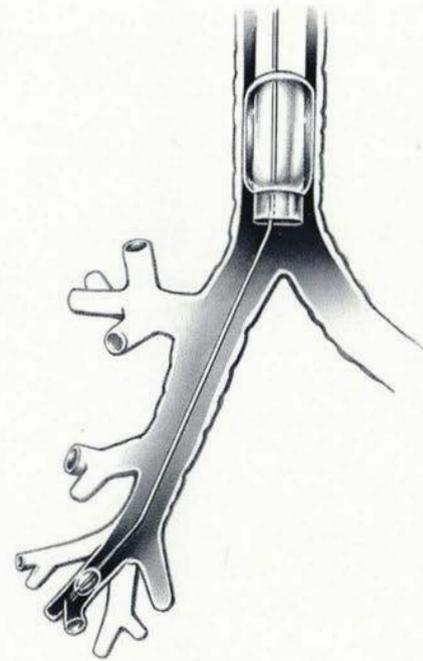


Abb. 5-40 Bronchusblockade durch Ballonkatheter (Fogarty-Katheter) bei massiver intrabronchialer Blutung.

Thorakotomie bei Lungenverletzung

Narkose, Lagerung und Zugang

Bei massiver Blutung aus der Thoraxdrainage steht meist nicht fest, welche Verletzung zum Blutverlust und damit zur Operationsindikation geführt hat. Besteht Verdacht auf eine erhebliche Lungenverletzung, liegt eine nennenswerte intrabronchiale Blutung oder ein massives Luftleck vor, sollte ein Doppellumentubus verwendet werden. Bei Lagerung des Patienten auf die gesunde Seite zur Operation ist die Gefahr der Blutaspiration in die gesunde Lunge besonders groß.

Der Patient wird halbschräg oder in Seitenlage gelagert. Der Zugang ist in der Regel eine anterolaterale Thorakotomie (siehe Kapitel 1). Von diesem Zugang aus können fast alle Lungenverletzungen versorgt werden. Notfalls besteht eine Erweiterungsmöglichkeit in Richtung einer posterolateralen Thorakotomie (siehe Kapitel 1). Die Einschränkung liegt in diesem Fall bei der Lagerung mit nach hinten nur beschränktem Operationsfeld. Bei Verdacht auf schwere Lungenverletzung empfiehlt es sich daher, von Anfang an eine völlige Seitenlagerung wie bei einer posterolateralen Thorakotomie vorzunehmen, für die Revision jedoch zunächst nur den anterolateralen Zugang durchzuführen. Notfalls kann mit einer queren Sternumdurchtrennung auch der andere Thoraxraum erreicht werden.

Operatives Vorgehen

Bei schwerer Blutung aus der verletzten Lunge wird diese angehoben und der Hilus vorübergehend mit einer weichen Gefäßklemme (Crafoord-Klemme) abgeklemmt (Abb. 5-41). Dies erlaubt, in aller Ruhe die Verletzung zu evaluieren, die Blutstillung an der Lunge durchzuführen und größere periphere Bronchien zu nähen. Bei schwerer Zerreißung der Lunge mit zusätzlichen schweren Gefäß- oder Bronchusschäden lohnt sich in der Regel die Rekonstruktion nicht, und man wird zur Segmentresektion oder Lobektomie greifen.

Beachte:

Gewarnt werden muß beim stumpfen Trauma vor der Pneumonektomie, die in der Regel nicht überlebt wird. Die Gefahr der Ödembildung mit schwerster respiratorischer Insuffizienz in der anderen Lunge, die meistens ebenfalls geschädigt ist und nun das gesamte Herzzeitvolumen aufnehmen muß und dadurch mit Blut überflutet wird, ist außerordentlich groß.

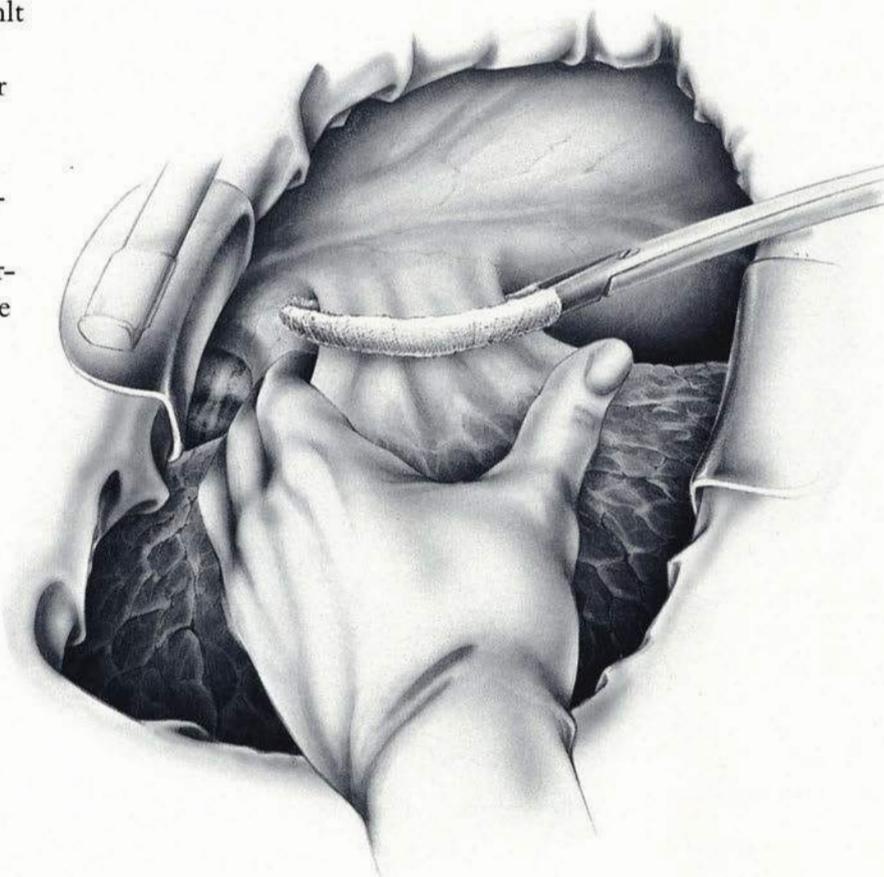


Abb. 5-41 Zur ersten Übersicht wird bei einer schweren Blutung der Lungenhilus vorübergehend mit einer weichen Gefäßklemme abgeklemmt.

Naht

Die Naht einer Lungenverletzung wird nur durchgeführt, wenn sie zur Blutstillung oder zur „Luftstillung“, also zur Behebung eines erheblichen Luftlecks, notwendig ist. Die Ränder des tiefreichenden Lungenrisses werden mit 2 Lungenfaßzangen gefaßt und auseinandergezogen: Blutende Gefäße werden in der Tiefe einzeln umstochen (Abb. 5-42a). Einrisse in größeren Gefäßen werden fortlaufend genäht. Eröffnete kleinere Bronchien werden mit resorbierbarem Nahtmaterial genäht (z. B. Polydioxanon-Faden der Stärke 2-0), sofern nicht wegen gleichzeitiger erheblicher Lungenverletzung eine Lungenresektion indiziert ist. Das Vorgehen bei Verletzungen großer Bronchien ist im Abschnitt „Bronchusruptur“ dargestellt.

Die Lungenwunde selbst wird nun durch umfassende Nähte mit resorbierbarem Nahtmaterial (Polyglykolsäure- oder Polydioxanon-Faden der Stärke 2-0) mit einer mittelgroßen Nadel adaptiert, und zwar in der Regel in 2 Schichten (Abb. 5-42b und c). Keineswegs darf die Wunde nur oberflächlich verschlossen werden, da sonst in der Tiefe ein Hohlraum, gefüllt mit Blut oder Luft, entstehen würde, der nur zu Komplikationen Anlaß gäbe. Das völlige Offenlassen der Lungenwunde wäre das kleinere Übel. Die Naht kann aber in der Regel den Luftverlust wesentlich verringern.

Lungenresektionen

Ist in Ausnahmefällen eine Segmentresektion oder Lobektomie nicht zu umgehen, wird diese schulmäßig vorgenommen (siehe Kapitel 2). Bei stumpfem Trauma hat die Pneumonektomie eine ganz schlechte Prognose. Bei penetrierendem Trauma kann sie jedoch notfalls durchgeführt werden.

Drainage nach Thorakotomie

In allen Fällen einer Thorakotomie wegen Lungenverletzungen werden mindestens 2 intraoperative Drainagen eingelegt: eine hintere mit Ausleitung im Sinus phrenicocostalis

lateral zur Evakuierung von Blut und eine vordere zur Evakuierung von Luft (Abb. 5-43a). Für die hintere Drainage wird dabei ein Drain von mindestens Charrière 36 verwendet, für die vordere Drainage genügt in der Regel ein solcher von Charrière 28.

Beide Drainagen werden über ein Y-Stück an die gleiche Ableitung angeschlossen, um im gesamten Thorax den gleichen Sog wirksam werden zu lassen (Abb. 5-43b).

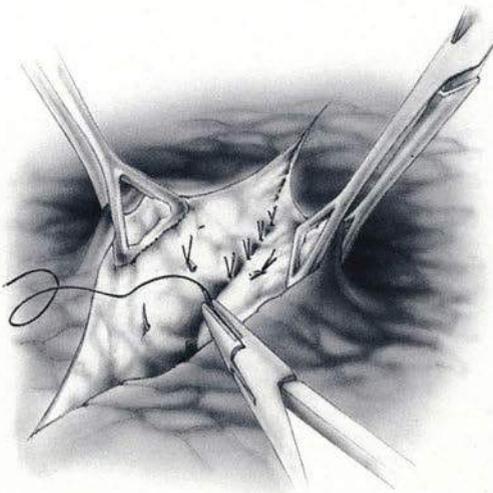


Abb. 5-42b
Naht einer tiefen Lungenwunde.
Tiefe Nahtreihe.

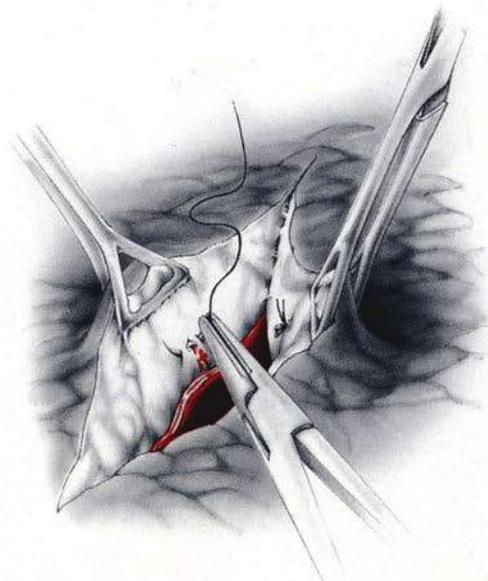


Abb. 5-42a Versorgung einer tiefen Lungenverletzung. Blutstillung durch Durchstechung blutender Gefäße.

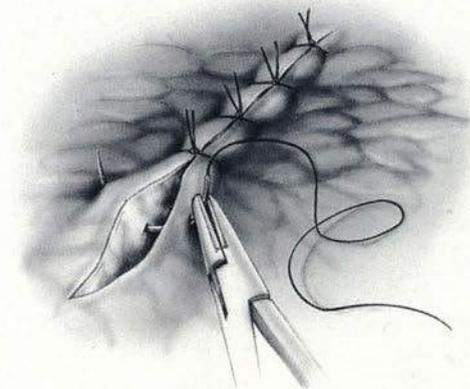


Abb. 5-42c Naht einer tiefen Lungenwunde.
Oberflächliche Nahtreihe.

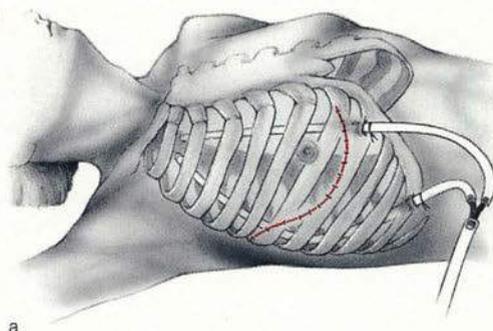
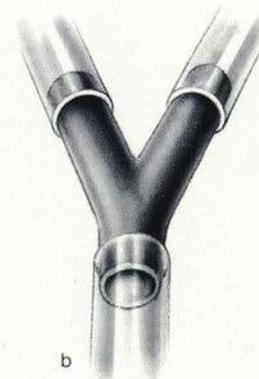


Abb. 5-43 Thoraxdrainage nach Thorakotomie: a) Der hintere Schlauch dient der Evakuierung von Blut, der vordere Schlauch zur Luftdrainage. b) Beide Drains werden über ein Y-Stück an die gleiche Ableitung angeschlossen.



Operative Ausräumung eines Hämatothorax

Indikation und Operationszeitpunkt

Beim massiven Hämatothorax, der nicht mehr drainiert werden kann, ist auch ohne anhaltende Blutung die Indikation zur operativen Hämatomausräumung gegeben. Dies ist in der Regel der Fall, wenn eine Thoraxseite zur Hälfte oder mehr verschattet ist.

Es ist wichtig, daß ein solcher Entscheid früh, 1 bis spätestens 2 Wochen nach dem Trauma, getroffen wird. Zu diesem Zeitpunkt kann durch eine kleine Thorakotomie das geronnene Blut ohne technische Schwierigkeiten ausgeräumt werden. Eine eigentliche Dekortikation ist noch nicht nötig. Bei einem späteren Operationszeitpunkt muß eine Dekortikation vorgenommen werden. Obwohl sich meist eine abgrenzbare Schicht von organisiertem Hämatom finden läßt, bestehen doch immer Verwachsungen, und die Gefahr einer Lungenverletzung und wesentlicher Nachblutungen ist nicht gering. Zurückhaltung ist deshalb in der Indikation zur Spätdekortikation gerechtfertigt.

Operationstechnik

Bei der frühzeitigen Hämatothorax-ausräumung genügt eine kleine anterolaterale Thorakotomie (siehe Kapitel 1) im 5. ICR. Das geronnene Blut wird mit der Hand oder, wenn schon in Organisation begriffen, mit Stieltupfern von der Lungenoberfläche abgelöst und entfernt (Abb. 5-44). Eine ausgedehnte Thoraxdrainage mit 2 hinteren Drainagen wird vorgenommen.

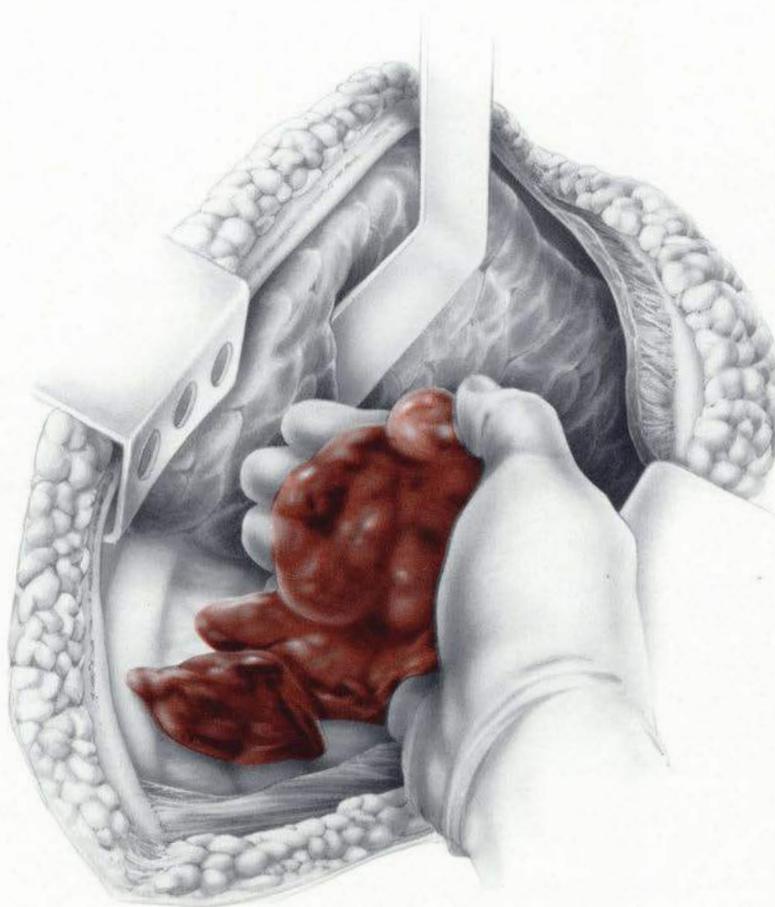


Abb. 5-44 Operative Ausräumung eines Hämatothorax.

Trachea- und Bronchusverletzungen

Diagnose und Operationsindikation

Das klinische Bild einer Trachea- oder Bronchusverletzung ist sehr vielfältig und unspezifisch. Drei auf eine Bronchusruptur verdächtige Situationen verlangen immer die weitere Abklärung:

- Ein Pneumothorax, bei dem auch unter adäquater Drainage die Lunge nicht zur Ausdehnung gebracht werden kann,
- ein schweres Mediastinal-emphysem, und
- Atelektasenbildung, die nicht behoben werden kann.

Die Bronchoskopie ergibt immer die Diagnose. Sie liefert auch die notwendige Information für die Festlegung der Therapie. Die Indikation zur Bronchoskopie sollte weit gestellt werden. Der geringste Verdacht auf eine tracheobronchiale Verletzung sollte zu dieser Untersuchung Anlaß geben, da Bronchusrupturen häufig übersehen oder verspätet diagnostiziert werden.

Ein Spannungspneumothorax oder Pneumothorax wird drainiert. Besteht eine respiratorische Insuffizienz oder eine nennenswerte Hämoptoe, wird der Patient zunächst intubiert, bevor die Bronchoskopie vorgenommen wird.

Weitaus am häufigsten sind die Hauptbronchien betroffen, und zwar in der Regel in Karinahöhe. Bei den von Burke [6] in seiner umfassenden Übersicht gesammelten 130 Fällen waren die Hauptbronchien in 86% verletzt. Die typische Bronchusverletzung verläuft quer und ist in der Regel total.

Rupturen der thorakalen Trachea sind außerordentlich selten und bestehen meist aus Längsrissen im Bereich der Pars membranacea [14]. Häufiger sind Einrisse, gelegentlich kommen auch Abrisse der zervikalen Trachea vor.

Narkose

Tracheale und bronchiale Verletzungen stellen große Anforderungen an den Anästhesisten. Die Intubation wird entsprechend dem bronchoskopischen Befund dem Einzelfall angepaßt werden müssen. Bei Bronchusverletzungen ist in der Regel ein Doppellumentubus notwendig; notfalls kann auch ein langer endotrachealer Tubus mit Cuff verwendet werden, der in den gesunden Bronchus vorgeschoben wird.

Operative Zugänge

Der Zugang bei Verletzungen eines Stammbronchus wie auch weiter peripher gelegener Bronchien ist die

Thorakotomie im 5. ICR der entsprechenden Seite. Meist wird die posterolaterale Thorakotomie bevorzugt; in vielen Fällen ist eine Versorgung über eine anterolaterale Thorakotomie gut möglich (Abb. 5-45 c und d). Verletzungen der thorakalen Trachea im oberen intrathorakalen Abschnitt werden über eine obere Sternumlängsspaltung angegangen (Abb. 5-45 b), wobei der kaudale Sternumanteil intakt belassen wird (siehe Kapitel 1), während Verletzungen unmittelbar über der Bifurkation durch eine hohe rechtsseitige totale oder anterolaterale Thorakotomie versorgt werden. Verletzungen der zervikalen Trachea, die hier nicht zur Diskussion stehen, können über einen bogenförmigen Kragenschnitt im Jugulum behandelt werden (Abb. 5-45 a).

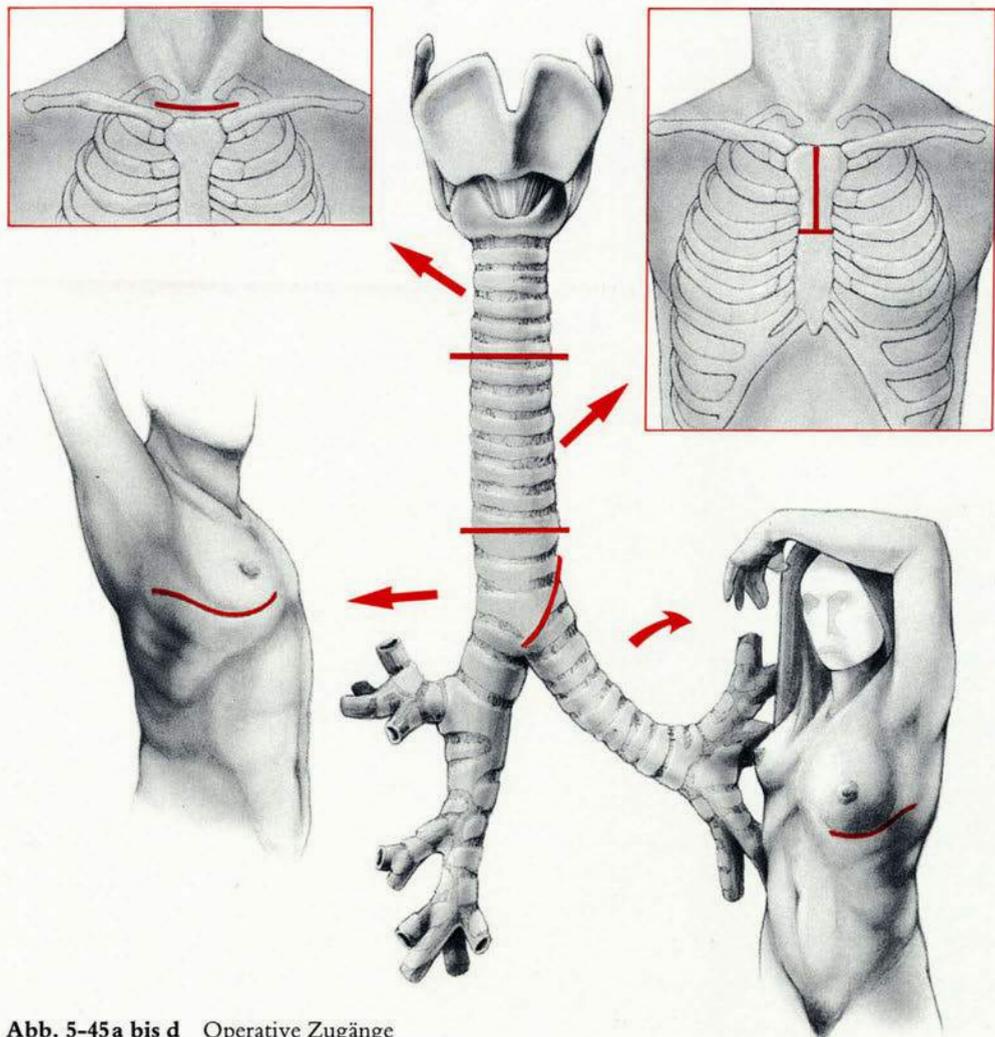


Abb. 5-45a bis d Operative Zugänge entsprechend der Lokalisation einer Trachea- oder Bronchusverletzung.
 a) Zervikale Trachea: jugularer Querschnitt.
 b) Thorakale Trachea im oberen und mittleren Anteil: partielle Sternumlängsspaltung.
 c) Distale thorakale Trachea und rechtsseitige Bronchien: Thorakotomie rechts im 3. bzw. 5. ICR.
 d) Linksseitige Bronchien: Thorakotomie links (siehe Text).

Versorgung der Tracheaverletzungen

Entsprechend dem oben angegebenen Zugang wird der Ort der Tracheaverletzung freigelegt. Die häufigeren Längsrisse werden mit direkter Naht durch Einzelknopfnähte mit resorbierbarem Nahtmaterial der Stärke 2-0 versorgt. Auch bei den sehr seltenen Fällen eines totalen Abrisses der zervikalen Trachea ist die primäre End-zu-End-Anastomose mit dem gleichen Nahtmaterial immer möglich. In allen Fällen einer Tracheaverletzung ist es vorteilhaft, die Intubationszeit so kurz als möglich zu halten. Eine gleichzeitige Tracheotomie, wie früher empfohlen, ist nicht notwendig. Die häufigste Komplikation einer Naht an der zervikalen Trachea, ganz besonders, wenn die Trachearückwand betroffen ist, ist die Parese des N. recurrens.

Cave

Verletzungen des N. recurrens.

Versorgung der Bronchusruptur

Selbstverständlich gelten auch bei der Versorgung traumatischer Bronchuschäden die Prinzipien der Bronchuschirurgie (siehe Kapitel 2). Die Verletzungsstelle am Bronchus, meist leicht zu finden und bereits schon durch die Rißbildung teilweise freigelegt, wird durch den oben angegebenen Zugang aufgesucht. Die Bronchusanteile werden soweit, wie es für die Naht notwendig ist, präpariert. Die Rißränder werden notfalls geglättet. Die direkte Bronchusnaht oder – bei totalem Abriß – die Reanastomosierung ist immer möglich. Sie wird mit resorbierbarem, atraumatischem Nahtmaterial der Stärke 2-0 durch Einzelknopfnähte vorgenommen. Zunächst werden 2 sich gegenüberliegende Ecknähte gelegt und als Haltefäden benutzt (Abb. 5-46a). Die Naht faßt auf beiden Seiten reichlich Bronchialwand, im Innern des Lumens jedoch nur die äußerste Schicht der Mukosa, so daß diese zwar adaptiert wird, die Nähte jedoch nicht ins Innere des Lumens

zu liegen kommen. Die Einzelknopfnähte werden in einem Abstand von 1½ mm, also recht dicht gelegt (Abb. 5-46b). Nach Möglichkeit wird die Bronchusnaht durch das Aufsteppen eines gestielten Lappens aus Pleura mediastinalis oder aus Perikard zusätzlich abgedichtet (Abb. 5-46c) (siehe Kapitel 2). Es erfolgt dann der Test auf Dichtigkeit der Anastomose, wobei diese durch Zugabe von physiologischer Kochsalzlösung „unter Wasser“ gesetzt wird.

Ist ein Lappenbronchus befallen, wird die Bronchusnaht nur vorgenommen, wenn keine gleichzeitigen schweren Verletzungen der Lungen oder der Lungengefäße vorliegen. Bei solchen Zusatzverletzungen wird die Lobektomie durchgeführt.

Kontrollbronchoskopien sind nach der operativen Versorgung einer Bronchusruptur oder Tracheaverletzung unerlässlich zur Kontrolle der Nahtverhältnisse und zur frühzeitigen Erfassung von Granulombildungen oder einer Stenose.

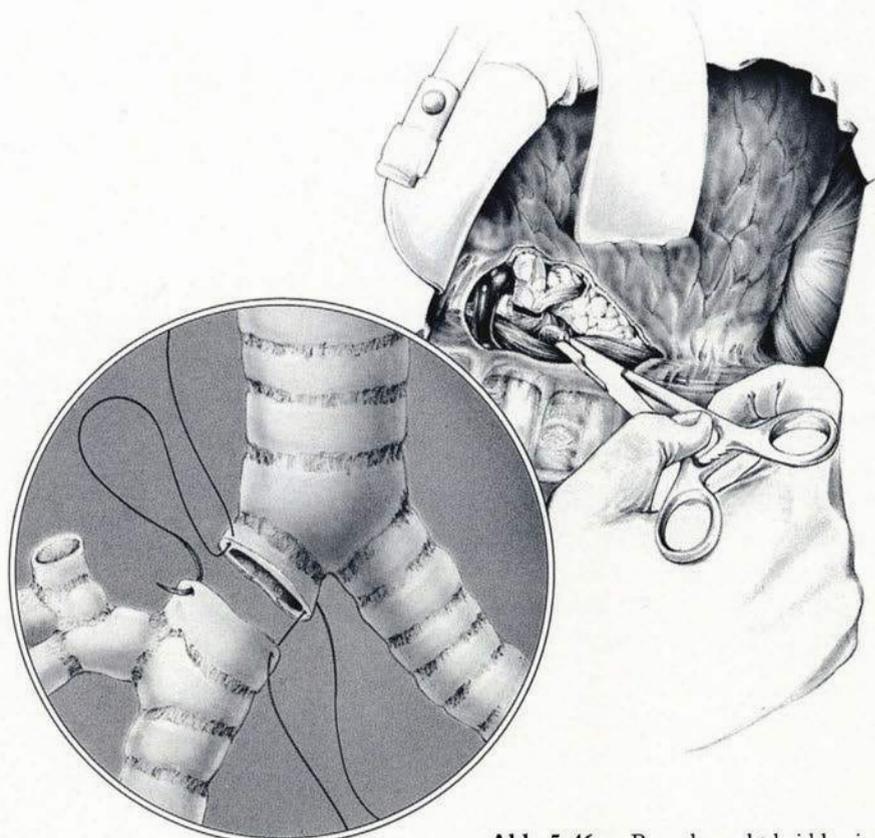


Abb. 5-46a Bronchusnaht bei klassischem totalen Abriß des rechten Hauptbronchus, erste 2 randständige Nähte. Die Nähte fassen die Mukosa nur noch ganz knapp und liegen dadurch nicht im Bronchusinneren.

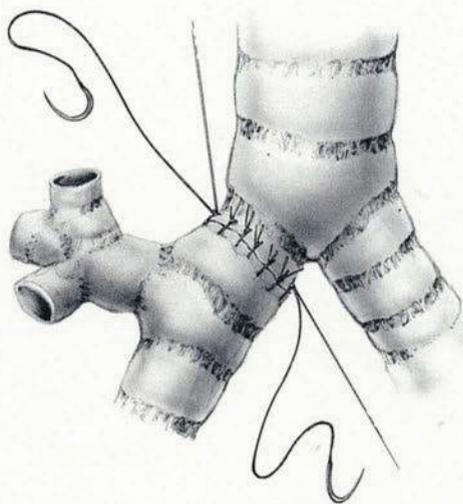


Abb. 5-46b Die Bronchusnaht mit Einzelknopfnähten ist vervollständigt.

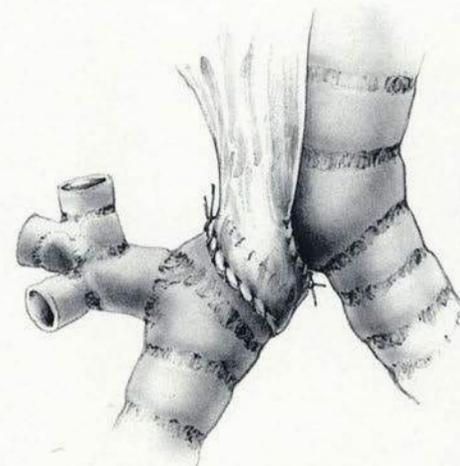


Abb. 5-46c Deckung der Bronchusnaht durch einen gestielten Lappen von Pleura mediastinalis oder Perikard.

Zwerchfellruptur

Lokalisation

Weitaus die Mehrzahl aller Verletzungen durch stumpfe Gewalt betreffen das linke Zwerchfell (84,6% in einer Sammelstatistik [7]). Der Einriß im Zwerchfell verläuft in den meisten Fällen radial im Bereich des Centrum tendineum oder am Übergang von diesem zum muskulären Anteil (Abb. 5-47). Der Zwerchfellabriß am Muskelansatz an den Rippen ist eine viel seltenere, aber ebenfalls typische Rupturlokalisierung. Ein Abriß der Krura gilt als Rarität.

Begleitverletzungen

Es sind immer erhebliche breitflächige Gewalteinwirkungen, die zur Zwerchfellruptur führen, in den meisten Fällen gegen Thorax und Abdomen. Dies erklärt auch die sehr häufigen Begleitverletzungen, von denen jene im Abdomen (Milzruptur, Leberruptur, Verletzungen des Magen-Darm-Traktes und Nierenverletzungen) klinisch besonders bedeutungsvoll sind [7].

Operativer Zugang

Sowohl vom Abdomen als vom Thorax her ist das linke Zwerchfell gut zu nähen. Der Zugang der Wahl ist bei der frischen linksseitigen Zwerchfellruptur abdominal. Dadurch können die häufigen abdominalen Begleitverletzungen evaluiert und behandelt werden. Der abdominale Zugang beeinträchtigt im übrigen die Atmung weniger als eine Thorakotomie. Der thorakale Zugang (tiefe anterolaterale Thorakotomie) wird nur gewählt, wenn schwere, operationsbedürftige intrathorakale Verletzungen vorliegen.

Die Naht der akuten rechtsseitigen Ruptur ist vom Abdomen aus schwierig. Hier wird, wenn keine abdominale Symptomatik vorliegt, durch eine rechtsseitige anterolaterale Thorakotomie im 6. ICR eingegangen.

Bei allen chronischen Rupturen ist der Zugang eindeutig thorakal, da oft Verwachsungen bestehen, die von abdominal her nicht zu lösen sind.

Bei jedem Zugang wird man das Operationsfeld so abdecken, daß eine Zusatzinzision in der anderen Körperhöhle möglich ist.

Operation der frischen linksseitigen Zwerchfellruptur

Der Zugang erfolgt über eine obere mediane Laparotomie. Die in den Thorax verlagerten Baueingeweide werden ins Abdomen zurückgeholt (Abb. 5-48). Die Reposition des kollabierten Bauchinhaltes bereitet bei der frischen Ruptur nie Schwierigkeiten. Sind viele abdominale Organe in den Thorax verlagert, wird zunächst der Dünndarm reponiert und erst am Schluß der Magen.

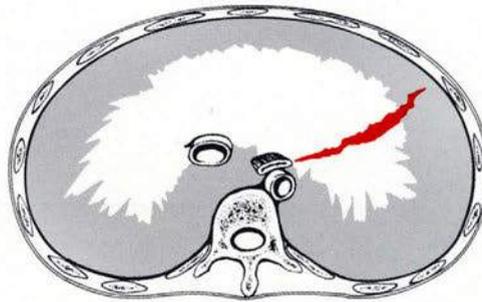


Abb. 5-47 Typische Lokalisation der Zwerchfellruptur links mit radiärem Rißverlauf im Bereich des Centrum tendineum (Zwerchfell von unten gesehen).

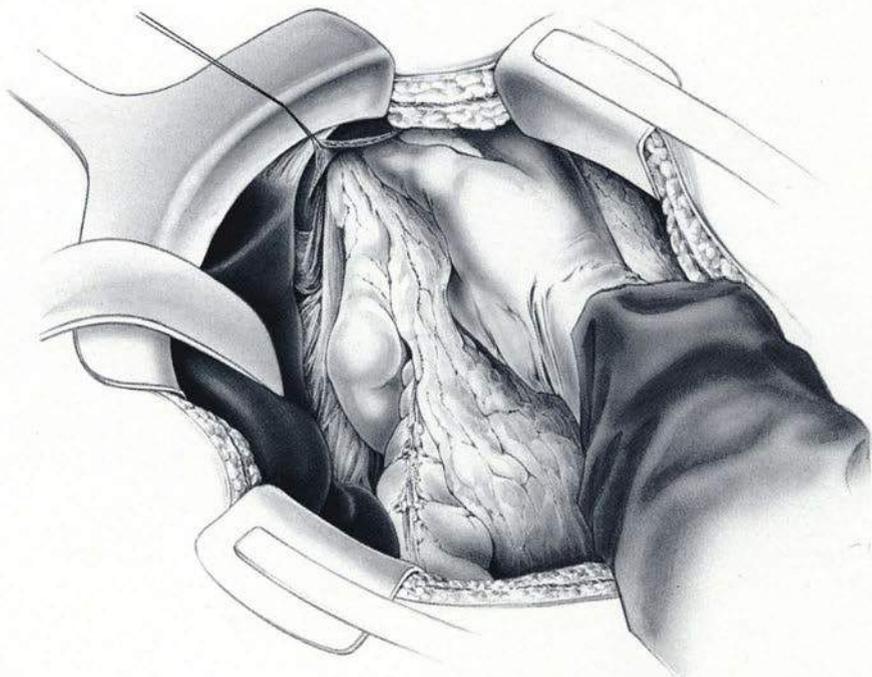


Abb. 5-48 Linksseitige Zwerchfellruptur. Laparotomie: Reposition der in den Thorax verlagerten Baueingeweide zurück ins Abdomen.

Sofern nicht schon geschehen, erfolgen jetzt die Revision des Abdomens und die Versorgung eventuell vorhandener intraabdominaler Begleitverletzungen.

Die Zwerchfellnaht erfolgt durch Einzelknopfnähte mit nicht resorbierbarem Nahtmaterial. Wir verwenden eine einreihige Nahttechnik mit Seide oder Polyesterfaden der Stärke 2, als Flaschenzugnähte gelegt (Abb. 5-49a). Jeweils der letzte Faden der Nahtreihe wird als Haltefaden eingesetzt (Abb. 5-49b). Bei der frischen Ruptur ist ein direkter Verschluss immer möglich. Die Äste des N. phrenicus müssen dabei geschont werden.

Bei Zwerchfellabrissen an der Thoraxwand kann die Reinsertion an der Ausrißstelle schwierig sein. Sie erfolgt dann an höherer Stelle.

Intraoperativ wird immer eine Thoraxdrainage eingelegt, präoperativ eine Magensonde.



Abb. 5-49a Naht einer linksseitigen Zwerchfellruptur. Die durchgreifenden Nähte werden als Flaschenzugnähte gestochen.

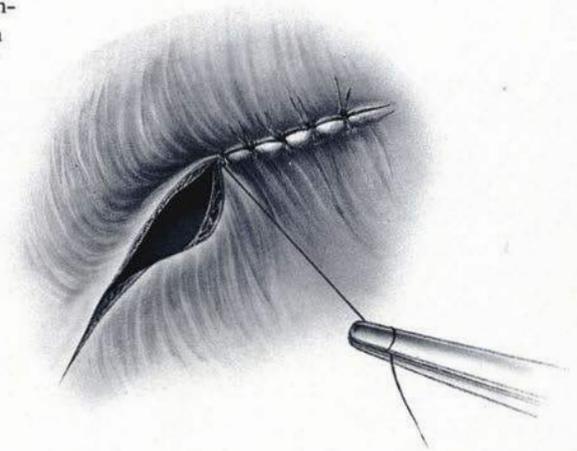


Abb. 5-49b Naht einer linksseitigen Zwerchfellruptur. Der Faden der letzten Naht wird jeweils als Haltefaden verwendet und erleichtert dadurch das Setzen der folgenden Naht.

Operation der frischen rechtsseitigen Zwerchfellruptur

Sofern keine intraabdominalen Verletzungen vorliegen, die eine Laparotomie erfordern, erfolgt der Zugang durch eine anterolaterale Thorakotomie (siehe Kapitel 1) im 6. ICR (Abb. 5-50). Bei abdominalen Zusatzverletzungen werden diese zunächst durch mediane Laparotomie versorgt. Ist die Zwerchfellruptur vom Abdomen her einer Versorgung zugänglich, wird sie auf diesem Weg durchgeführt. Ist die Leber aber zu stark im Wege, erfolgt die kleine anterolaterale Thorakotomie unabhängig von der Laparotomie. Die Kombination dieser beiden Zugänge ist weniger belastend für den Patienten als ein ausgedehnter thorakoabdominaler Zugang unter Durchtrennung des Rippenbogens.

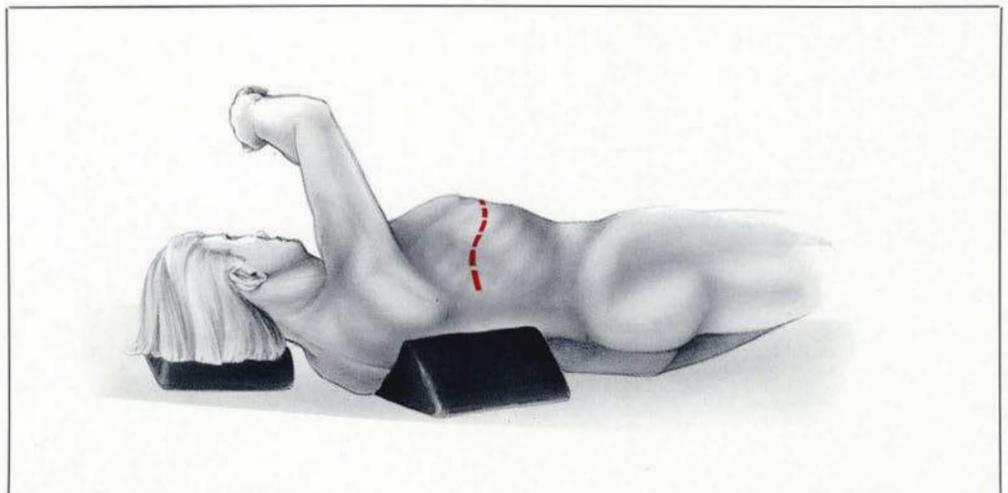


Abb. 5-50 Naht einer rechtsseitigen Zwerchfellruptur. Lagerung und Hautinzision zur anterolateralen Thorakotomie im 6. ICR rechts.

Der Befund bei der Thorakotomie ist in der Regel eindeutig. Durch die meist ausgedehnte Ruptur wölbt sich die Leber in den Thorax vor (Abb. 5-51). Diese wird soweit als möglich durch die Zwerchfellruptur hindurch auf Verletzungen inspiziert. Finden sich Leberrupturen, werden diese, falls notwendig, versorgt und der subphrenische Raum drainiert. Ist die Leber intakt, ist eine solche Drainage nicht notwendig.

Unter reponierendem Druck auf die Leber mit einem Stieltupfer wird nun die Versorgung der Zwerchfellruptur durch Einzelknopfnähte mit nicht resorbierbarem Nahtmaterial in der oben angegebenen Technik durch einreihige Flaschenzugnähte vorgenommen (Abb. 5-52) und abschließend eine hintere Thoraxdrainage gelegt.

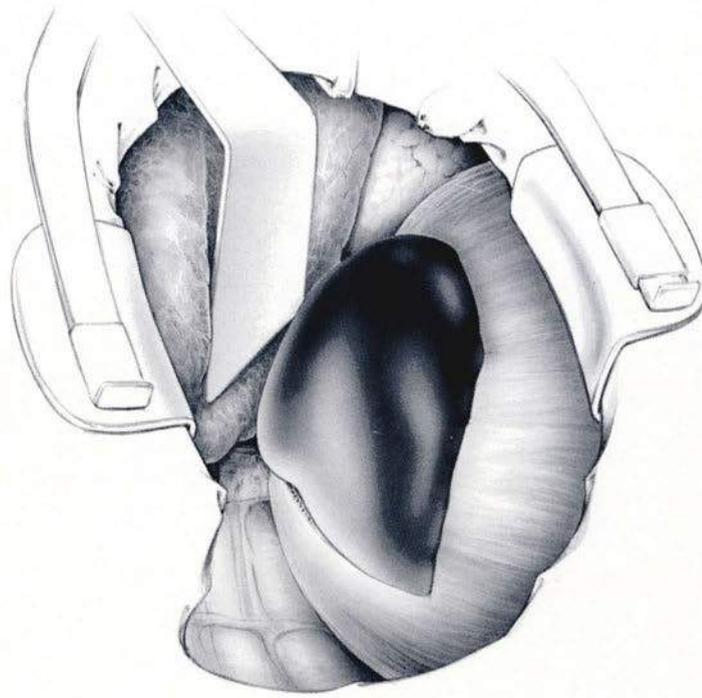


Abb. 5-51 Operationsbefund bei rechtsseitiger Zwerchfellruptur. Die Leber prolabierte durch den Zwerchfellriß in den Thoraxraum.

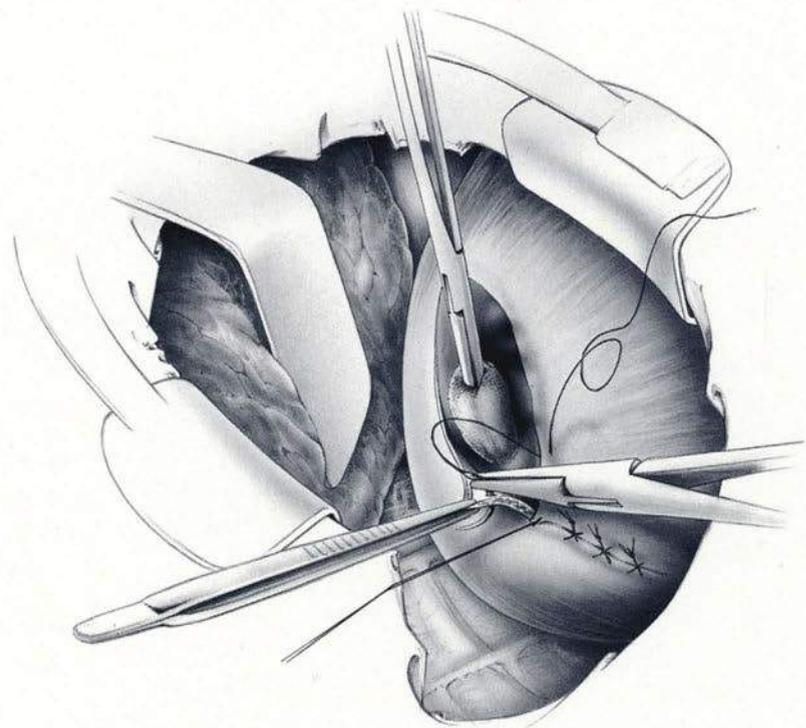


Abb. 5-52 Einschichtige Naht der rechtsseitigen Zwerchfellruptur mit einzelnen Flaschenzugnähten (siehe Abb. 5-49a).

Verletzungen des Ductus thoracicus

Klinische Bedeutung

Eine Verletzung des Ductus thoracicus mit nachfolgendem Chylothorax ist selten. Die meisten Fälle entstehen als intraoperative, iatrogene Verletzung bei Operationen im Thoraxraum und bei Operationen in der linken supraclaviculären Region. Auch durch Punktion der V. subclavia oder der V. jugularis kann der Ductus verletzt werden. Beim stumpfen Trauma wurden solche Verletzungen durch Hyperextension der Wirbelsäule, durch Sturz aus großer Höhe oder durch schwere Thoraxkompressionen als Einzelfälle beobachtet. Läsionen des Ductus thoracicus durch penetrierende Wunden sind eine Rarität.

Eine Verletzung des Ductus führt in der Regel zum Chylothorax, wobei dieser klassischerweise verspätet, 2 bis 10 Tage nach dem Trauma, auftritt [7]. Ein beidseitiger Chylothorax entsteht, wenn die Verletzung im Bereich der Kreuzungsstelle des Ductus, also zwischen Th 3 und Th 6, liegt oder wenn sich zunächst ein ausgedehntes mediastinales Chylom ansammelt, das dann auf beide Seiten durchbricht. Ein Chyloperikard findet sich selten nach intraoperativen Verletzungen des Duktus, wurde aber nie als Unfallfolge beschrieben.

Im Halsbereich kann sich nach Verletzung des Ductus thoracicus eine Chylusfistel bilden.

Der Chylothorax hat 2 bedrohliche Folgen, die auch die Therapie bestimmen:

1. Die rasch zunehmende Füllung der Pleurahöhle führt zur Kompression der Lungen und zur Verdrängung des Mediastinums.
2. Der Verlust von bis zu 3 l Chylus, also großer Mengen einer protein- und vor allem fettreichen Flüssigkeit, führt rasch zu einem großen Eiweiß- und Kaloriendefizit; ohne Behandlung kommt es zur schweren Allgemeinbeeinträchtigung mit zunehmender Kachexie.

Diagnose

Die Diagnose eines Chylothorax wird immer erst dann gestellt, wenn bei der Drainage oder Punktion eines vermeintlichen Hämatothorax milchig weiße oder – sofern mit Blut vermischt – kakaofarbige Flüssigkeit gefördert wird. Chylus ist im Gegensatz zu Eiter steril, geruchlos, enthält vor allem Lymphozyten und zeigt eine alkalische Reaktion. Die milchige Farbe geht beim Schütteln mit Äther verloren. Mikroskopisch finden sich Fetttropfchen, die sich mit Sudan III spezifisch anfärben.

Der sichere Nachweis kann durch Einnehmen von lipophilen Lebensmittelfarbstoffen erbracht werden, die den Chylus anfärben, aber nicht in andere Exsudate übergehen.

Konservative Therapie und Operationsindikation

Die meisten Verletzungen des Ductus thoracicus lassen sich mit konservativer Behandlung zur Heilung bringen. Diese beruht auf 2 Säulen: vollständige Entleerung von Chylus aus dem Thorax durch Thoraxdrainage mit einem Dauersog und totale intravenöse Ernährung, um den Chylusfluß im Duktus zu verringern. Gleichzeitig können so die gefürchteten Verluste an Protein und Fett in vollem Umfang ersetzt werden [7].

Ein operatives Eingreifen ist indiziert, wenn die konservative Therapie in 2 bis 3 Wochen nicht zum Ziel führt.

Für die Behandlung einer Chylusfistel am Hals genügt in der Regel die konservative Therapie mit Anlegen eines tamponierenden Verbandes.

Operation: Ligatur des Ductus thoracicus

Das operative Vorgehen besteht in der Ligatur des Duktus. Im Prinzip genügt die einseitige distale Ligatur des Ganges, da kompetente Klappen einen Rückstrom von Chylus verhindern. Ausgedehnte Tierversuche und die klinische Erfahrung haben gezeigt, daß wegen der großen Tendenz der Lymphbahnen, Kollateralsysteme zu bilden, eine Ligatur des Ductus thoracicus keine Ausfälle mit sich bringt [7].

Operationstechnik

Das bevorzugte Verfahren ist die Freilegung des Ductus thoracicus durch eine tiefe rechtsseitige posterolaterale Thorakotomie und die Ligatur oberhalb des Diaphragmas. Stößt man intraoperativ auf den Ort der Verletzung, werden beide Anteile des Duktus ligiert. Der Lymphgang kann leichter identifiziert werden, wenn präoperativ Sahne eingenommen wurde oder wenn intraoperativ Farbstoffinjektionen (z. B. Methylenblau) in die Wand des distalen Ösophagus vorgenommen werden [19].

Gelingt es trotz sorgfältiger Suche nicht, den Duktus zu finden, können multiple Massenumstechungen im mediastinalen Gewebe vor und seitlich des 8. oder 9. Brustwirbelkörpers zum Ziele führen.

Nachbehandlung

Die totale parenterale Ernährung wird zunächst so lange fortgesetzt, bis das Sistieren des Chylusaustrittes feststeht. Ab diesem Zeitpunkt kann wieder auf eine normale perorale Ernährung umgestellt werden. Die intraoperativ eingelegte Thoraxdrainage wird erst entfernt, wenn auch unter normaler Nahrungsaufnahme kein Chylus mehr gefördert wird.

Weiterführende Literatur

1. Aigner, P. W.: Rippenosteosynthese bei instabilem Thorax nach Trauma. *Münch. med. Wschr.* 118 (1976) 171
2. Besson, A., F. Saegesser: *Color atlas of chest trauma and associated injuries*, Vol. I, II. Wolfe, London 1982
3. Besson, A., F. Saegesser: *Drainage thoracique continue et aspiratif*. *Schweiz. med. Wschr.* 114 (1984) 779
4. Blaisdell, F. W., D. D. Trunkey (eds.): *Cervico-thoracic trauma*. In: *Trauma Management*, Vol. III. Thieme-Stratton Inc., New York 1986
5. Bricker, D., K. L. Mattox: About chest tubes. *Curr. Concepts Trauma Care* 2 (1979) 16
6. Burke, J. F.: Early diagnosis of traumatic rupture of the bronchus. *J. Amer. med. Ass.* 181 (1962) 682
7. Glinz, W.: *Thoraxverletzungen: Diagnose, Beurteilung und Management*. 2. Aufl. Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1979
8. Glinz, W.: Problems caused by the unstable thoracic wall and by cardiac injury due to blunt injury. *Injury* 17 (1986) 322
9. Heimlich, H. J.: Heimlich flutter valve: Effective replacement for drainage bottle. *Hosp. Topics* 43 (1965) 122
10. Judet, R.: Ostéosynthèse costale. *Rev. Chir. orthop.* 59, suppl. 1 (1973) 334
11. Jüttner, F.-M., H. Pinter, H. Popper, M. Raschek, G. B. Friehs: Reconstructive surgery for tracheobronchial injuries including complete disruption of the right main bronchus. *Thorac. cardiovasc. Surg.* 32 (1984) 174
12. McCune, R., C. P. Roda, Ch. Eckert: Rupture of the diaphragm caused by blunt trauma. *J. Trauma* 16 (1976) 531
13. Mills, St., F. R. Johnston, A. S. Hudspeth, R. H. Breyer, R. T. Meyers, A. R. Cordell: Clinical spectrum of blunt tracheobronchial disruption illustrated by seven cases. *J. thorac. cardiovasc. Surg.* 84 (1982) 49
14. Olson, R. O., J. T. Johnson: Diagnosis and management of intrathoracic tracheal rupture. *J. Trauma* 11 (1971) 789
15. Saur, K., W. Lutz: Die traumatische Zwerchfellruptur: Diagnostik, Behandlung, Spätergebnisse. *Mschr. Unfallheilk.* 79 (1976) 349
16. Sulamaa, M., E. I. Wallgreen: Trichterbrust. Operationsmethode und Spätergebnisse. *Z. Kinderchir.* 8 (1970) 22
17. Vecsei, V.: Instabiler Thorax – chirurgische Therapie. *Hefte Unfallheilk.* 158 (1982) 353
18. Weil, P. H., I. B. Margolis: Systematic approach to traumatic hemothorax. *Amer. J. Surg.* 142 (1981) 692
19. Williams, K. R., Burford T. H.: The management of chylothorax related to trauma. *J. Trauma* 3 (1963) 317

Verletzungen des Herzens und der thorakalen Aorta

F. Gschnitzer

Verletzungen des Herzens

Vorbemerkung

Die Versorgung von geschlossenen oder penetrierenden Verletzungen der Herzwand muß im allgemeinen rasch erfolgen. Da das durch die Herzwandverletzung austretende Blut sich im Herzbeutel ansammelt und auch bei vorhandener Herzbeutel-läsion nicht in ausreichender Menge in eine Pleurahöhle oder das mediastinale Gewebe drainiert, entsteht innerhalb kurzer Zeit, u. U. aber auch erst nach Stunden oder sogar Tagen eine Herzbeutel-tamponade. Deren Entwicklung verläuft dann aber sehr rasch tödlich, wenn der Herzbeutel-druck nicht entlastet wird.

Verletzungen der Ventrikel können sich infolge der Muskelmasse vor Einsetzen einer Tamponadesymptomatik spontan durch Blutgerinnsel verschließen. Hingegen bluten Vorhofwunden trotz des geringen Innendruckes wegen der klaffenden Wandverletzung besonders stark. Gleiches gilt auch für Verletzungen intraperikardialer Abschnitte großer Gefäße.

Die operative Versorgung von Herzverletzungen hat rasch zu erfolgen. Für die meisten Patienten wäre der Versuch, sie in eine kardi-chirurgische Abteilung zu verlegen, tödlich. Da, abgesehen von zum Teil nicht akut versorgungsbedürftigen, seltenen Binnenverletzungen (Septumperforation, Klappenverletzungen) oder Verletzungen größerer Kranzgefäße, die operative Versorgung von Herzverletzungen ohne Herz-Lungen-Maschine erfolgt, muß die Technik der Naht einer Herzverletzung jedem erfahrenen Allgemeinchirurgen vertraut sein.

Für eine zentrale Infusionsleitung und Möglichkeit zu raschem Volumenersatz ist Sorge zu tragen.

Cave

Volumenzufuhr verstärkt die Tamponadesymptomatik. Sie darf daher erst nach Eröffnung des Herzbeutels erfolgen.

Operatives Vorgehen

Den besten Zugang, der zudem den Vorteil hat, rasch ausführbar zu sein, ergibt die mediane Sternotomie (Abb. 5-53). Bei Verletzungen durch Stich und Schuß kann der Zugang durch anterolaterale Thorakotomie im 5. ICR auf der Seite der Verletzung gewählt werden; dieser Zugang erlaubt auch eine Mitversorgung von Lungen- oder Zwerchfellverletzungen.

Cave

Bei Pfählungsverletzungen darf der pfählende Gegenstand keinesfalls entfernt werden, bevor das Herz freigelegt ist (drohende massive Blutung!).

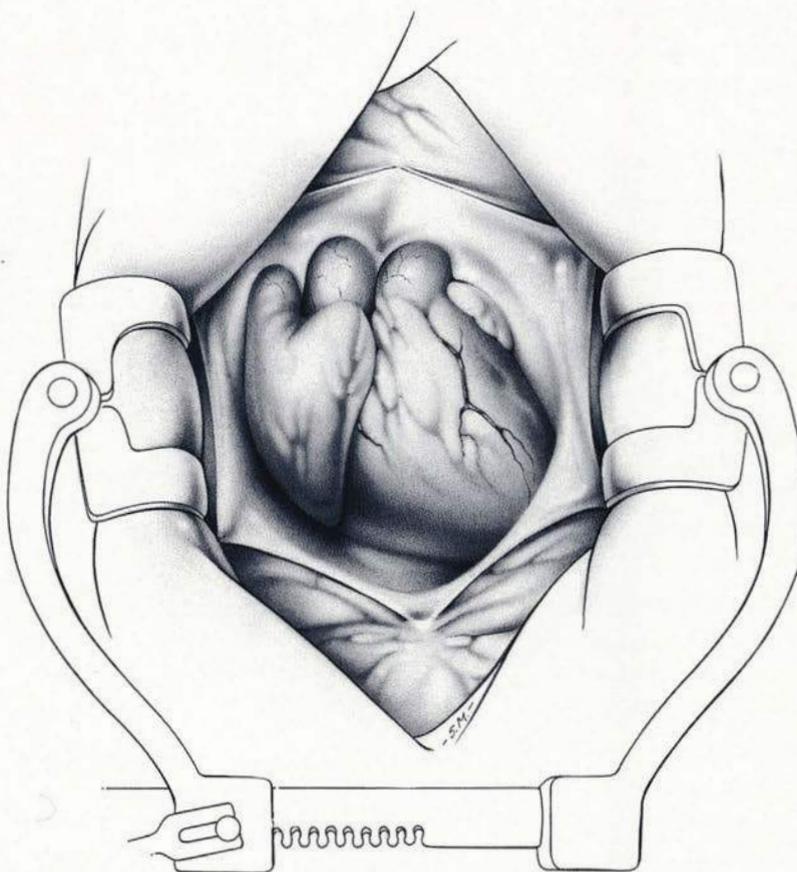


Abb. 5-53 Zugang durch mediane Sternotomie und breite Eröffnung des Herzbeutels. Die Vorderfläche des Herzens liegt frei, ebenso Aorta, A. pulmonalis und obere Hohlvene.

Nach medianer Perikardiotomie in ganzer Länge – bei lateralem Zugang erfolgt die Perikardiotomie längs etwa 1–2 cm vor dem N. phrenicus – entleert sich z. T. geronnenes Blut, aus dessen Farbe auf die Verletzungslokalisation geschlossen werden kann. Verletzungen der Herzkammern und zentraler arterieller Gefäßanteile bluten stoßweise herzsynchron, Blutungen der Vorhöfe sind auch bei relativ kleiner Verletzung unerwartet heftig und herzsynchron, kontinuierlich.

Die Ortung der Blutungsquelle geschieht nach schonendem, möglichst ohne Berührung und Verdrängung des Herzens erfolgreichem Freisaugen des Herzbeutels durch Inspektion der freiliegenden Herzabschnitte. Ist die Läsion dort nicht auffindbar, werden Herzbasis und Hinterwand nach Luxation des Herzens inspiziert.

Beachte:

Bei Luxation des Herzens besteht erhöhtes Risiko für einsetzendes Kammerflimmern (siehe weiter unten).

Vorne liegende, gut zugängliche Blutungsquellen können an den Vorhöfen durch Ausklemmen mit gebogenen Gefäßklemmen, eventuell erleichtert durch vorheriges Fassen und Hochziehen mit einer Allis-Klemme, gestillt und durch fortlaufende, überwendliche Naht mit Polypropylenfaden der Stärke 3–0 oder 4–0 versorgt werden. Auch kommt bei größeren Verletzungen der Vorhöfe die Naht über dem eingeführten und damit von innen her tamponierenden Finger in Betracht (Abb. 5-54): dabei werden U-Nähte mit nicht zu kleiner Nadel relativ weit gestochen vorgelegt und vom Assistenten während des Zurückziehens des Fingers sukzessive geknotet.

Bei größeren Vorhofverletzungen oder Verletzungen der intraperikardialen Abschnitte der großen Arterien ist zu empfehlen, zunächst durch Fingertamponade die Blutungsquelle weitgehend zu stillen und nach rasch erfolgter Volumssubstitution die Versorgung in Einflußsperre vorzunehmen (Abb. 5-55). Durch Gefäß-

klemmen werden die beiden Hohlvenen intraperikardial abgeklemmt. Am nun leerschlagenden Herzen ist entweder die tangentiale Ausklemmung einer Verletzung der Vorhöfe bzw. der großen Arterien oder deren sofortige Nahtversorgung mit fortlaufender, nichtresorbierbarer, monofiler Naht meist leicht möglich. Die Naht soll zügig, aber sauber erfolgen; man hat dafür 2 bis 4 Minuten Zeit.

Beachte:

Sollte Luft in die Herzhöhlen eingetreten sein, so kann diese vor Knüpfen der Naht nach Lungenblähung durch den Anästhesisten und/oder durch kurzzeitiges Öffnen der oberen Hohlvenenklemme ausgeschwemmt werden.



Abb. 5-54 Nahtversorgung einer größeren Wunde des rechten Vorhofs. Der Finger wirkt als Tampon.

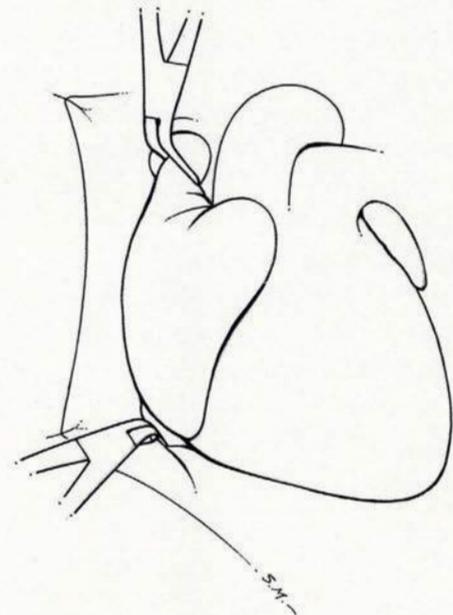


Abb. 5-55 Einflußsperre. Durch intraperikardiales Abklemmen der beiden Hohlvenen können Wunden an den großen Gefäßen oder der Vorhöfe, aber auch der Ventrikel blutsparend versorgt werden.

Daraufhin werden die Cavaklemmen geöffnet, der Kreislauf erholt sich im allgemeinen spontan. Bei zunächst schwacher Herzaktion erfolgt unterstützende Herzmassage, bei Einsetzen von Kammerflimmern wird die Massage nach Vorbereitung der Schocklöffel kurzzeitig für die Defibrillation unterbrochen.

Die möglicherweise noch etwas blutende Nahtstelle wird zunächst durch Auflegen eines feuchten Tupfers oder von Watte komprimiert. Sollte eine zusätzliche Naht an schwer zugänglicher Stelle erforderlich sein, so kann der Vorgang der Einflußsperre nach kurzer Erholungszeit wiederholt werden.

Cave

Nahtversuche an der druckgespannten Aortenwand sind zu unterlassen, da infolge Durchschneidens der Nähte mit stärkeren Blutungen gerechnet werden muß. Bei gedrosselten Hohlvenen gelingt am entspannten Gefäß eine solche Naht ohne Schwierigkeit.

Wunden durch spitze Gegenstände oder Geschosse mit niedriger Geschwindigkeit bluten, wenn sie im Ventrikelbereich gelegen sind, zum Zeitpunkt der Operation meist nur mehr wenig, weil sie durch Koagula und Kontraktion der Muskulatur weitgehend verschlossen sind. Ventrikelwunden werden – ohne Exzision des Wundrandes – durch mit Widerlager aus Teflonstreifen oder einem Perikardstreifen armierte U-Nähte der Fadenstärke 0 mit großer Nadel durch Einzelstiche versorgt (Abb. 5-56). Beim Knoten der Nähte werden die Wundränder gerade adaptiert. Zu großer Zug oder Knotendruck bewirkt ein Durchschneiden der Naht, ganz besonders bei Schußverletzungen. Nahe eines Wundrandes verlaufende Kranzgefäße werden unterstochen (Abb. 5-57). Verletzte Kranzgefäße mit einem Innendurchmesser unter 1 mm werden ligiert.

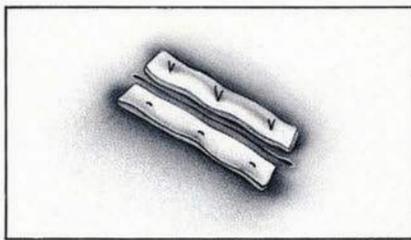
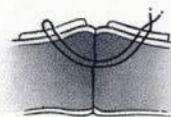
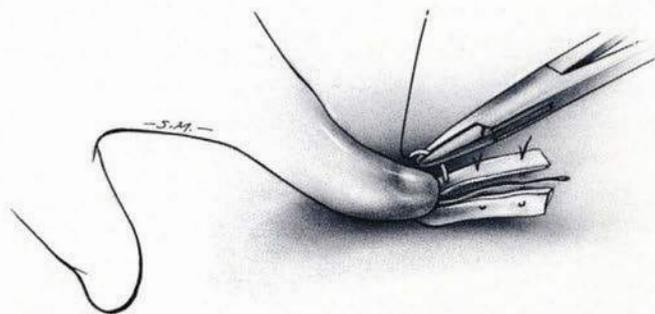


Abb. 5-56 Versorgung einer Ventrikelwunde. Teflon- oder Perikardstreifen wirken als Widerlager gegen Durchschneiden der Naht beim Knüpfen.

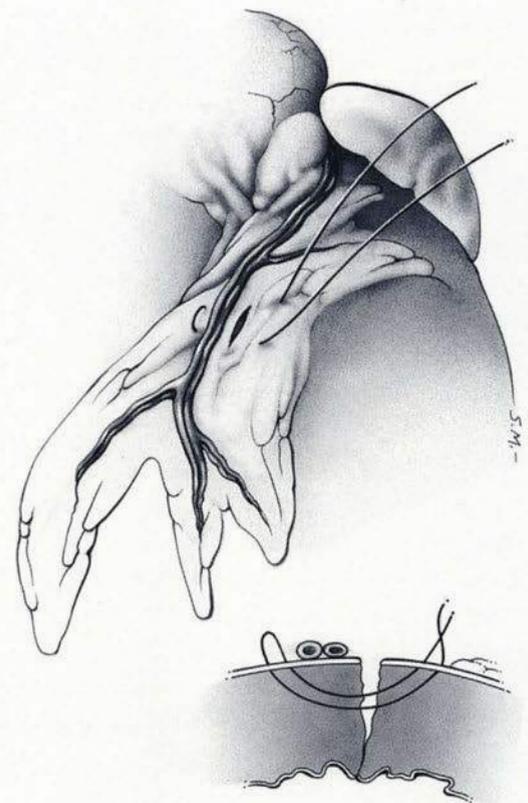


Abb. 5-57 Unterstechung eines Kranzgefäßes bei gefäßnahe gelegener Ventrikelwunde.

Verletzungen größerer Kranzgefäße können bei glatten Verletzungsrändern durch mehrere doppelt nadelarmierte Nähte mit Polypropylenfäden der Stärke 5-0 adaptiert werden, wobei der Stich immer vom Lumen nach außen zu erfolgen hat.

Der Vorgang wird erleichtert, wenn das Kranzgefäß proximal mit einer Naht unterstochen wird. Durch Anspannen dieser Naht wird die Verletzungsstelle blutrocken und kann ruhig gehalten werden. Im allgemeinen erfordern Verletzungen größerer Kranzgefäße die Korrektur mit aortokoronarem Venenbypass, wofür der Patient nach Versorgung der Herzwunde und Ligatur der verletzten Arterie so schnell wie möglich in eine herzchirurgische Abteilung verlegt werden muß. Der Thorax wird hierzu nur provisorisch verschlossen. Verletzte Koronarvenen (Austreten von dunklem Blut) können ohne Bedenken ligiert werden (keine Umstechungen wegen des Risikos, begleitende unverletzte Kranzarterien zu unterbinden).

Bei penetrierenden Verletzungen muß an die Möglichkeit der Verletzung von Binnenstrukturen und besonders einer Herzwandverletzung an der Austrittsstelle gedacht werden. Diese ist aufzusuchen oder auszuschließen. Sie liegt meist an der Hinterwand.

Beachte:

Ihre Einstellung und Versorgung macht eine Herzluxation notwendig, die nur für kurze Zeit toleriert wird (RR-Abfall, Anstieg der ZVD, Bradykardie, Flimmerbereitschaft!). Die Versorgung der Wunde muß dann unter mehrmaliger kurzzeitiger Luxation erfolgen.

Wenn während der Versorgung einer Herzwunde Kammerflimmern einsetzt, wird zunächst die Herzwunde durch Fingertamponade weitgehend verschlossen, mit der anderen Hand (oder durch den 1. Assistenten) das Herz massiert und in Massagepausen von wenigen Sekunden Dauer die Herzwunde schrittweise vernäht. Nach weiterer Massage erfolgt erst dann die Defibrillation.

Nach Beendigung der Versorgung der Herzwunde wird der Herzbeutel mit physiologischer Kochsalzlösung gespült, eine Drainage für 1 bis 2 Tage eingelegt; der Herzbeutel wird locker mit Einzelnähten adaptiert. Der Verschuß der Operationswunde erfolgt in üblicher Weise. Eine Wundstarrkrampfprophylaxe hat bei offenen Herzverletzungen zu erfolgen.

Weiterführende Literatur

1. Besson, A., F. Saegesser: Color Atlas of Chest Trauma. Wolfe Medical Publications, London 1982
2. Borlase, B. C., R. K. Metcalf, E. E. Moore, F. D. Manart: Penetrating wounds to the anterior chest. *Amer. J. Surg.* 152 (1986) 649
3. Derra, E., H. Franke: Chirurgie des Herzens und seiner Gefäße. In: Breitner, B.: Chirurgische Operationslehre, Bd. III, hrsg. v. Gschntzer, F., E. Kern, L. Schweiberer. Urban & Schwarzenberg 1983
4. Felliciano, D. V., C. G. Bitondo, P. A. Cruse, K. L. Mattox, J. M. Burch, A. C. Beall jr., G. L. Jordan jr.: Liberal use of emergency center thoracotomy. *Amer. J. Surg.* 152 (1986) 654
5. Ivatury, R. R., M. N. Nallathambi, W. M. Stahl, M. Rohman: Penetrating cardiac trauma. *Ann. Surg.* 205 (1987) 61
6. Schildberg, F. W., W. J. Stelter: Die Verletzungen des Herzens: In: Kirschner, M.: Allgemeine und spezielle Operationslehre, Bd. VI/Teil 2, hrsg. von Borst, H. G., W. Klinger, A. Senning. Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1978
7. Sunder-Plassmann, L., R. Brandl, G. Heberer: Penetrierendes und perforierendes Thoraxtrauma. *Chirurg* 57 (1986) 668
8. Tavares, S., J. R. Hankins, A. L. Moulton: Management of penetrating cardiac injuries: The role of emergency room thoracotomy. *Ann. thorac. Surg.* 38 (1984) 183

Verletzungen der thorakalen Aorta

Vorbemerkung

Verletzungen der großen thorakalen Gefäße kommen überwiegend als Folge stumpfer Thoraxtraumen vor. Besonders prädestiniert das Dezelerationstrauma (Auffahrunfall, Sturz aus größerer Höhe) zum Einriß der Aorta am Übergang vom Bogen in die Pars thoracalis descendens.

Verletzungen vom Intimaeinriß bis zur kompletten Ruptur kommen in allen Bereichen der Aorta thoracalis vor. Die partielle oder komplette Ruptur im isthmischen Bereich ist aber aufgrund der anatomischen Gegebenheiten (Übergang vom eher frei beweglichen Bogen in die prävertebrally fixierte Pars descendens) die thorakale Gefäßverletzungsform, mit der der Chirurg bei weitem am häufigsten konfrontiert wird.

Venenverletzungen durch stumpfe Traumen sind extrem selten; Abrisse der V. cava inferior im Zwerchfellschlitz kommen vor, sind aber im allgemeinen tödlich, bevor der Verletzte das Krankenhaus erreicht. Nur im Einzelfall ermöglicht ein verzögerter Verlauf den Versuch, diese Verletzung zu versorgen.

Auch können anhaltende und massive Blutungen aus verletzten Interkostalgefäßen die operative Versorgung durch Thorakotomie erforderlich machen. Gleiches gilt für Blutungen aus der A. mammaria interna als Begleitverletzung bei Rippen- und Sternumfrakturen.

Bei schweren Thorax-Schultertraumen kann es auch – sehr selten – zu Ein- und Ausrissen des Abganges der sogenannten supraaortalen Arterien kommen.

Aortenruptur

Die komplette Aortenruptur ist ein in über 80% der Fälle unmittelbar tödliches Ereignis. Ist die Wandruptur zunächst inkomplett und hat sie keine Verbindung zur Pleurahöhle, so entwickelt sich ein pulsierendes, von Adventitia, mediastinaler Pleura und mediastinalem Gewebe gedecktes Hämatom, das nach Stunden, Tagen oder Wochen zur foudroyant tödlich verlaufenden Sekundärruptur führt. Nur sehr selten kapselt sich dieses Hämatom nach Art eines Pseudoaneurysmas ab und vergrößert sich meist asymptomatisch im Laufe von Jahren.

Cave

Es besteht stets die Gefahr einer Sekundärruptur. Dieser können lokale Kompressionssymptome oder Verdrängungserscheinungen (Ösophagus, Trachea, linker Hauptbronchus, N. recurrens) oder intermittierende Hämoptoe vorausgehen.

Operatives Vorgehen bei der frischen Aortenruptur

Grundsätzlich stellt, da die Sekundärruptur jederzeit droht, die frische gedeckte Aortenruptur eine absolute Operationsindikation dar. Diese gilt ohne Einschränkung für die isolierte Ruptur bei rein thorakaler Verletzung. Da infolge der Schwere des Traumas häufig Mehrfachverletzungen (Mitbeteiligung der Bauchorgane und des Schädels) vorliegen, sollte als Regel gelten, daß intrakranielle Blutungen und Blutungen in die Bauchhöhle vorrangig zu behandeln sind. Ebenso stellen respiratorische Insuffizienz, instabiler Kreislauf, renale Störungen und ein schweres, operativ nicht behandelbares Schädelhirntrauma Gegebenheiten dar, die zunächst durch intensivmedizinische Bemühungen zu behandeln sind. Die Stabilisierung der vitalen Funktionen muß abgewartet werden. Für die Diagnostik ist die Aortographie nach Seldinger die aussagekräftigste Technik, die der Computertomographie, auch mit Kontrastmittelbolus, überlegen ist.

Beachte:

Im Akutfall ist die Thorakotomie ohne weitere Diagnostik indiziert und zu rechtfertigen, auch wenn sich im Einzelfall die Vermutungsdiagnose dann nicht bestätigt.

Für die Operation ist die Bereitstellung eines Zellsavers zweckmäßig, aber nicht Voraussetzung.

In Rechtsseitenlage wird eine linksseitige Thorakotomie im 4. ICR, von parasternal bis etwa handbreit vor der Wirbelsäule vorgenommen; der Zugang zur thorakalen Aorta wird durch Doppellumentubus mit Möglichkeit zur Ausschaltung der linken Lunge wesentlich erleichtert.

Die kollabierte linke Lunge wird mit biegbaren gazeüberzogenen Spateln nach kaudal und rechts abgedrängt, wobei Spateldruck auf das Herz vermieden werden muß (Abb. 5-58). Bei der frischen Aortenruptur ist, auch ohne sichtbare Perforation des Hämatoms, meist etwas blutiges Exsudat in der linken Pleurahöhle. Das Hämatom im isthmischen Bereich ist als Vorwölbung des blutig imbibrierten hinteren oberen Mediastinums erkennbar. Zunächst erfolgt die Unterfahung und Anschlingung der Aorta descendens distal des Hämatoms mit einem Teflonbändchen (Abb. 5-59). Proximal des Hämatoms wird in der Pleurakuppel die leicht erkennbare A. subclavia sinistra nach Spaltung der Pleura unterfahren und angeschlungen (Abb. 5-60a und b).

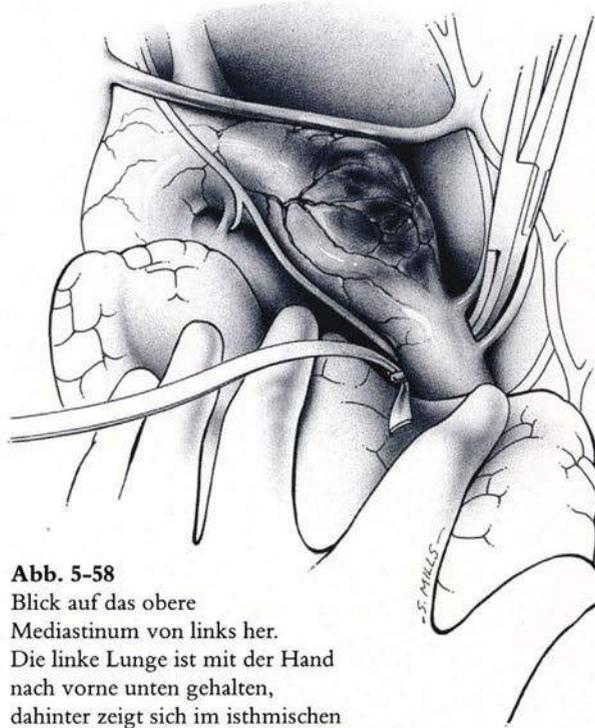


Abb. 5-58
Blick auf das obere Mediastinum von links her. Die linke Lunge ist mit der Hand nach vorne unten gehalten, dahinter zeigt sich im isthmischen Bereich die kolbige, durch subpleurales Hämatom bedingte Auftreibung der Aorta.

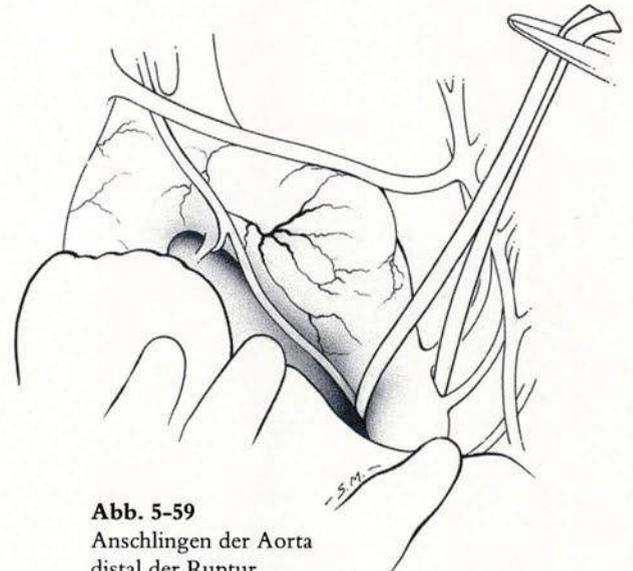


Abb. 5-59
Anschlingen der Aorta distal der Ruptur.

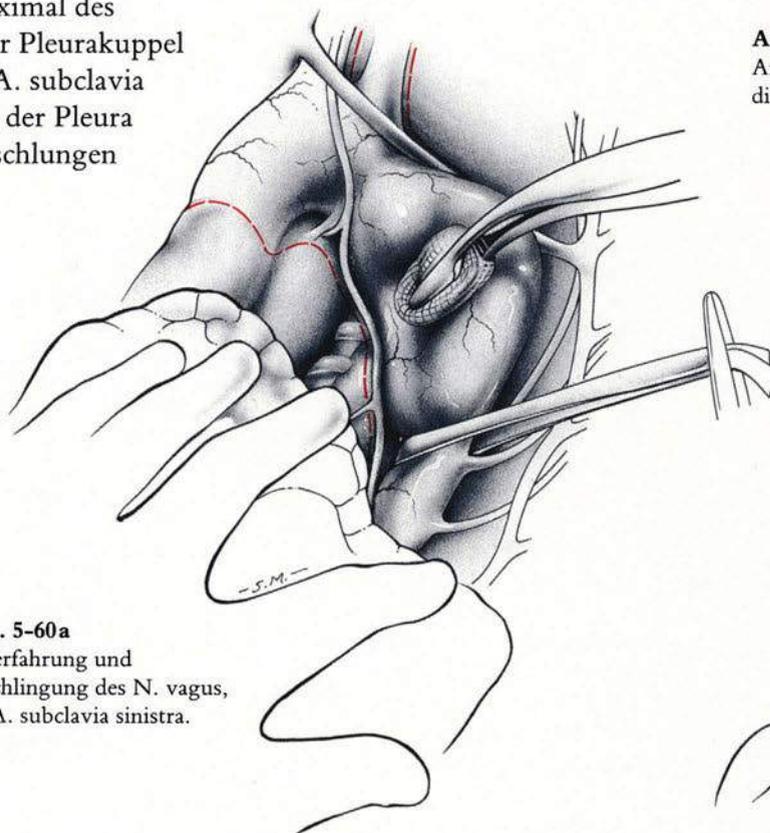


Abb. 5-60a
Unterfahung und Anschlingung des N. vagus, der A. subclavia sinistra.

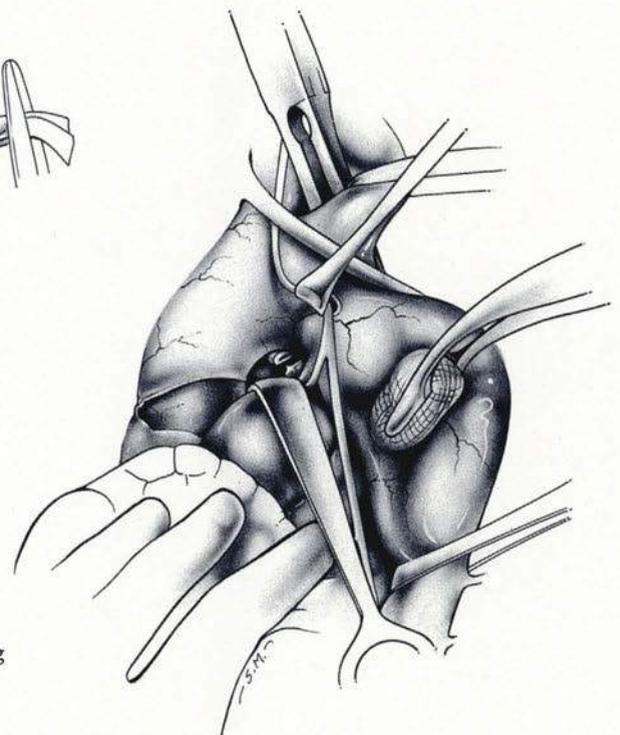


Abb. 5-60b Unterfahung und Anschlingung des Aortenbogens.

Die proximale Freilegung ist, besonders bei der frischen Ruptur, schwierig.

Cave

Ein Einreißen des Hämatoms ist unbedingt zu vermeiden.

Erschwerend kommt hinzu, daß durch den Druck des Hämatoms der Aortenbogen nach rechts, also vom Zugang her, in die Tiefe verlagert wird. Durch Einführung und Aufblähen eines Foley-Katheters über die linke A. subclavia in die Aorta (Saegesser) kann dieses Einreißen des Hämatoms in seiner Auswirkung auf den Blutverlust gemildert werden, allerdings wird dadurch die Aortenokklusionszeit deutlich verlängert.

Dann wird der entfernt vom Hämatom verlaufende linke N. phrenicus isoliert und angeschlungen, damit er nicht versehentlich beim Setzen der proximalen Aortenklemme mitgefaßt wird.

Nun wird die Pleura mediastinalis entlang der proximalen A. subclavia sinistra gegen den Aortenbogen hin inzidiert. Medial und ventral der A. subclavia, den Aortenbogen vorne überkreuzend, verläuft der linke N. vagus unmittelbar subpleural. Er wird in diesem Abschnitt isoliert und mit einem Gummizügel angeschlungen. Eine zumeist vorhandene V. hemiazygos, die am oberen Rand das Hämatom subpleural kreuzt, wird zwischen Ligaturen durchtrennt. Nun wird der Abgang der linken A. carotis dargestellt und der Aortenbogen zwischen ihm und dem Abgang der linken A. subclavia stumpf mit Präparierklemme und Finger vorne und hinten vom mediastinalen Gewebe befreit.

Besonders in der Konkavität des Aortenbogens, an der Umschlagsfalte des Perikards, ergeben sich hier Schwierigkeiten. Die Präparation kann erleichtert werden, wenn man sich vom Lungenhilus her, also von kaudal, dem Aortenbogen nähert, wobei die Eröffnung des Perikardrezessus hilfreich sein kann. In diesem Falle muß die von oben eingeführte Klemme die hintere Perikardumschlagsfalte durchstoßen. Mit einem Teflonband wird die Aorta nun im Bogen zwischen

A. carotis sinistra und der linken A. subclavia angeschlungen.

Bei weit nach rechts reichendem, großem Hämatom kann die Umschlingung des Aortenbogens schwierig sein. In einem solchen Fall genügt die Befreiung der Vorder- und Hinterwand des Aortenbogens durch stumpfe Dissektion, die die Platzierung einer Klemme, die den Aortenbogen faßt, auch ohne Anschlingung erlaubt.

Nun folgt die Ausklemmung des Aortenabschnitts (Abb. 5-61). Zunächst wird die A. subclavia sinistra mit einer Bulldog-Klemme verschlossen. Hierauf wird in Absprache mit dem Anästhesisten die proximale Aortenklemme – eine kräftige, leicht gebogene Gefäßklemme – langsam geschlossen. Ein

eventuell hoher proximaler Blutdruck soll durch Vasodilantien verhindert werden. Dann erst wird die Aorta descendens möglichst nahe am Hämatomrand abgeklemmt.

Nun erfolgt die Spaltung der Pleura mediastinalis über dem Hämatom in Verlaufsrichtung der Aorta.

Die Eröffnung des Hämatoms erfolgt in Längsrichtung, unter Druck austretendes Blut (aus Interkostalarterien) wird abgesaugt. Stärker blutende Interkostalostien werden umstochen. Die Rupturränder werden inspiziert. Bei der frischen Ruptur ist im allgemeinen eine direkte Naht möglich, was bei inkompletter konkavseitiger Ruptur durch zunächst vollständige Durchtrennung der noch intakten Wandanteile erleichtert wird (Abb. 5-62).

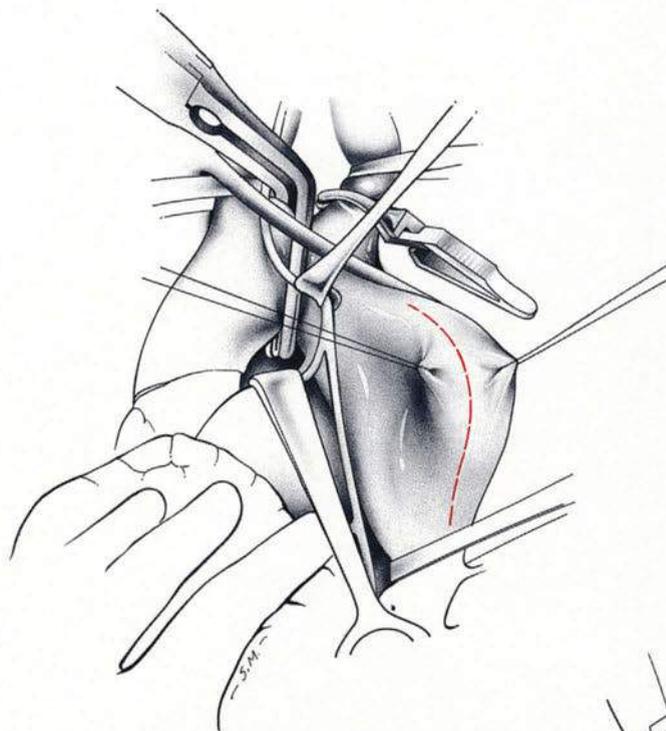


Abb. 5-61 Abklemmen von A. subclavia sinistra, Aortenbogen und zuletzt der descendierenden Aorta. Inzision der Pleura mediastinalis über der Ruptur.

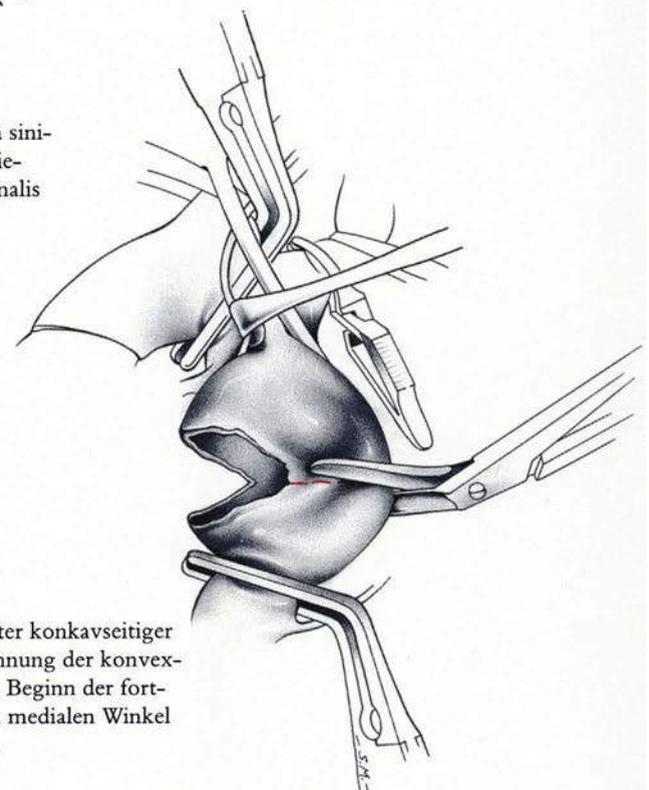


Abb. 5-62 Bei inkompletter konkavseitiger Ruptur: zunächst Durchtrennung der konvexseitigen Wandbrücke. Dann Beginn der fortlaufenden direkten Naht im medialen Winkel (siehe Abb. 5-63 und 5-64).

Wenn es die Länge des proximalen Aortenstumpfes erlaubt, sollte eine Aortenklemme distal der A. subclavia gesetzt werden, um die A. subclavia sinistra freigeben zu können. Dieses Manöver ist aber nur gerechtfertigt, wenn dann genügend Aortenwand für die Naht proximal zur Verfügung steht.

Die Naht (doppelt armierte Polypropylenfäden der Stärke 3-0) erfolgt fortlaufend überwendlich, in der Konkavität beginnend, wobei die Assistenz durch Zug an den Aortenklammern die Aortenstümpfe einander nähert (Abb. 5-63). Die Naht wird zunächst ohne Verknotung locker bis zur Konkavität an der Hinterwand vorgelegt (Abb. 5-64), dann langsam angespannt, und es erfolgt dann die Fortsetzung der Naht an der Vorderwand, ebenfalls von der Konkavität beginnend. In der Mitte der Vorderwand begegnen sich die beiden Nahtenden und werden verknotet (Abb. 5-65). Da die Adventitia infolge des Hämatoms weit abgehoben ist, steht sie zur Nahtverstärkung kaum zur Verfügung.

Cave

Bei den ersten Stichen in der Konkavität (an der Stelle des Lig. Botalli) nicht den N. recurrens mitfassen.

Die Assistenz muß während des Anspannens der Naht und bis zur Aortenfreigabe die Aortenstümpfe durch Zug an den Klammern angenähert halten.

Nach Beendigung der Naht wird zunächst die distale Klemme abgenommen. Erweist sich die Naht als weitgehend dicht, wird, nach Absprache mit dem Anästhesisten, die proximale Aortenklemme langsam geöffnet, wobei ein zu starker Druckabfall vermieden werden soll; eine Entlüftung vor Klemmenabnahme ist nicht erforderlich.

Noch bestehende Blutungen aus Stichkanälen werden durch Wattekompression versorgt.

Beachte:

Eine zusätzliche Naht am gespannten Aortenrohr sollte tunlichst vermieden werden.

Durch Nahtadaptation der Ränder der Pleura mediastinalis wird die Aortennaht zusätzlich gedeckt.

Lassen sich die Aortenstümpfe wegen zu großer Distanz nicht direkt vereinigen, so muß eine Dacronprothese zwischengeschaltet werden (siehe Abschnitt „Operatives Vorgehen beim posttraumatischen Aortenaneurysma“).

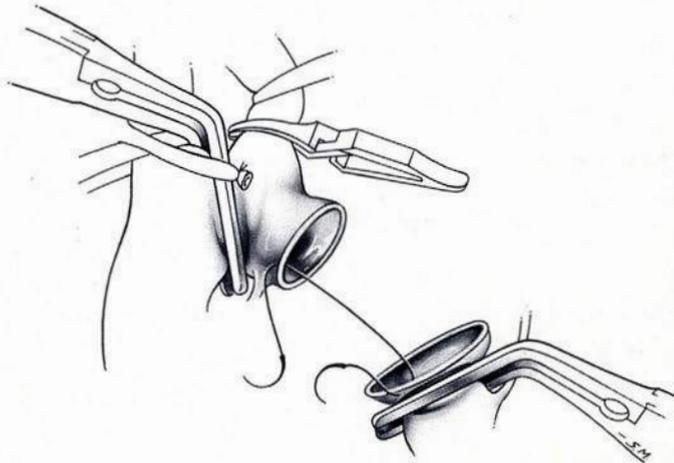


Abb. 5-63 Bei langem proximalen Stumpf wird eine Aortenklemme distal des Abgangs der A. subclavia sinistra gesetzt und die proximale Aortenklemme sowie die Klemme der A. subclavia sinistra abgenommen. Nach Glätten des Rupturrandes Beginn der Hinterwandnaht medial.

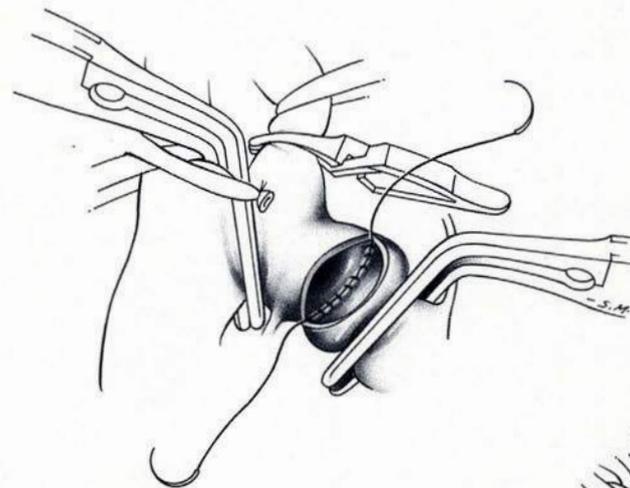


Abb. 5-64 Direkte Naht der Hinterwand beendet.

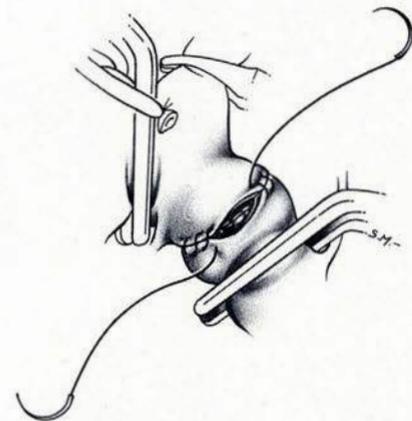


Abb. 5-65 Naht der Vorderwand fast beendet.

Operatives Vorgehen beim posttraumatischem Aortenaneurysma

Die Vorgangsweise gleicht prinzipiell jener bei der frischen Ruptur. Die Aortenanschlingung bereitet weniger Schwierigkeiten, weil eine Ruptur des Aneurysmas durch Zug oder Druck kaum droht. Vorher müssen meist vorhandene Adhäsionen der Lunge am Aneurysma scharf gelöst werden.

Im Unterschied zur frischen Ruptur ist eine Direktvereinigung der Aortenstümpfe im allgemeinen nicht möglich. Nach Längseröffnung des Aneurysmasackes (Abb. 5-66) sind der proximale und der distale Aortenstumpf gut erkennbar (Abb. 5-67). Zwischen beiden wird, an der proximalen Hinterwand medial beginnend, eine Dacron-Velour-Prothese entsprechenden Lumens interponiert. Nach Beendigung der proximalen Naht, die alle Aortenwandschichten gut faßt (Abb. 5-67), wird die Prothese gestreckt, in passender Höhe durchtrennt und dann die untere Anastomose in entsprechender Weise ausgeführt. Vom Aneurysmasack ausgehende Interkostalararterienabgänge werden vorher umstochen. Nach Freigabe des Blutstroms und zunächst diffuser Blutung aus der Prothese (Kompression mit Tüchern!) wird der Sack des Pseudoaneurysmas über der Prothese durch fortlaufende Naht verschlossen (Abb. 5-68).

Gewebte Dacronprothesen, die primär dicht sind, sollten aufgrund der schlechteren Spätresultate bei den zumeist jüngeren Patienten nicht verwendet werden.

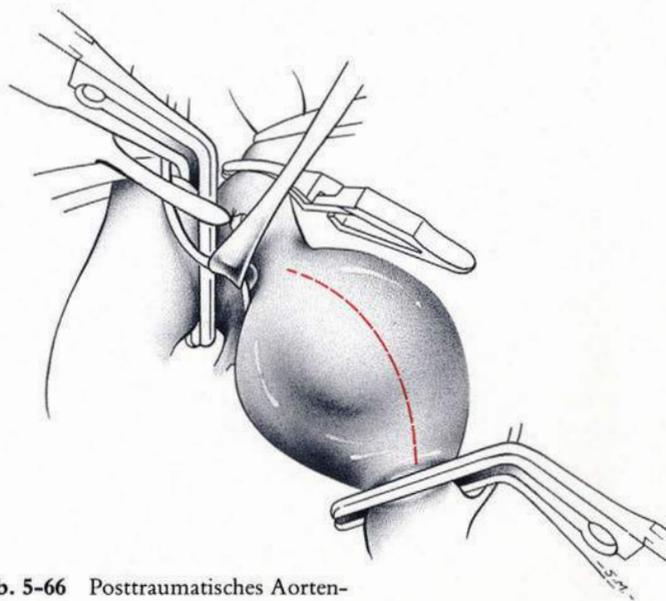


Abb. 5-66 Posttraumatisches Aortenaneurysma. Inzision der Aneurysmavorderwand strichliert.

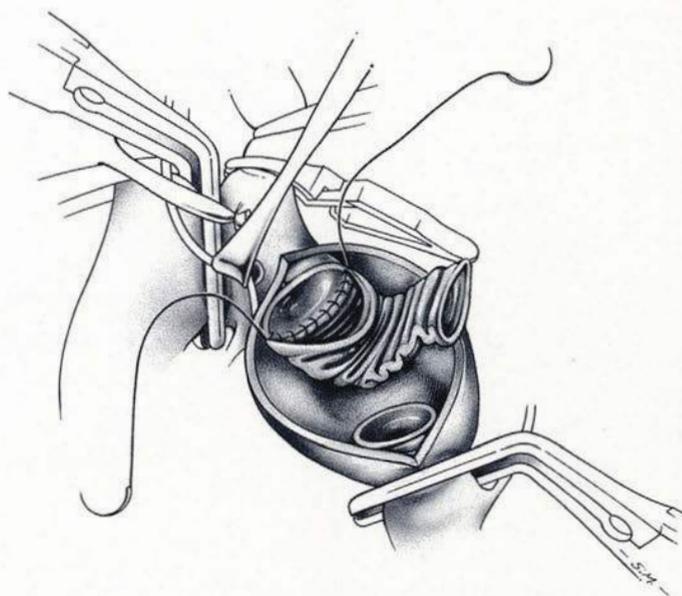


Abb. 5-67 Aneurysmasack eröffnet, die beiden Aortenstümpfe ragen ins Aneurysma hinein. Die Dacronprothese wird proximal anastomosiert.

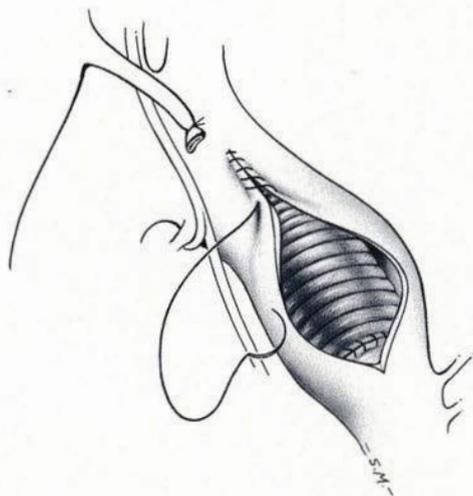


Abb. 5-68 Nach Beendigung der Protheseninterposition wird der Aneurysmasack über der Prothese fortlaufend vernäht.

Aortenabklemmung oder temporärer Shunt?

Nach Aortenabklemmung im thorakalen Bereich kommt es infolge Rückenmarksischämie in 3 bis 5% der Fälle zur dann irreversiblen Querschnittslähmung. Diese tritt aber in gleicher Frequenz auch dann auf, wenn ein temporärer externer Shunt (Aorta ascendens – Aorta thoracalis descendens), ein temporärer interner Shunt, der neben der Schwierigkeit der Insertion auch für die Korrektur äußerst hinderlich ist, oder ein atrio- oder ventrikuloiliakaler Pumpbypass mit oder ohne Zwischenschaltung eines Oxygenators angelegt wird. Zudem erschwert eine dann erforderliche Heparinisierung die Blutabdichtung einer Prothese bzw. fördert sie auch Blutungskomplikationen in anderen Körperregionen der meist mehrfach verletzten Patienten.

Die einfache Aortenabklemmung ohne Heparinisierung ist somit als die Methode der Wahl anzusehen, wobei durch Vermeidung allzu großer Blutdruckschwankungen das Risiko der Rückenmarksschädigung minimal gehalten werden kann.

Beendigung der Operation

Nach exakter Blutstillung durch Tamponade mit feuchten Kompressen wird das Operationsgebiet nochmals revidiert. Eine Büllau-Drainage wird in typischer Weise angelegt, die linke Lunge wieder belüftet.

Der Thorax wird in üblicher Weise verschlossen, eventuell vorhandene Rippenserienfrakturen stabilisiert.

Nach Beendigung der Operation sollten die Beinpulse kontrolliert werden, um einen eventuell schon präoperativ oder intraoperativ erfolgten embolischen Verschuß zu erkennen. Wegen des erhöhten Risikos thorakaler Nachblutungen ist eine entsprechende Überwachung, gegebenenfalls eine frühzeitige Rethorakotomie, erforderlich.

Weiterführende Literatur

1. Akins, C. W., M. J. Buckley, W. Daggett, J. B. McIllduff, W. G. Austen: Acute traumatic disruption of the thoracic aorta: A ten year experience. *Ann. thorac. Surg.* 31 (1981) 305
2. Besson, A., F. Saegesser: *A Colour Atlas of Chest Trauma*. Wolfe Medical Publications, London 1982
3. Dragojevic, D., R. Hetzer, H. Oelert, H. G. Borst: Surgery for traumatic rupture of the thoracic aorta. *J. thorac. cardiovasc. Surg.* 28 (1980) 436
4. Dubost, Ch., D. Guilmet, R. Soyler: Die Aneurysmen der thorakalen Aorta. In: Derra, E., W. Bircks (Hrsg.): *Handbuch der Thoraxchirurgie, Ergänzungswerk Herzchirurgie*. Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1976
5. Smith, R. St., F. C. Chang: Traumatic rupture of the aorta: Still a lethal injury. *Amer. J. Surg.* 152 (1986) 660
6. Stelter, W. J., G. Heberer: Aneurysmen und Rupturen der thorakalen Aorta. In: Kirschner, M.: *Allgemeine und spezielle Operationslehre*, 11. Band: *Gefäßchirurgie*, hrsg. von Heberer, G., R. J. A. M. van Dongen. Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1987
7. Stelter, W. J., H. M. Becker, G. Heberer: Rupturen und traumatische Aneurysmen der Aorta. *Chirurg* 54 (1983) 135
8. Williams, T. E., J. S. Vasko, G. S. Kakos, S. M. Cattaneo, C. V. Meckstroth, J. W. Kilman: Treatment of acute and chronic traumatic rupture of the descending aorta. *World J. Surg.* 4 (1980) 545

Entfernung embolisierter Fremdkörper aus dem Herzen und den herznahen Gefäßabschnitten

F. Gschnitzer

Vorbemerkung

Die Entwicklung transkutan zumeist über die V. jugularis interna einführbarer Zangen und Schlingenkatheter hat operative Maßnahmen zur Entfernung embolisch verschleppter Katheterstücke oder von Stücken von Infusionskathetern zumeist dann unnötig gemacht, wenn diese embolisierten Fremdkörper röntgenschattegebend, somit lokalisierbar und einem derartigen Extraktionsversuch zugänglich sind.

Ist dies nicht der Fall (z. B. Teile nicht-schattengebender Polyvinyl-Katheter), so ist bei entsprechender Größe des Fremdkörpers die operative Entfernung angezeigt. Ein Versuch der präoperativen Lokalisation durch Kontrastmittel-Kardangiographie (rechte Herzhöhlen, zentrale Pulmonalarterienabschnitte) ist jedenfalls indiziert.

Operatives Vorgehen

Operativer Zugang ist die mediane totale Sternotomie. Nach medianer Längsspaltung des Perikards wird durch Palpation zwischen Daumen und Zeigefinger der intraperikardiale Abschnitt der oberen Hohlvene exploriert. Hier lassen sich auch dünne Katheter gut tasten und ohne Okklusion der Hohlvene festhalten. Auch im Bereich des rechten Vorhofes befindliche Fremdkörper können im allgemeinen durch die Wand getastet und eventuell mit einer weichen Klemme unter Mitfassen der Vorhofwand fixiert werden. Gleiches gilt für den Stamm der A. pulmonalis und den intraperikardialen Teil der linken A. pulmonalis.

Lokalisierte und festgehaltene Fremdkörper in der oberen Hohlvene und im rechten Vorhof werden durch Einführen einer Overholt-Klemme über die inzidierte Spitze des rechten Herzohrs, das durch eine Tabaksbeutelnaht mit Tourniquet gesichert werden kann, unter Fingerkontrolle von außen gefaßt und extrahiert. Der Blutverlust ist minimal, das Herzohr wird ligiert.

Fremdkörper, die in den zentralen Teilen der Lungenschlagader liegen, können auf ähnliche Weise von einer Stichinzision an der Vorderwand des rechtsventrikulären Ausflußtraktes mit einer dort eingeführten schlanken Klemme gefaßt und extrahiert werden. Nach der Extraktion wird die kleine Ventrikelwunde mit dem Zeigefinger komprimiert und durch eine darunter von der Assistenz gestochene Einzel- oder U-Naht verschlossen.

Für die Exploration des rechten Ventrikels wird nach Anlegen einer Tabaksbeutelnaht an der Basis des rechten Herzohrs und Inzision bzw. Abtragen der Herzohrspitze der linke Zeigefinger in den rechten Vorhof eingeführt und hierauf der Ventrikel ausgetastet. Kann der Fremdkörper dort lokalisiert werden, so wird bei liegendem Finger nach Lockerung der Tabaksbeutelnaht mit einer

Overholt-Klemme dem Finger entlang in den Ventrikel eingegangen, der Fremdkörper gefaßt und extrahiert.

Bei sperrigen Fremdkörpern, z. B. embolisch verschleppten Projektilen, kann der Vorgang durch Einflußsperre erleichtert werden. Beide Hohlvenen werden intraperikardial angeschlungen und abgeklemmt oder mit Tourniquet gedrosselt. Nach einigen Schlägen ist das Herz weitgehend blutleer. Zwischen zwei vorher gelegten Haltefäden wird die Vorhofvorderwand mehrere Zentimeter längs inzidiert, nach Absaugen des Blutes der Fremdkörper mit Langenbeck-Haken eingestellt und extrahiert. Mit physiologischer, körperwarmer Kochsalzlösung werden die rechten Herzhöhlen und die Perikardhöhle aufgefüllt. Durch Kompression und Blähen der Lungen wird restliche Luft aus der Pulmonalis durch die Vorhofinzision ausgepreßt. Die Vorhofinzision wird nach Hochziehen der Haltenähte mit einer Satinsky-Klemme verschlossen und die Zirkulation durch Freigabe der Hohlvenen wiederhergestellt. Das gesamte Manöver dauert 1 bis 2 Minuten. Nun wird die Vorhofinzision über der liegenden Klemme durch fortlaufende überwendliche Polypropylen-Naht der Stärke 3-0 verschlossen. Stichkanalblutungen werden nach Abnehmen der Klemme durch aufgelegte Watteflecken gestillt, längere Zeit anhaltende Blutungen durch Einzelnähte abgedichtet.

Diese Vorgangsweise, jedoch mit Längsinzision der Vorderwand der Pulmonalarterie, eignet sich auch für die Extraktion von Fremdkörpern aus den Lungenhili, wobei durch gleichzeitiges Überblähen der Lunge die Fremdkörper der eingeführten Faßzange oder dem Sauger entgegengedrückt werden.

Nach der Fremdkörperextraktion wird der Herzbeutel mit Kochsalzlösung aufgefüllt und vor Anlegen der die Inzision ausklemmenden

Satinsky-Klemme restliche Luft aus den Herzhöhlen und der Pulmonalis ausgepreßt.

Eine Herzbeuteldrainage mit Ausleitung im Epigastrium wird für 24 Stunden eingelegt, der Herzbeutel durch Einzelnähte locker verschlossen.

Ein Substernaldrain wird ebenfalls epigastrisch ausgeleitet. Sternotomieverschluß in üblicher Weise.

Sollte eine unbeabsichtigte Pleuraeröffnung erfolgt sein, wird nach Absaugen von dort angesammeltem Blut oder Kochsalzlösung eine typische Pleuradrainage im Sinus in der mittleren Axillarlinie angelegt. Pleuraverletzungen bei der Sternotomie lassen sich kaum luftdicht verschließen, der Versuch einer Naht ist nur bei kleineren Verletzungen angezeigt.

Weiterführende Literatur

1. Barrett, N. R.: Foreign bodies in the cardiovascular system. *Brit. J. Surg.* 37 (1960) 416
2. Baumgartl, F.: Traumatische Schäden des Herzens und seines Beutels. In: Derra, E., W. Bircks (Hrsg.): *Handbuch der Thoraxchirurgie, Ergänzungswerk: Herzchirurgie.* Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1976
3. Bland, E. F., G. W. Beebe: Missiles in the heart. *New Engl. J. Med.* 274 (1966) 1039
4. Decker, H. R.: Foreign bodies in the heart and pericardium. Should they be removed? *J. thorac. Surg.* 9 (1939) 62
5. Doering, R. B., E. A. Stemmer, J. E. Connolly: Complications of indwelling venous catheters, with particular reference to catheter embolus. *Amer. J. Surg.* 114 (1967) 259
6. Graham, J. M., K. L. Mattox: Right ventricular bullet embolectomy without cardiopulmonary bypass. *J. thorac. cardiovasc. Surg.* 82 (1981) 310
7. Harken, D. E.: Foreign bodies in and in relation to the thoracic blood vessels and heart. *Surg. Gynec. Obstet.* 83 (1946) 117
8. Irmer, W.: Entfernung eines embolisch von der linken Cubitalvene eingeschwemmten Polyäthylenkatheters aus dem Pulmonalstamm. *Zbl. Chir.* 89 (1964) 1078
9. Mattox, K. L., A. C. Beall jr., C. L. Ennix, et al.: Intravascular migratory bullets. *Amer. J. Surg.* 137 (1979) 192
10. Morton, J. R., F. J. Revil, N. R. Arbegast, et al.: Bullet embolus to the right ventricle. *Amer. J. Surg.* 122 (1971) 584
11. Symbas, P. N., N. Harlaftis: Bullet emboli in the pulmonary systemic arteries. *Ann. Surg.* 185 (1977) 318
12. Taylor, F. W., C. E. Rutherford: Accidental loss of plastic tube into venous system. *Arch. Surg.* 86 (1963) 177

6 Operative Korrektur der Trichterbrust

G. Menardi und P. Wilflingseder

Trichterbrustoperation nach Rehbein

G. Menardi

Indikation	235
Vorbedingungen	235
<i>Chirurgisches Instrumentarium und Material</i>	235
<i>Lagerung des Patienten und Vorbereitung des Operationsfeldes</i>	235
Operatives Vorgehen	236
<i>Schnittführung</i>	236
<i>Operationstechnik</i>	236
<i>Komplikationen</i>	239
<i>Entfernung der Metallteile</i>	239
Weiterführende Literatur	239

Korrektur der Trichterbrust durch Kunststoffimplantate

P. Wilflingseder

Vorbemerkung	240
Indikation	240
Operatives Vorgehen	240
<i>Chirurgisches Instrumentarium und Materialien</i>	240
<i>Operationstechnik</i>	241
<i>Probleme und Komplikationen</i>	243
Weiterführende Literatur	243

Trichterbrust- operation nach Rehbein

G. Menardi

Indikation

Eine faßbare Beeinträchtigung der Herz- und Lungenfunktion ist in den allermeisten Fällen einer Trichterbrust nicht gegeben, jedoch ist die Verbesserung des kosmetischen Eindruckes für Kinder und Jugendliche oft so wichtig, daß dies allein als Indikation ausreichend ist.

Die verschiedenen Formen der Trichterbildung der vorderen Thoraxwand sind nicht mit gleich guten Ergebnissen zu operieren. Tiefe und asymmetrische Trichter lassen sich gut beheben, nicht jedoch breite, flache Trichter, deren Grenzen über die Mamillarlinie hinausreichen. Diese Fälle sollte man von operativen Korrekturen ausschließen. Die zu dieser Mißbildung gehörenden wulstförmigen Deformierungen der unteren Thoraxapertur können nur wenig beeinflußt werden.

Über das optimale Alter für die Operation gehen die Meinungen stark auseinander. Als Richtlinie kann unserer Meinung nach gelten, daß nicht vor dem 5. Lebensjahr und nicht in der Zeit des stärksten Wachstumsschubes zwischen 10. und 12. Lebensjahr operiert werden sollte.

Eine Trichterbrustoperation nach Rehbein mit Schienenstabilisierung der Thoraxwand verlangt immer eine Zweitoperation zur Entfernung des Fremdmaterials nach 2 bis 3 Jahren.

Vorbedingungen

Der Eingriff wird in Intubationsanästhesie vorgenommen. Da die Operation 3 bis 4 Stunden dauert, ist bei Kindern die Verwendung eines Heitzisches zu empfehlen. Da der Blutverlust recht beträchtlich sein

kann, sind ein ausreichender venöser Zugang und ausgekreuzte Blutkonserven wichtig. Ein postoperatives Thorax-Röntgenbild noch auf dem Operationstisch ist Bedingung, da es bei der Mobilisation des Sternums zu einem – manchmal auch doppelseitigen – Pneumothorax kommen kann.

Chirurgisches Instrumentarium und Material

- Skalpell mit normaler Klinge,
- gebogene und gerade Schere, Lexer- und Präparierschere,
- chirurgische Pinzetten,
- Zweizinker, Hauthaken, Fensterhaken, Langenbeck-Haken,
- große und kleine Hohlmeißelzange,
- breites und schmales Raspatorium,
- großer Einzinker,
- Lexermeißel, Hammer, Seitenschneider,
- Sauger, Diathermiemesser,
- 2 Redon-Saugdrainagen.
- Resorbierbares Nahtmaterial Stärke 3–0 (Muskulatur),
- resorbierbares Nahtmaterial Stärke 4–0 (Subkutis),
- nicht resorbierbares Hautnahtmaterial.
- 6 Paar Rehbein-Schienen (aus 6 Größen wählbar) (Hersteller: Medizinische Technik, Sonneberger Straße 18, D-2800 Bremen 41),
- Sternum-Bänder aus Metall nach Parham, Umführungsinstrument, Spann-Instrument nach Parham (Hersteller: Heinrich C. Ulrich, PF 595, D-7900 Ulm/Donau).

Lagerung des Patienten und Vorbereitung des Operationsfeldes

Der Patient liegt auf dem Rücken, Blutdruckmanschette und Infusionsleitung an beiden Armen. EKG-Klebelektroden können nur seitlich am Thorax und am Rücken angelegt werden, auch das Stethoskop wird am Rücken befestigt.

Der gesamte vordere Thorax und das Abdomen werden gewaschen und mit Klebefolie abgedeckt.

Operatives Vorgehen

Schnittführung

Es bieten sich 2 Möglichkeiten an (Abb. 6-1):

- der Längsschnitt vom Manubrium sterni bis zur Oberbauchmitte und
- der wellenförmige Querschnitt, der bei Mädchen später in der Submammärfalte liegen soll.

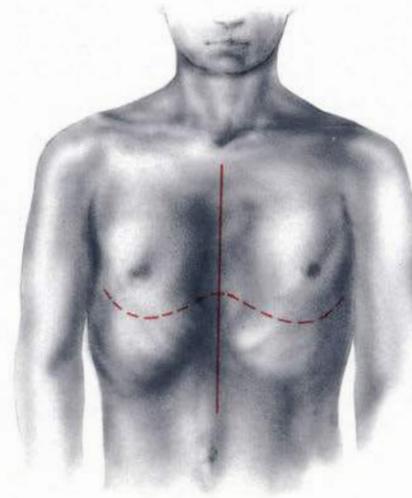


Abb. 6-1 Mögliche Schnittführungen.

Cave

Zu hoher Ansatz der Inzision mit späterem Narbenverlauf durch die Mammæ.

Die 2. Schnittführung ist wegen der Durchtrennung zahlreicher Blutgefäße mit einer höheren Rate von Per-secundam-Heilungen belastet, ist aber hinsichtlich des kosmetischen Ergebnisses günstiger.

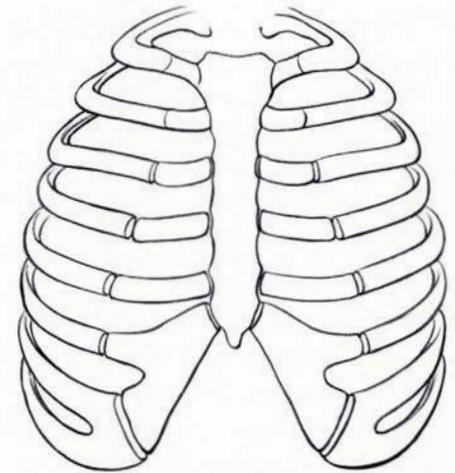


Abb. 6-2 Schema der geplanten Mobilisierung der vorderen Brustwand. Die knorpeligen Rippenansätze am Sternum und die Rippen im Bereich der Knorpel-Knochengrenze müssen in der Ausdehnung des Trichters durchtrennt werden.

Operationstechnik

Die Linea alba wird distal vom Xiphoid gespalten, um die Ursprünge des M. rectus abdominis von den Rippenbögen lösen zu können.

Die Muskulatur (M. pectoralis major und M. serratus anterior) wird von der Brustwand schrittweise nach lateral gelöst, bis der Trichterrand beidseits freiliegt. Die knöchernen Rippenanteile seitlich des Trichters müssen gut erreichbar sein.

Cave

Vorsicht bei Ablösung der Muskelansätze, damit die Interkostalmuskulatur nicht durchtrennt und die Pleurahöhle eröffnet wird.

Nach der Freilegung der Rippen muß der Weichteilmantel der vorderen Brustwand mobilisiert werden (Abb. 6-2). Dicht neben dem Sternum wird aus dem Knorpelansatz der 3. bis 10. Rippe mit der Hohlmeißelzange ein ca. 2 mm großes Knorpelstück mit dem Perichondrium entfernt (Abb. 6-3).

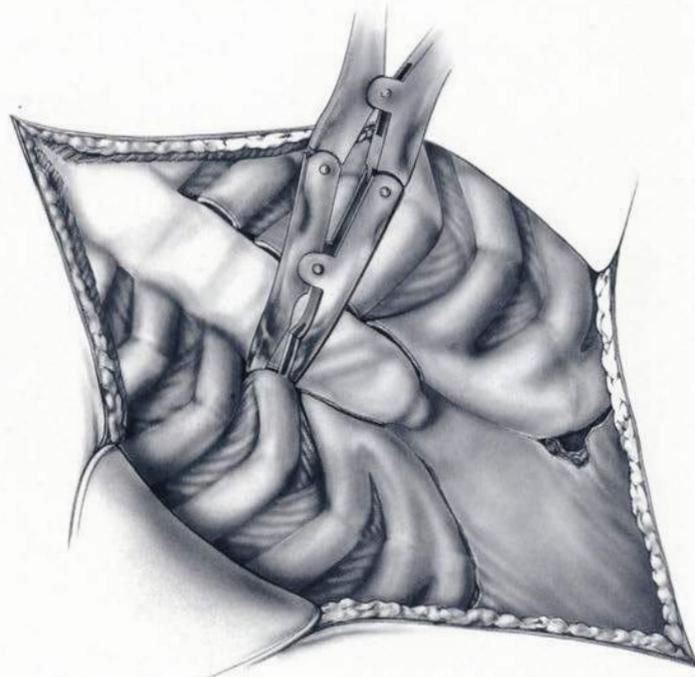


Abb. 6-3 Mit der Hohlmeißelzange werden 2 mm große Knorpelstücke auf beiden Seiten des Sternums entfernt.

Cave

Zu große Knorpeldefekte und Eröffnung der Pleura.

Knorpelstücke gleicher Größe werden weiter lateral nahe der Knorpel-Knochengrenze entfernt (Abb. 6-4).

Das Periost des Sternums wird im Bereich des Manubrium sterni in Höhe des 3. ICR quer durchtrennt, mit dem Raspatorium zur Seite geschoben und hierauf der Knochen keilförmig eingekerbt. Bei jüngeren Kindern ist das mit der Hohlmeißelzange möglich, bei älteren muß man Hammer und Meißel benutzen (Abb. 6-5). Der Processus xiphoideus wird entfernt. Der untere Teil des Sternums wird mit dem scharfen Haken gefaßt und nach oben gezogen (Abb. 6-6). Das Sternum wird nun zum Teil scharf, zum Teil mit dem Stieltupfer vorsichtig vom Mediastinalgewebe an seiner Rückseite gelöst. Dies muß bis zum Manubrium geschehen. Ein Verletzen der Pleura ist oft nicht zu verhindern. Die noch bestehenden Verbindungen des Sternums zum Rippenbogen und zur Interkostalmuskulatur werden bis zur 3. Rippe durchtrennt. Die A. mammaria interna muß dabei häufig ligiert werden. Die Ansätze der Pars costalis der Rippenbögen werden durchtrennt, bis die Pleura des Sinus phrenicocostalis zu sehen ist.

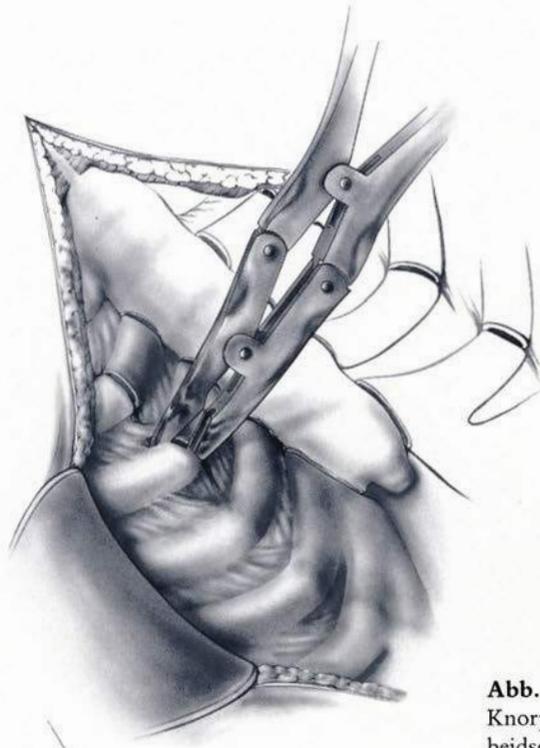


Abb. 6-4 Nach Lösung des Sternums von den Knorpelansätzen der Rippen werden die Rippen beidseits an der Knorpel-Knochengrenze auch hier samt dem Perichondrium durchtrennt.

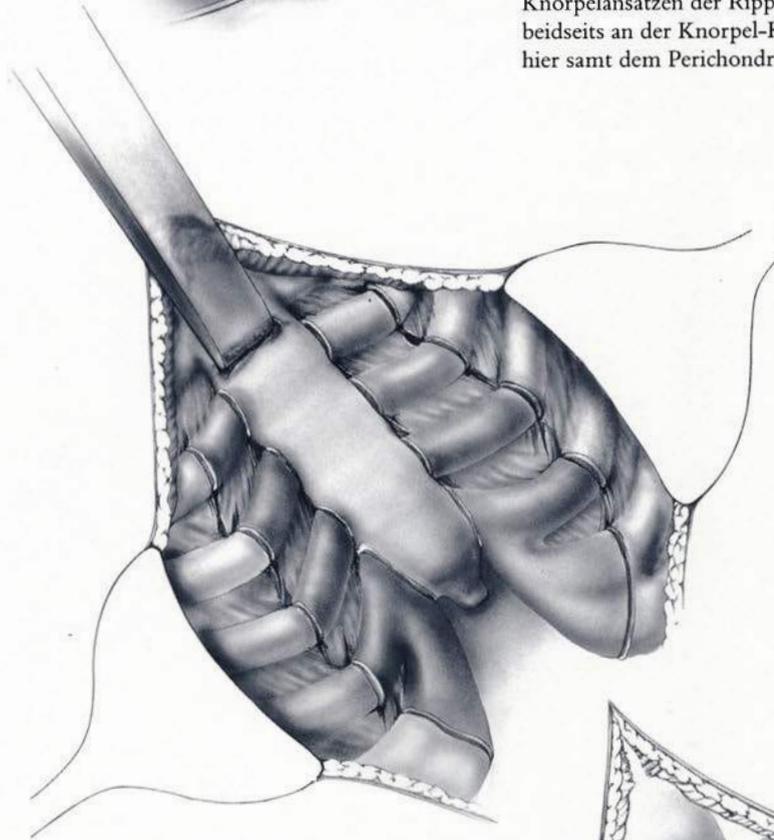


Abb. 6-5 Nach Durchtrennen und Abschieben des Periostes des Sternums im Bereich des Manubriums wird dieses über die Hälfte seiner Dicke mit dem Meißel eingekerbt. (Bei kleinen Kindern ist dies mit der Hohlmeißelzange leichter möglich.)

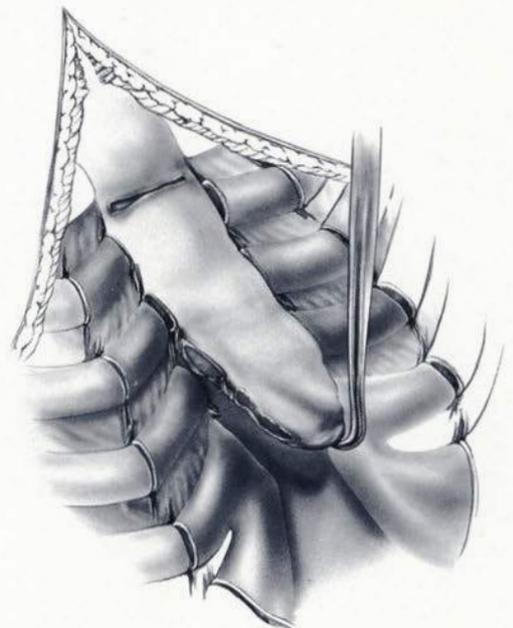


Abb. 6-6 Das Sternum kann nun, abknickend im Manubriumbereich, mit dem Einzinkerhaken hochgehoben werden. Der gesamte Trichter wird damit bis über das Brustwandniveau hinaus entfaltet.

Die nun völlig mobilisierte Brustwand muß jetzt stabilisiert werden. Die passende Größe der Spangenaare wird ausgewählt und deren Anzahl festgelegt. Gewöhnlich sind es 3 bis 4 Paare, deren unterstes distal von der Sternumspitze zur Fixierung der Rippenbögen dient. Die Markräume der knöchernen Rippen werden ca. 1 cm lateral der Knorpel-Knochengrenze zur Aufnahme der Spangen vorbereitet (Abb. 6-7). Das Periost wird hier kreuzförmig inzidiert, die Rippe innerhalb des Perichondriums mit dem breiten Raspatorium unterfahren und mit der Hohlmeißelzange eingekerbt, so daß man mit dem schmalen Raspatorium den Markraum anbohren kann. Mit der Flachzange wird jede Spange bis an ihren Knick fest in den Markraum geschoben (Abb. 6-8). Die Länge der Spange kann noch mit der Schneidezange gekürzt werden, mit 2 Flachzangen kann die Biegung angepaßt werden (Abb. 6-9).

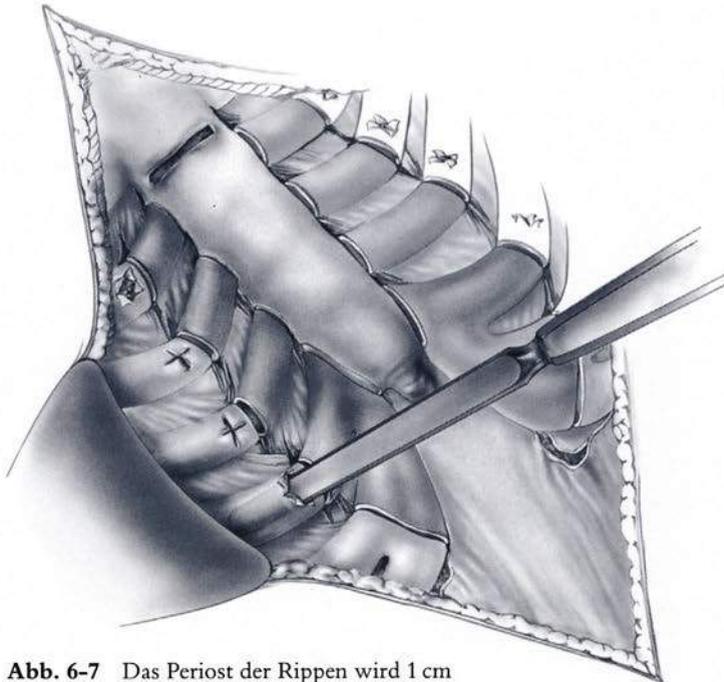


Abb. 6-7 Das Periost der Rippen wird 1 cm lateral der Knorpel-Knochengrenze kreuzförmig inzidiert. Nach Einkerbung der vorderen Kortikalis mit einer sehr schmalen Hohlmeißelzange wird der Markraum mit einem schmalen Raspatorium nach lateral auf 2 cm eröffnet und erweitert.

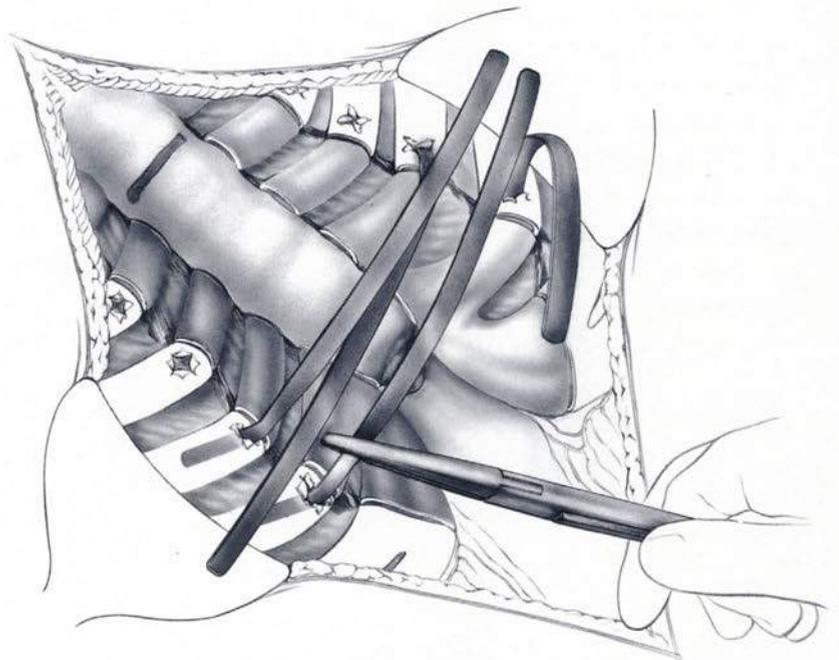


Abb. 6-8 In den vorbereiteten Hohlraum wird die Spange mit ihrem schrägen Anteil fest verankert.

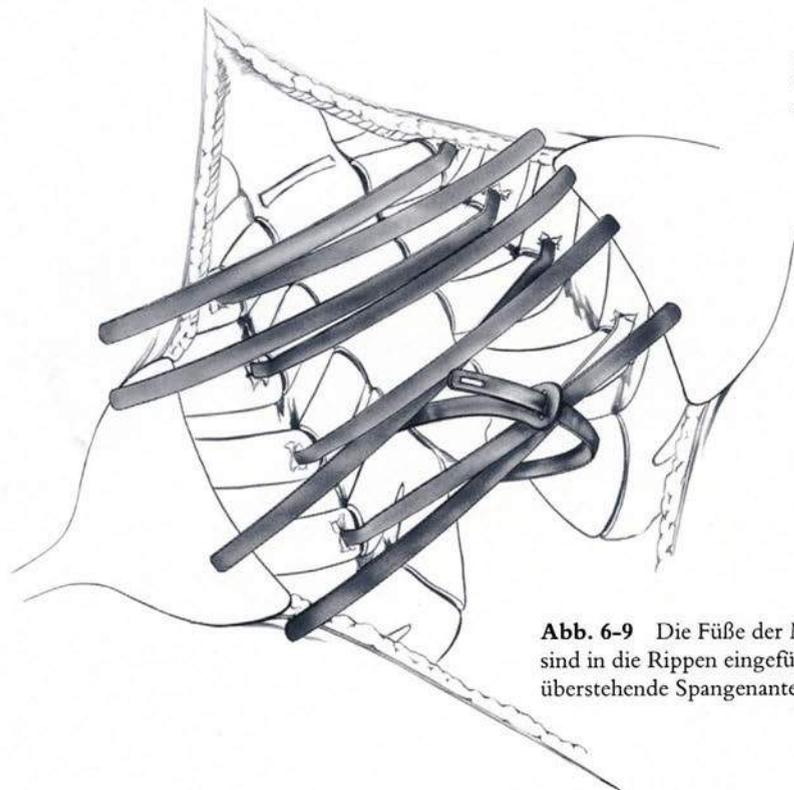


Abb. 6-9 Die Füße der Metallspangenaare sind in die Rippen eingeführt; eventuell müssen überstehende Spangenteile gekürzt werden.

Fertige Metallbänder werden mit dem Spanner fest um Sternum und Spangen gezogen, abgeschnitten und die scharfen Ecken durch Umbiegen flachgedrückt. Gelegentlich muß eine zusätzliche Drahtfixierung zwischen Drahtbändern und Spangen im Rippenwinkel vorgenommen werden. Die Rippenknorpelstücke werden auch mit Metallbändern an den jeweiligen Spangen fixiert (Abb. 6-11 und 6-12). Sternum und Rippenknorpel werden in Überkorrekturstellung angehoben, die sich postoperativ, vor allem nach der Spangenentfernung nach 2 bis 3 Jahren, ausgleicht. Sollte ein Pleuraeinriß aufgetreten sein, wird ein- oder beidseitig mit Bülow-Drainagen drainiert; zwischen Rippen und abgeschobenem Weichteilmantel werden zwei Redon-Drainagen eingebracht und über seitliche Stichinzisionen herausgeleitet. Die Ränder der Linea alba und die Muskulatur werden mit resorbierbaren Nähten der Stärke 3-0 vereinigt, Subkutis und Haut werden durch Einzelknopfnähte adaptiert.

Eine Thoraxaufnahme noch auf dem Operationstisch beweist die gut expandierten Lungen.

Komplikationen

Eventuell müssen vorragende Spangenenden durch Umbiegen oder Verkürzen von kleinen Inzisionen aus später korrigiert werden.

Wundinfektionen können dazu zwingen, Metallteile teilweise zu entfernen, was das kosmetische Endergebnis verschlechtern kann.

Entfernung der Metallteile

Eine vorherige Röntgenaufnahme des Thorax in 2 Ebenen gibt einen Überblick über die Lage der Spangen und Bänder. Die Narbe wird über den Spangen in geringerem Ausmaß als bei der Erstoperation inzidiert. Zunächst werden die mittleren Metallbänder entfernt, dann mit der Flachzange die Schienen aus ihrer festen Verankerung gezogen. Die restlichen Spangen werden von Einzelinzisionen her entfernt.

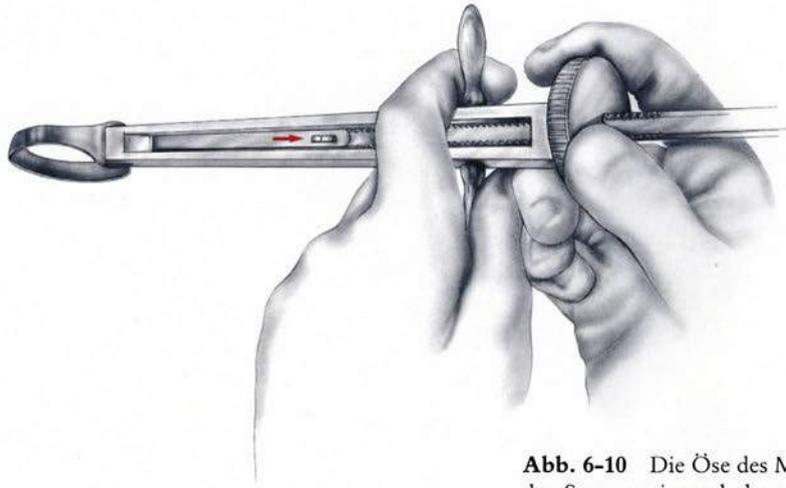


Abb. 6-10 Die Öse des Metallbandes wird in den Spanner eingeschoben und an den darin befindlichen Haken gehängt. Durch Drehen der Schraube wird das Band fest angezogen, dann umgebogen und abgeschnitten.

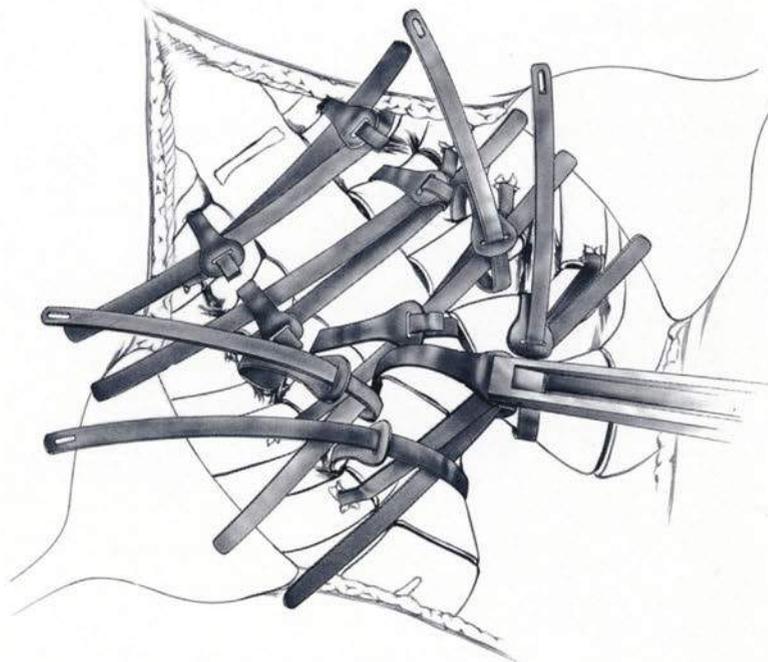


Abb. 6-11 Metallbänder befestigen Sternum und Rippenknorpelabschnitte an den Spangenaugen.

Verbleibende Metallreste (abgebrochene Reste der Spangen, Drahtstücke) können bedenkenlos belassen werden, der Patient ist allerdings darüber zu informieren.

Weiterführende Literatur

- Rehbein, F.: Kinderchirurgische Operationen. Hippokrates, Stuttgart 1976
 Oelsnitz, G. v. d.: Die Trichterbrust und Kielbrust. Bibliothek für Kinderchirurgie. Hippokrates, Stuttgart 1983

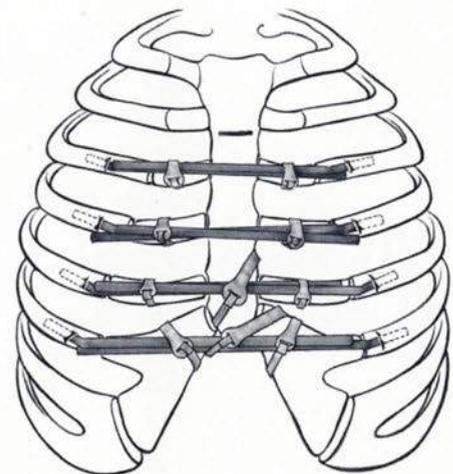


Abb. 6-12 Schema zur Darstellung der beendeten Fixation.

Korrektur der Trichterbrust durch Kunststoff- implantate

P. Wilflingseder

Vorbemerkung

Die chirurgische Behandlung des Pectus excavatum erstreckt sich über eine Vielzahl von Methoden: von der sehr eingreifenden Osteochondroplastik mit äußerer oder innerer Fixation durch autologe Spongiosa-compacta-Späne oder Metallschienen bis zur einfachen Augmentation des Sternums mit einem in situ vulkanisierbaren Polydimethylsiloxanelastomer [1].

Indikation

Eine kardiopulmonale Funktionsstörung infolge der Thoraxdeformität bei Pectus excavatum ist sehr selten, so daß in den meisten Fällen auch bei hochgradiger Deformität der vorderen Brustwand die Indikation zur Operation nur aus ästhetischen und psychosozialen Gründen gegeben ist [3].

Zur Differentialdiagnose der häufigen sogenannten funktionellen Störung, die aufgrund eines mangelnden physischen Trainings besteht oder aber, wenn auch selten, durch die Deformität der Thoraxwand bedingt sein kann, empfiehlt sich der Test nach Bühlmann.

Bei dieser Fahrrad-Ergometrie wird die Pulsfrequenz nach 2 verschiedenen Belastungen mit den individuellen Sollwerten nach Alter, Geschlecht und Größe verglichen. Wenn die Messung beim aufrechten Patienten ein Resultat von mehr als 25% unter dem kalkulierten Wert ergibt, wird sie beim liegenden Patienten wiederholt. Bleibt das

Resultat in gleichem Maß wiederum unter dem Sollwert, dann handelt es sich um einen Konditions-mangel. Kommt es beim liegenden Patienten zu einer Besserung der Leistungsfähigkeit, dann handelt es sich um eine Störung infolge der Deformität der Thoraxwand, bei der das Herz im Liegen in den Thorax zurück-sinken kann und der Trichter nicht mehr den Vorhof und die V. cava komprimiert. Im ersten Fall ist die Maskierung der Deformität durch eine Augmentation angezeigt, im zweiten Fall ist eine dekomprimierende Osteochondroplastik in Betracht zu ziehen.

Operatives Vorgehen

Chirurgisches Instrumentarium und Materialien

Instrumente:

- 1 langer, flacher Retraktor,
- 1 lange Präparierschere,
- 1 Kaltlichtspatel,
- 1 Diathermie mit langer Isolierpinzette.
- Resorbierbares Nahtmaterial (2-0), nicht resorbierbares Hautnahtmaterial (4-0).
- 1 Originalpackung Silastic® 382 mit Katalysator (dieses Produkt ist nicht mehr im Handel. Als äquivalentes Material wird von Dow-Corning derzeit das Elastomer MDX 4-4210 angeboten),
- 1 Porzellengefäß für 500 ccm mit Rührspatel,
- 2 PVC-Spritzen à 50 ccm,
- Gipsbinden (12-15 cm breit),
- Polyesterwatte, elastische Binden.

Operationstechnik

Am Tag vor der Operation wird das voraussichtliche Quantum des zur Operation benötigten Kunststoffes nach der Menge Wasser bestimmt, welches der Trichter in Rückenlage aufnimmt, plus ein entsprechendes Quantum zur Auffüllung der defizitären Rippenrandbereiche (Abb. 6-13a und b). Die geschätzte Menge des Elastomers muß eine Stunde vor der Operation 30 Minuten bei 124 °C im Autoklaven sterilisiert werden und zu Beginn der Operation wiederum Raumtemperatur erreicht haben.

Von einer 4–5 cm langen Inzision über der Pars xiphoidea des Sternums bei männlichen Patienten, bei weiblichen von einer entsprechenden Inzision im Sulcus mammae rechts aus, wird die Haut über dem Periost und der Fascia pectoralis bis an den Rand des Trichters tunneliert, wobei die gesamte subkutane Fettschicht zur Bedeckung des Implantates an der Haut bleibt; auf diese Weise soll einer Randwulstbildung oder Hautnekrose möglichst vorgebeugt werden (Abb. 6-14).

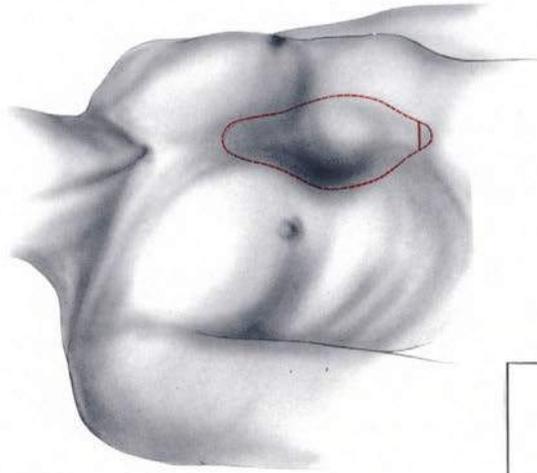


Abb. 6-13a Präoperative Markierung des Trichters mit Zeichentinte.

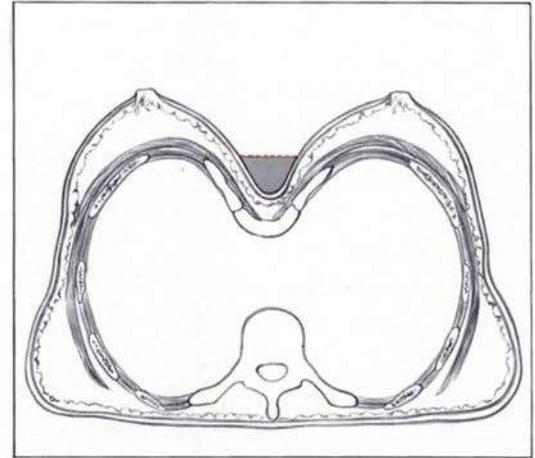


Abb. 6-13b Bestimmung der erforderlichen Menge des zur Augmentation erforderlichen Kunststoffes durch Füllung des Trichters mit Wasser.

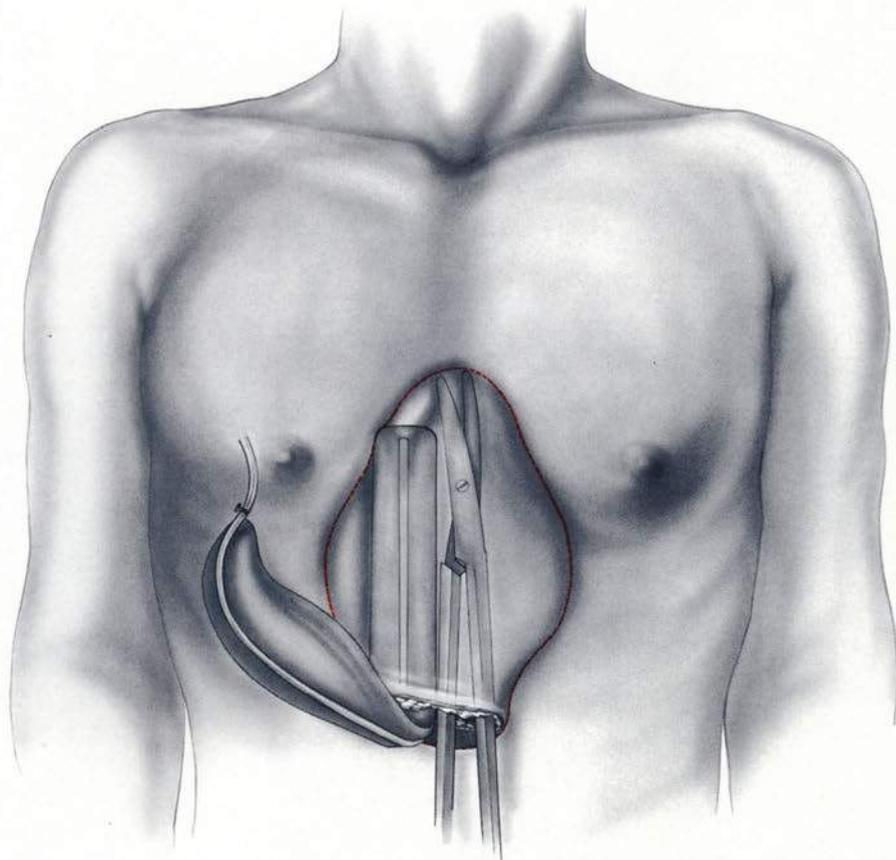


Abb. 6-14 Prästernale Tunnelierung des Trichters, von einem Querschnitt im Epigastrium ausgehend, unter Zuhilfenahme eines Leuchtpatels und einer Präparierschere.

Die Blutstillung erfolgt punktförmig mit der Diathermie, nötigenfalls durch Umstechungen bei Ausleuchtung des Wundbettes durch einen Kaltlichtstab. Hierauf werden zur Vereinigung der Wundränder resorbierbare subkutane Nähte Stärke 4-0 an den Wundrändern vorgelegt. Die vorbereitete Menge des Elastomers wird mit 15 Tropfen des Katalysators pro 100 ccm Elastomer versetzt und 15 min heftig eingerührt. Der zähflüssige Brei wird nun mit Hilfe der PVC-Spritzen bei gesenktem Oberkörper in die gebildete prästernale Tasche instilliert oder eingegossen (Abb. 6-15), wobei eine Beschmierung der Wundränder mit dem Kunststoff vermieden werden soll.

Das sich zunehmend härtende Elastomer wird in der prästernalen Tasche ausgebreitet, Luftblasen werden ausgestreift.

Beachte:

Zur Kontrolle des Vulkanisierungsablaufes empfiehlt es sich, eine Porzellanschale mit einem Rest des Elastomers zu füllen und in Evidenz zu halten.

Die vorgelegten Subkutannähte werden unter Anhebung der Wundränder geknüpft und die Haut mit einer fortlaufenden überwendlichen monofilen Kunststoffnaht Stärke 4-0 adaptiert.

Das Niveau und die Ränder des Implantates werden nach sorgfältiger Modellierung durch eine gepolsterte Gipsplatte fixiert und durch elastische Binden 24 Stunden, jedenfalls bis zur vollständigen Vulkanisierung des Implantates, gehalten. Nach 24 Stunden soll die Vulkanisierung eine muskel- bis knorpelharte Konsistenz des Implantates erreicht haben.

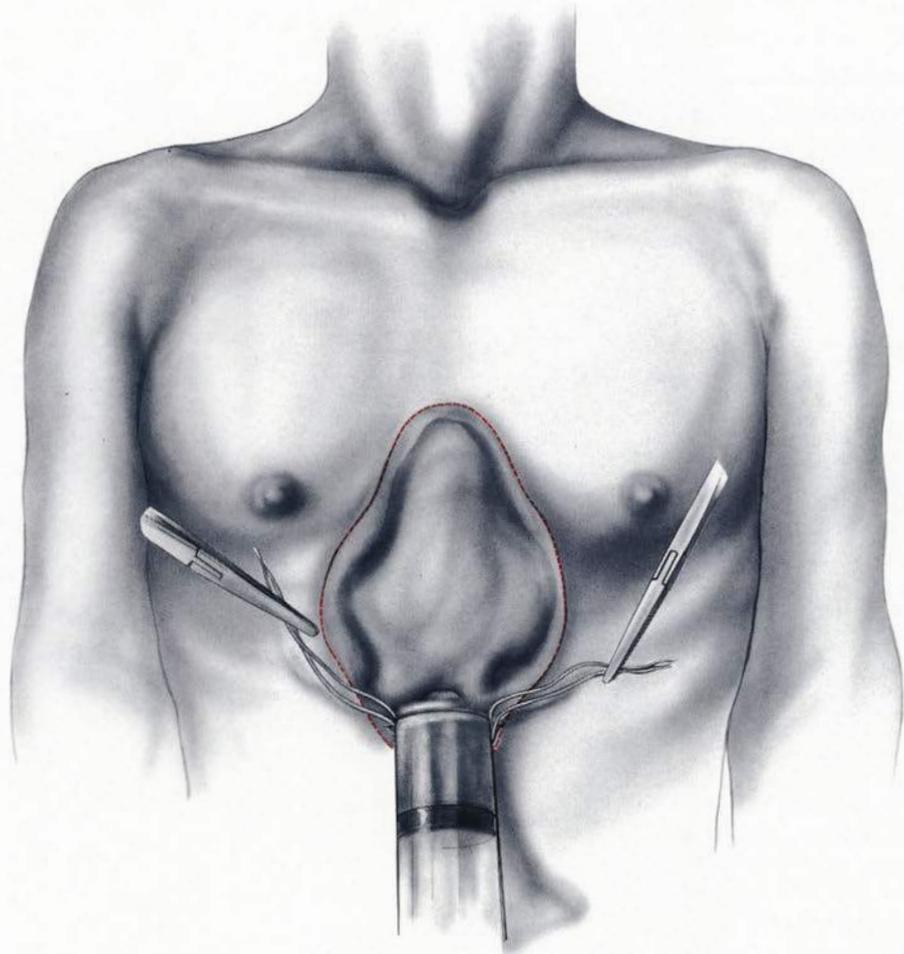


Abb. 6-15 Implantation des mit dem Katalysator angerührten kalt-polymerisierten Kunststoffes mit einer PVC-Spritze, bis der breiige Elastomer den Trichter bis zum markierten Rand ausfüllt.

Probleme und Komplikationen

Bleibt das Elastomer über 24 bis 48 Stunden zähflüssig, muß die Operation wiederholt werden, nachdem eine Probevulkanisierung in vitro die Brauchbarkeit des zur Implantation verwendeten Elastomers außer Zweifel gestellt hat. Nicht zufriedenstellend vulkanisierte, teigige Implantate lassen sich erfahrungsgemäß durch die alte Inzisionswunde zur Gänze extrahieren.

Ist zur Trichterbrustkorrektur auch eine Augmentations-Mammoplastik geplant, dann muß jedenfalls zuerst der Trichter aufgefüllt und die Mammae in einem zweiten Akt mit Bildung einer separaten retro-mammären Tasche augmentiert werden, um ein Abgleiten der Mammoprothese zu verhindern (Abb. 6-16 und 6-17).

Die Fremdkörperreaktion von RTV Silastik® 382 ist ähnlich der Gewebsreaktion nach der Einpflanzung von geleegefüllten Mammaprothesen [4].

Serome, die sich so gut wie immer in den ersten Tagen nach der Operation bilden, werden jeweils durch Punktion entleert.

Cave

Überkorrektur.

Eine Unterkorrektur des Trichters ist ästhetisch besser als eine Überkorrektur. Die Entwicklung eines subkutanen Fettpolsters kann die Konturen ausgleichen, so daß in beiden Fällen zunächst abgewartet werden sollte [5].

Weiterführende Literatur

1. Bailey, B. N.: Pectus excavatum: Masking with Silastic RTV 382, vulcanized in situ. *Brit. J. plast. Surg.* 30 (1977) 277
2. Bühlmann, A. A., P. H. Roussier: *Pathophysiologie der Atmung*. Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1970
3. Bruck, J. C., H. Hörtnagl, M. Bauer, P. Wilflingseder: A fresh approach in the treatment of pectus excavatum. *Chirurgia Plastica* 6 (1982) 263
4. Hoinkes, G., P. Wilflingseder, G. Mikuz, H. Hussl, R. Schlögel, J. C. Bruck: Study on the biocompatibility of in situ vulcanized Silastic 382. *Chirurgia Plastica* 7 (1984) 287
5. Wilflingseder, P.: Utilizzazione del silicone nel trattamento del pectus excavatum. In: Dioguardi, D. (ed.): *Trapianti e Innesti d'Osso a cura. Idelson, Neapel* 1989

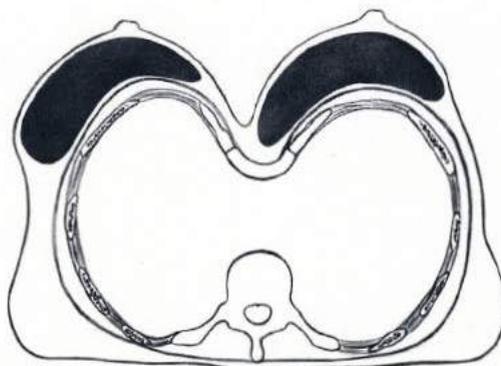


Abb. 6-16 Als Folge der Deformität der vorderen Brustwand kommt es nach der Mamma-Augmentation bei Pectus excavatum zu einer sukzessiven Dislokation der Implantate.

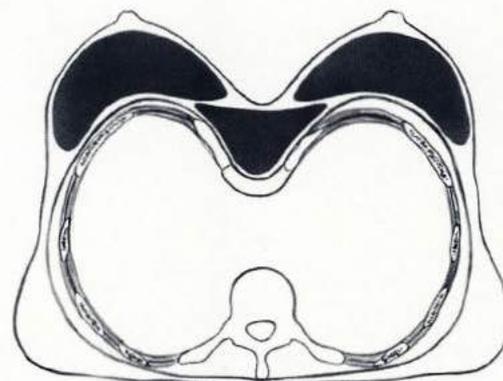


Abb. 6-17 Zweizeitige Augmentation des Sternums und der Mammae bei Trichterbrustdeformität. Mit der Auffüllung des Trichters durch das Kunststoffimplantat wird dem medialen und lateralen Abgleiten der Mammaprothesen vorgebeugt.

7 Operationen am Zwerchfell beim Kind

G. Menardi

Operation der Zwerchfellücke	247
<i>Chirurgisches Instrumentarium und Materialien</i>	247
<i>Lagerung und Zugang</i>	248
<i>Operative Technik</i>	248
Operation einer Relaxatio diaphragmatica	250
<i>Zugang</i>	250
<i>Operative Technik</i>	251
Weiterführende Literatur	251

Operation der Zwerchfellücke

Zwerchfellücken, die nur in ganz seltenen Fällen „Zwerchfellhernien“ mit einem Bruchsack sind, finden sich am häufigsten im Bereich des pleuroperitonealen Kanales auf der linken Seite. Die Lücke kann so groß sein, daß man von einer Aplasie des Zwerchfells spricht. Selten kommt eine Lücke im Bereich des Foramen Morgagni vor, noch seltener eine beidseitige Zwerchfellücke (Abb. 7-1).

Die Hauptprobleme nach Verschuß einer Zwerchfellücke sind die Größe der Lunge auf der betroffenen Seite und das Volumen des Bauchraumes zur Aufnahme der Darmschlingen, die vorher im Thorax lagen. Die Entwicklung der Lunge ist abhängig vom Zeitpunkt des Hochsteigens der Baueingeweide in den Thorax. Ihre Größe kann zwischen einem kirschgroßen Rudiment und fast normaler Ausdehnung schwanken, wobei beim Neugeborenen das erstere öfter der Fall ist. Bei größeren Kindern, bei denen durch frühere Thoraxaufnahmen bewiesen ist, daß zunächst keine Darmschlingen im Thorax lagen, ist bei späterem Auftreten der Darmverlagerung die Lunge zwar komprimiert, jedoch von normaler Größe.

Während der Verschuß einer kleinen Lücke keine Schwierigkeiten bereitet, ist bei einem sehr großen Defekt, der einer Aplasie einer Zwerchfellhälfte gleichkommt, der Verschuß ohne Fremdmaterial nicht möglich. Lyophilisierte Dura bietet sich in diesem Fall als Leitgewebe für körpereigenes Bindegewebe an.

Früher stellte die Diagnose einer Zwerchfellücke beim zyanotischen Neugeborenen eine Situation dar, die eine Notoperation erforderlich machte; der Ausgang war, vor allem bei den Aplasien, meist letal. Weit bessere Ergebnisse werden heute erreicht, wenn man dem intubierten und beatmeten Kind Zeit zur Adaptation gibt, die Operation also um 6 bis 12 Stunden aufschiebt.

Der Eingriff erfolgt in Intubationsanästhesie; ein Heiztisch ist Bedingung bei der Operation eines Neugeborenen.

Chirurgisches Instrumentarium und Materialien

- Skalpell mit normaler Klinge,
- Präparier- und gerade Schere,
- feine Pinzetten (Adson),
- Zweizinker, Fensterhaken, Langenbeck-Haken, kleine Laparotomiehaken, Sauger, Diathermiemesser,
- Thoraxdrain.
- Lyophilisierte Dura in mehreren Größen (6×8 und 4×10 cm),
- silastic sheeting No. 501–503, reinforced (Fa. Dow-Corning),
- schwarze Seide Stärke 2–0 (Zwerchfell),
- resorbierbare Nähte Stärke 3–0 (Bauchmuskulatur),
- nicht resorbierbare Hautnähte.

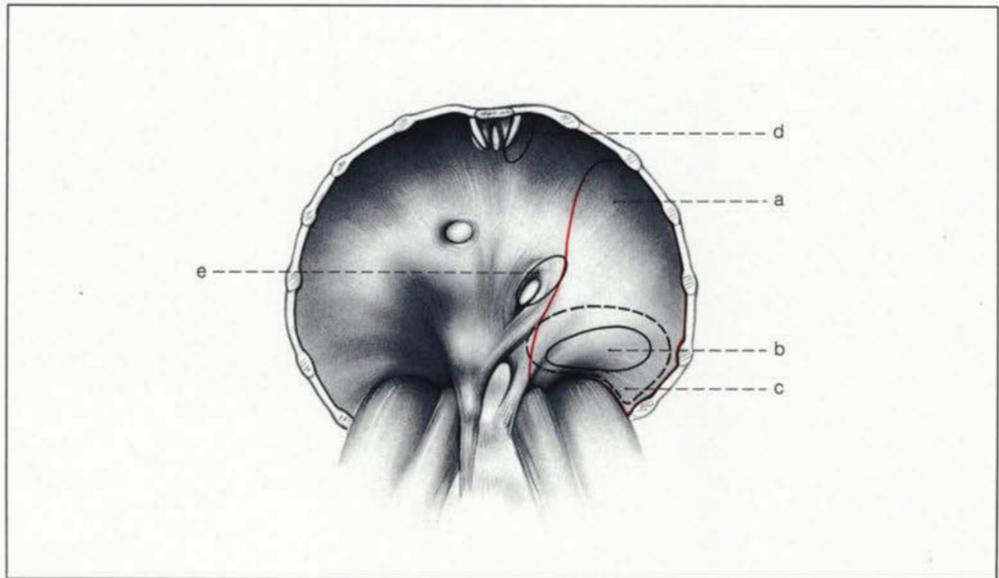


Abb. 7-1 Zwerchfell von unten mit verschieden großen Defekten.

- a) Offenes pleuroperitoneales Foramen, vergleichbar einer Zwerchfellaplasie.
- b) Offener pleuroperitonealer Kanal.
- c) Offenes Trigonum lumbocostale (Bochdalek).
- d) Offenes Foramen Morgagni.
- e) Erweiterter Hiatus oesophageus.

Lagerung und Zugang

Der Patient liegt auf dem Rücken, ein zentralvenöser Zugang erleichtert die Überwachung. Auch bei Verwendung des Heiztisches ist das Einhüllen der kindlichen Extremitäten mit vorgewärmter Watte zu empfehlen.

Den besten Zugang bietet ein bogenförmiger Schnitt von der Mitte des Rippenbogens bis zum Nabel (Abb. 7-2). Auch ein Rippenbogenschnitt gibt ausreichende Sicht, erschwert aber manchmal die Verlagerung des Darms in die Bauchhöhle.

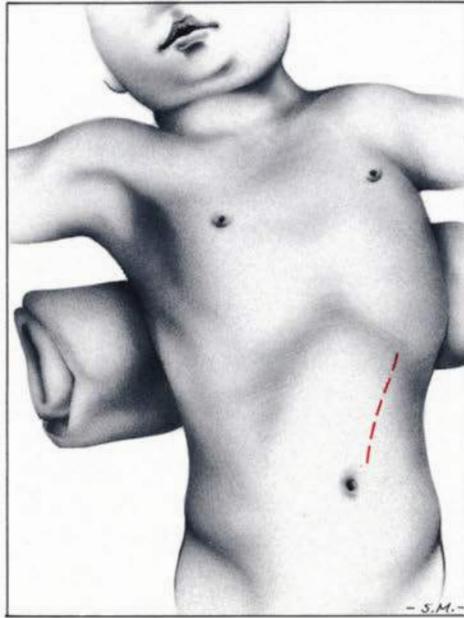


Abb. 7-2 Schnittführung bei Operation einer Zwerchfellücke.

Operative Technik

Nach Eröffnung der Bauchhöhle wird der Zwerchfelldefekt eingestellt. Die Darmschlingen und Organe, die in den Thorax hochgestiegen sind, werden vorsichtig mit einem angefeuchteten Stieltupfer ins Abdomen gestreift und mit feuchtwarmen Tüchern bedeckt (Abb. 7-3). Erst danach ist es möglich, durch Auseinanderhalten des Defektes mit Langenbeck-Haken das Ausmaß des Zwerchfelldefektes zu inspizieren und auch die Größe der Lunge durch den Defekt zu tasten.

Ist die Lücke klein, so wird diese nach Legen eines Thoraxdrains mit oder ohne Mandrin (Abb. 7-4) durch den 9. ICR in der vorderen Axillarlinie mit U-Nähten aus schwarzer Seide der Stärke 2-0 verschlossen, wobei es günstig ist, mit dem Vorlegen der Nähte medial zu beginnen (Abb. 7-5).

Bei einem sehr großen Defekt wird ein Stück lyophilisierte Dura in passender Größe zugeschnitten und unter doppeltem Fassen des Durarandes in die Lücke eingesetzt (Abb. 7-6). Findet sich kein Zwerchfellansatz im Bereich der hinteren Thoraxwand, so muß die Naht zur festen Verankerung um die Rippen gelegt werden.

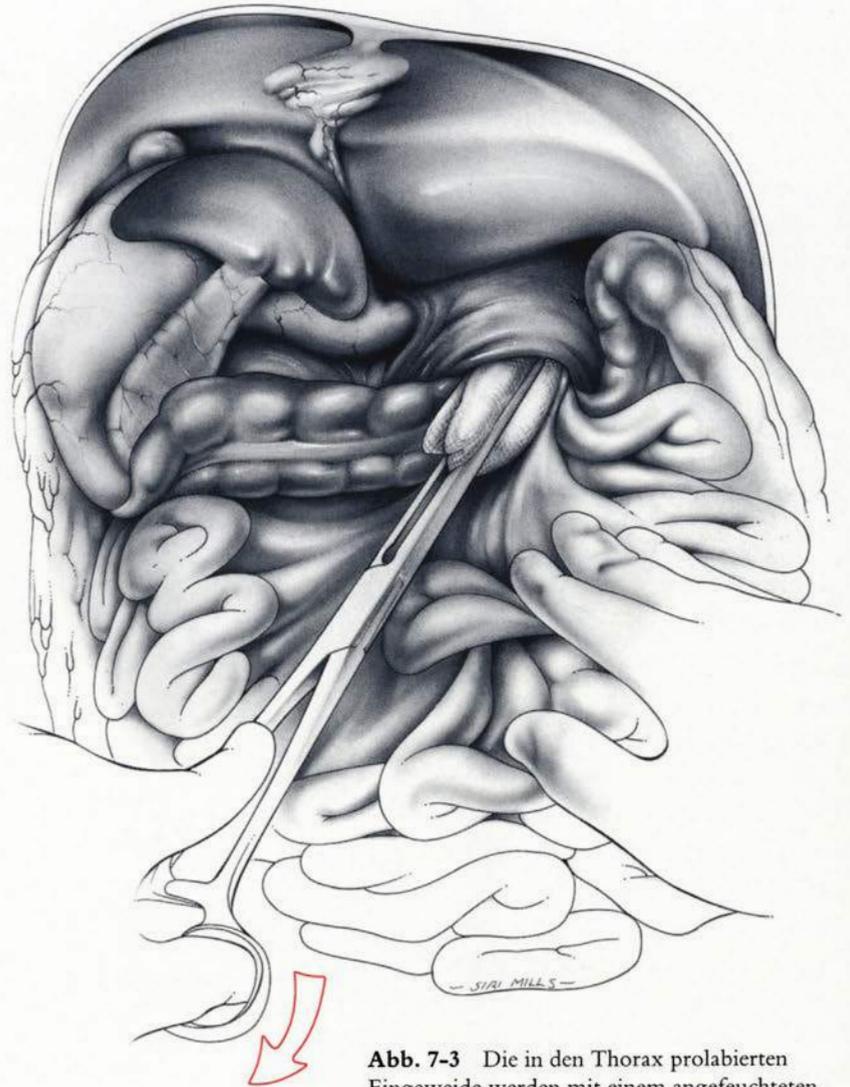


Abb. 7-3 Die in den Thorax prolabierte Eingeweide werden mit einem angefeuchteten Stieltupfer aus der Lücke gestreift.

Cave

Verletzung der Nebennierengefäße.

Die meist unterentwickelte Bauchhöhle erweist sich oft als zu klein, um die Darmschlingen aufzunehmen, ohne zu großen Druck auf die V. cava auszuüben. Wiederholtes Dehnen der Bauchwand mit dem Zeigefinger kann die Aufnahmekapazität erhöhen; auch gelingt es, durch Ausstreifen von Mekonium das Mißverhältnis zwischen Darm und Bauchhöhle zu verringern.

Selten ist es nötig, eine temporäre Erweiterungsplastik mit Silastikblättern im Sinne einer sogenannten *Schuster-Plastik* vorzunehmen. Die Silastikfolie wird dabei mit Einzelknopfnähten an die Rektusmuskulatur genäht und über den Darmschlingen kuppelartig verschlossen. Die nach lateral mobilisierte Bauchhaut wird locker auf die Silastikfolie gesteppt. Die schrittweise Verkleinerung der Folie ist in Abständen von 2 Tagen nötig, bis sie ganz entfernt und die Bauchdecke in der Mittellinie direkt verschlossen werden kann.

Beachte:

Postoperativ kann bei weiterer Beatmung eines Kindes mit hypoplastischer linker Lunge die tödliche Gefahr eines Pneumothorax rechts bestehen, der mit einer prophylaktischen zweiten Bülau-Drainage rechts begegnet werden kann.

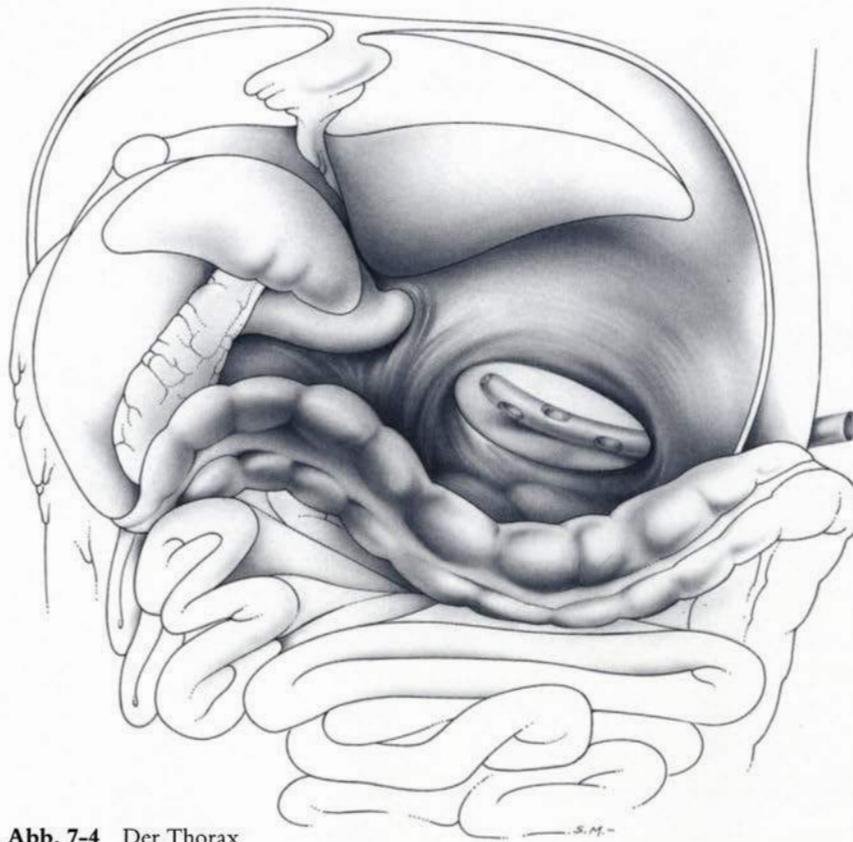


Abb. 7-4 Der Thorax wird vor Verschluss der Lücke drainiert.

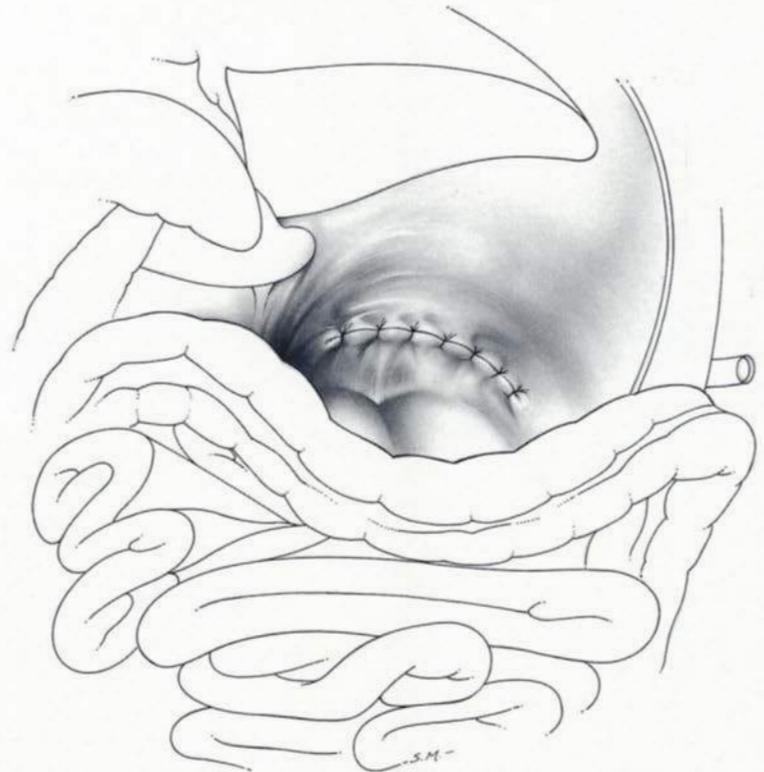


Abb. 7-5 Durch Einzelknopfnähte verschlossene Zwerchfellücke.

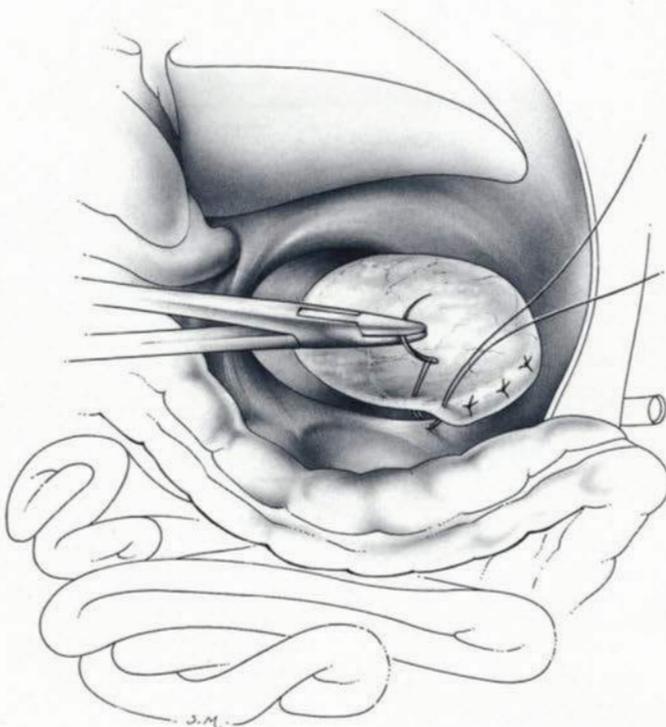


Abb. 7-6 Ein Dura-Patch wird eingesetzt und mit U-Nähten befestigt.

Operation einer Relaxatio diaphragmatica

Der Hochstand einer oder beider Zwerchfellkuppen kann infolge einer muskulären Fehlbildung oder einer abnormen Schlaffheit, meist als Folge einer geburtstraumatisch bedingten Schädigung des N. phrenicus, entstehen. Eine *Operationsindikation* ist von den Beschwerden abhängig, die je nach dem Ausmaß der Lungenkompression verschieden stark sein können. Paradoxe Atmung und ein durch Wochen unveränderter Befund des Zwerchfellhochstandes rechtfertigen einen operativen Eingriff.

Das Instrumentarium entspricht dem bei der Operation der Zwerchfellücke, ergänzt durch einen Thoraxspreizer.

Zugang

Besteht eine Relaxatio des rechten Zwerchfelles, so wird eine Thorakotomie im 9. ICR vorgenommen (Abb. 7-7a), während bei der linksseitigen der abdominale Zugang zu bevorzugen ist, der so wie bei der Operation einer Zwerchfellücke liegen sollte (Abb. 7-7b).

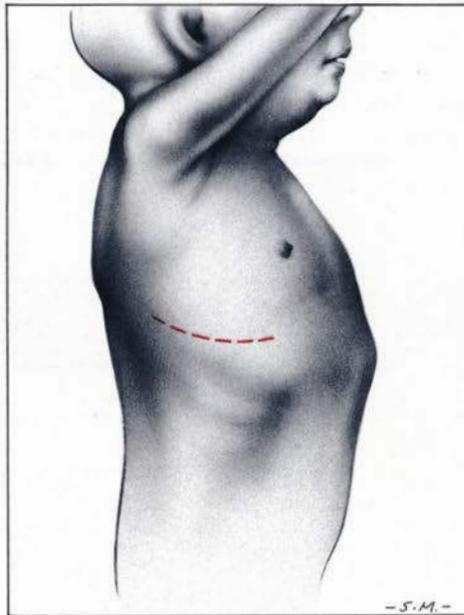


Abb. 7-7a Schnittführung im 9. ICR bei rechtsseitiger Relaxatio.

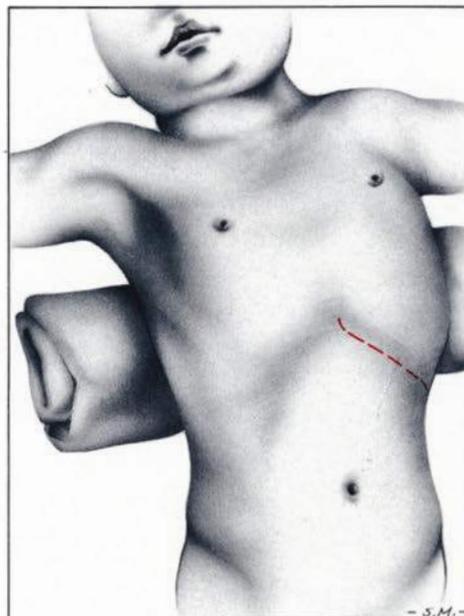


Abb. 7-7b Schnittführung bei linksseitiger Relaxatio.

Operative Technik

Nach Eröffnung des Thorax wird das hochgewölbte Zwerchfell am Scheitelpunkt mit Haltenähten gefaßt, wobei dies entweder in sagittaler oder frontaler Ebene erfolgen kann (Abb. 7-8). Die Basis der entstehenden Zwerchfellfalte wird nach straffem Spannen des Zwerchfells durch Einzelknopfnähte mit nicht resorbierbarem Nahtmaterial fixiert. Die Falte wird je nach Richtung der Basisnähte nach vorn oder zur Seite umgelegt und der Scheitelpunkt am Zwerchfellansatz mit Einzelknopfnähten fixiert (Abb. 7-9). Nach Einlegen eines Thoraxdrains, der über eine seitliche Stichinzision herausgeleitet wird, werden die Rippen durch 2 gedoppelte Nähte aus resorbierbarem Material aneinander fixiert, die Muskulatur durch Einzelknopfnähte aus dem gleichen Nahtmaterial adaptiert und die Haut mit Einzelknopfnähten verschlossen.

Bei der linksseitigen Relaxatio wird nach demselben Prinzip die Doppelung des Zwerchfells von abdominal her vorgenommen.

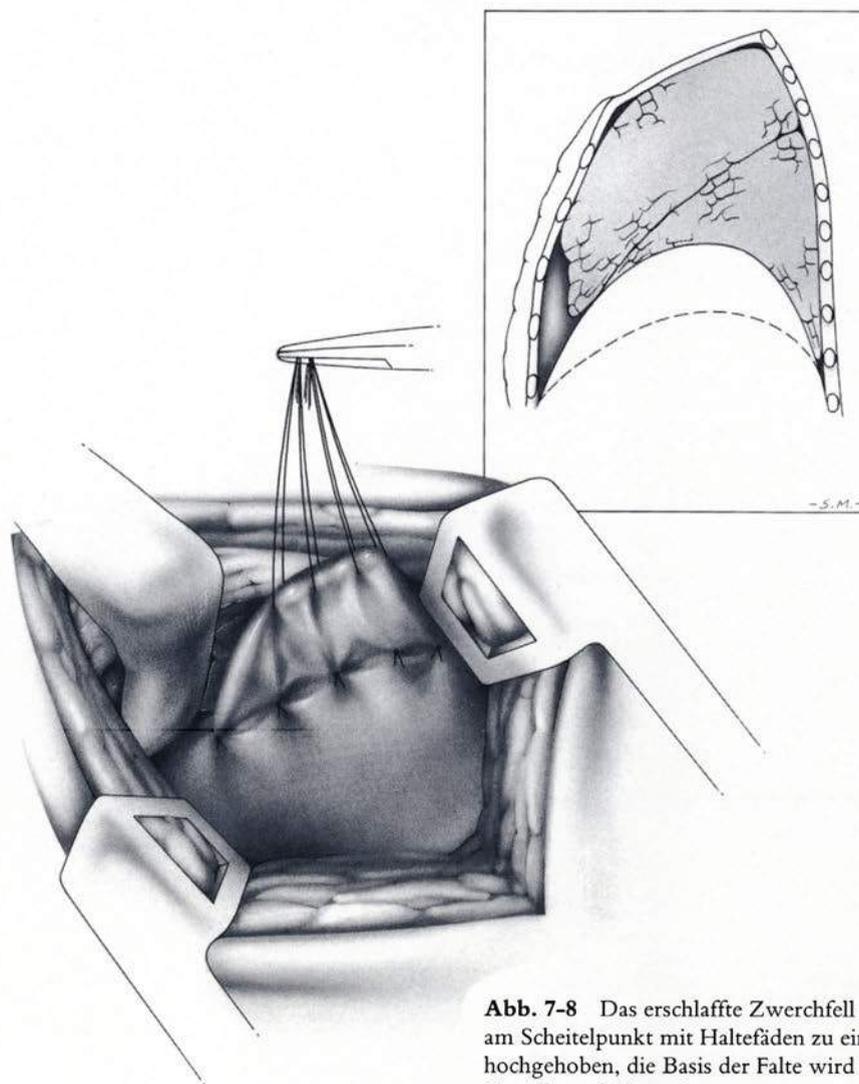
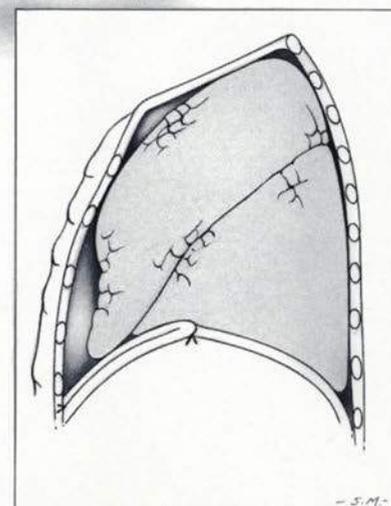


Abb. 7-8 Das erschlaffte Zwerchfell wird am Scheitelpunkt mit Haltefäden zu einer Falte hochgehoben, die Basis der Falte wird mit Einzelknopfnähten abgesteppt.

Weiterführende Literatur

1. Brereton, R. J., D. Kumar, L. Spitz: Diaphragmatic hernia in the neonate. *Z. Kinderchir.* 40 (1985) 75
2. Genton, N., J. Ehrensperger: Posterolaterale Zwerchfellhernien. In: Bettex, M., N. Genton, M. Stockmann (Hrsg.): *Kinderchirurgie*. Thieme, Stuttgart-New York 1982
3. Genton, N., J. Ehrensperger: Relaxatio diaphragmatica. In: Bettex, M., N. Genton, M. Stockmann (Hrsg.): *Kinderchirurgie*. Thieme, Stuttgart-New York 1982
4. Müller, E., B. Ulrich: *Chirurgie des Zwerchfells*. Praktische Chirurgie (Band 101). Enke, Stuttgart 1986
5. Münterer, M.: Die hypoplastische Lunge bei Zwerchfelllücken. *Z. Kinderchir.* 7 (1969) 61
6. Schennach, W., G. Menardi, H. Frisch, L. Riedler: Relaxatio diaphragmatica beim Neugeborenen und Kleinkind. *Act. Chir. Austriaca* 9 (1977) 105
7. Stauffer, U. G., P. P. Rickham: Acquired eventration of the diaphragm in the newborn. *J. Ped. Surg.* 7 (1972) 635

Abb. 7-9 Das gefaltete Zwerchfell wird nach vorn oder zur Seite geschlagen und mit Einzelknopfnähten am Zwerchfellansatz fixiert.



8 Implantation eines permanenten Schrittmachers mit transvenöser Elektrodenführung

F. Gschnitzer

Vorbedingungen	255
Chirurgisches Instrumentarium	255
Methoden und Zugangswege der Schrittmacherimplantation	256
<i>Elektrodeneinführung durch Punktion der V. subclavia</i>	256
Lagerung des Patienten	256
Vorbereitung des Operationsfeldes und Abdeckung	257
Operationstechnik	257
Mögliche Schwierigkeiten 260 – Elektrodenplatzierung und Verankerung 262 – Einbringen des Schrittmachers 264	
<i>Elektrodeneinführung über die V. jugularis interna</i>	265
<i>Elektrodeneinführung über die V. cephalica</i>	266
Schrittmacherimplantation im Kindesalter	267
Intraoperative Komplikationen	268
<i>Vorgehen bei intraoperativer Kammerasystolie und Kammerflimmern</i>	268
<i>Vorgehen bei Ventrikelperforation</i>	268
Komplikationen nach der Schrittmacherimplantation	268
<i>Elektrodenislokation</i>	268
<i>Muskelzucken</i>	269
<i>Wundinfektion</i>	269
Schrittmacheraustausch	269
Weiterführende Literatur	270

Vorbedingungen

Herzschrittmacherimplantationen werden heute nicht nur an herzchirurgischen Zentren, sondern auch an vielen allgemein-chirurgischen Abteilungen vorgenommen.

Die Operation ist bei Beachtung bestimmter Voraussetzungen ohne nennenswertes Risiko auch vom nicht herzchirurgisch vorgebildeten Chirurgen leicht durchführbar.

Die Schrittmacherimplantation muß unter den für eine aseptische Operation geltenden Bedingungen vorgenommen werden. Patientenüberwachungsanlage (EKG und unblutige Pulsschreibung), Defibrillator und Röntgenbildwandler für Durchleuchtung der Thoraxregion in einer Ebene müssen vorhanden sein. Weiter ist ein Meßgerät für die Erfassung der einzelnen Elektrodenparameter nach erfolgter Elektrodenplatzierung erforderlich.

Die Operation wird in Lokalanästhesie vorgenommen. Für den – bei fachgerechter Technik äußerst seltenen – Fall einer intraoperativen Kammerasystolie oder eines Kammerflimmerns muß für rasche Intubations- und Beatmungsmöglichkeit und venösen Zugang (periphere Venenpunktion) Vorsorge getroffen sein. Die venöse Leitung wird vor Beginn der Operation an dem der Implantationsstelle gegenüberliegenden Arm gelegt und durch eine langsam tropfende Infusion offengehalten. Die Überwachung des Patienten erfolgt durch einen Anästhesisten oder eine geschulte Anästhesieschwester. Ein Anästhesist muß für den äußerst seltenen Notfall rasch erreichbar sein.

Chirurgisches Instrumentarium

Für jede Operation (Schrittmachererstimplation, Korrekturoperation, Schrittmacheraustausch) sollte eine einheitlich vorbereitete kleine Instrumententasche zur Verfügung stehen.

Inhalt der Schrittmachertasche

- Spritze mit Nadeln für Lokalanästhesie,
- Skalpell mit normaler und spitzer Klinge,
- Präparierschere,
- 2 zarte chirurgische Pinzetten,
- 2 scharfe Hauthaken,
- 2 runde Haken (Fensterhaken),
- 2 Langenbeck-Haken,
- mehrere Moskitoklemmchen,
- mehrere Tuchklemmen,
- mehrere Gefäßtourniquets (Polyvinylschläuche mit Einfädelnadeln),
- Overholt-Klemme,
- Sauger,
- Diathermiemesser.

Nahtmaterial

- 1 bis 2 Packungen resorbierbare Nähte der Stärke 2-0 für den Verschluss der Schrittmacherloge in der Subkutis,
- nichtresorbierbare Hautnähte,
- nichtresorbierbare, atraumatische Nähte der Stärke 3-0 für die Elektrodenfixation und
- 1 resorbierbare, atraumatische Naht (PDS) im Falle der Freilegung der V. jugularis.

Weiterer Bedarf

- Einmalset für die Punktion der V. subclavia, Größe 12 und 14 French, je nach verwendeter Elektrodenart,
- Schrittmacher und dazugehörige Elektrode(n),
- für den Fall eines Schrittmacheraustausches sind Elektrodenadapter bisweilen erforderlich.

Methoden und Zugangswege der Schrittmacher- implantation

Die Reizübertragung auf das Herz wird heute fast ausschließlich durch transvenös eingelegte sogenannte Intra- oder Endokardialelektroden erreicht. Als Zugang in das Venensystem bieten sich vorzugsweise an:

- die V. subclavia
- die V. jugularis interna
- die V. cephalica.

Prinzipiell ist die Einführung von der rechten Körperseite her günstiger, weil der Weg in das Herz etwas kürzer ist und die Einführung der Elektrode in den rechten Ventrikel leichter gelingt.

Die angegebene Reihenfolge für den venösen Zugang stellt gleichzeitig eine Bewertung der Verfahren dar. Die V. subclavia, die durch Punktion erreicht wird, ist die optimale Einführungsstelle. Die Subklaviapunktion geht am schnellsten, die Vene ist weit genug, um auch 2 Elektroden aufzunehmen, und auf eine Freilegung der Vene wird verzichtet. Einziges Risiko dieses Zugangs ist der punktionsbedingte Pneumothorax, der bei entsprechender Technik vermeidbar ist, aber an dessen mögliche Entstehung gedacht werden soll. Immer sollte daher nach Ende der Operation eine Thorax-Röntgenaufnahme zum Ausschluß eines Pneumothorax angefertigt werden.

Die Freilegung der V. jugularis interna bietet kaum Schwierigkeiten. Dort eingeführte Elektroden machen aber später nicht selten Komplikationen: Haut-Druckgeschwüre und in die Schulter und den Arm ausstrahlende Schmerzen. Der Zugang über die V. cephalica schließt dieses Problem aus. Ihr Lumen ist aber für die Einführung von 2 Elektroden im allgemeinen zu dünn. Zudem vergrößert die Präparation der Vene den Eingriff und verlängert ihn somit gegenüber der Subklaviapunktion.

Elektrodeneinführung durch Punktion der V. subclavia

Lagerung des Patienten

Der Patient liegt auf dem Rücken. Unter die obere Brustwirbelsäule wird in Längsrichtung ein schmales, etwa 10 cm hohes Kissen gelegt. Dadurch fallen, eine relativ gut bewegliche Wirbelsäule vorausgesetzt, die Schultern nach hinten, wodurch die Punktion der V. subclavia erleichtert wird. Der Kopf des Patienten wird in Mittelstellung und gering überstreckt mittels eines Kopfringes abgestützt. Bei Implantation des Schrittmachers rechts infraclavikulär wird der gestreckte Arm an der rechten Seite des Rumpfes durch ein vom Oberarm bis zu den Fingergrundgelenken reichendes Tuch, auf dem der Patient aufliegt, fixiert. Der Arm der anderen Seite wird, 90° im Schultergelenk nach außen abgewinkelt, auf einer Schiene fixiert. Die Blutdruckmanschette wird am rechten Arm (Operationsseite) angelegt, die Infusionsleitung am linken Arm. Die indifferente Elektrode für die Diathermie wird an der Ventralseite des rechten Oberschenkels fixiert. EKG-Klebelektroden werden an der Dorsalseite der rechten und linken Schulter und über der linken unteren Thoraxpartie in der mittleren Axillarlinie befestigt. Die anzuschließenden EKG-Elektrodenkabel müssen so gelegt werden, daß sie im Röntgendurchleuchtungsbild nicht stören und das Einschieben des Bildwandlers nicht behindern. Eine kleine Rolle knapp oberhalb der Kniehöhe unter den Oberschenkeln erleichtert dem Patienten für die Dauer der Operation entspanntes Liegen. Eine Pulselektrode wird an einer Fingerkuppe der linken Hand oder an der Stirn mit Pflaster befestigt und an den Pulsmonitor angeschlossen. Ein Bügel wird in etwa 40 cm Höhe über dem Scheitel des Patienten angebracht.

Vorbereitung des Operationsfeldes und Abdeckung

Das unmittelbare Operationsgebiet (rechte obere vordere Thoraxpartie) wird jetzt falls nötig rasiert und hierauf die vordere Thoraxregion einschließlich der rechten Schulter und des Halses beiderseits bis in Kinnhöhe gewaschen und in üblicher Weise abgedeckt. Auch der Bildwandler wird steril abgedeckt.

Wir bevorzugen die Operation in Horizontallage. Die bei diesen Patienten fast immer bestehende Einflußstauung schließt die Gefahr einer Luftembolie aus. Fallweise kippen wir während der Operation den gesamten Operationstisch so, daß der Oberkörper leicht erhöht ist (10–20°), um den Blutverlust gering zu halten.

Operationstechnik

Infiltration des geplanten Hautschnittes, der in der Länge von der Schrittmachergröße abhängig ist, mit 0,5- oder 1%iger Lokalanästhesielösung ohne Adrenalinzusatz. Der Hautschnitt verläuft etwa 1 Querfinger unterhalb des Klavikulaunterrandes diesem parallel und sollte, etwa in Höhe der Medioklavikularlinie beginnend, nach lateral geführt werden (Abb. 8-1 a und 8-1 b). Ein weiter medial gelegter Schnitt bedingt eine ungünstige Lage des Schrittmachers, bei der später Hautulzera über dem implantierten Gerät auftreten können. Hierauf wird die Subkutis in einem etwa kleinhändlergroßen Ausmaß unterhalb des Hautschnittes infiltriert (Abb. 8-2). Nach Durchtrennung der Haut wird das subkutane Fettgewebe bis auf die Faszie des M. pectoralis major mit dem Diathermiemesser durchtrennt; auch kleinste Gefäße im Schnittbereich werden koaguliert.

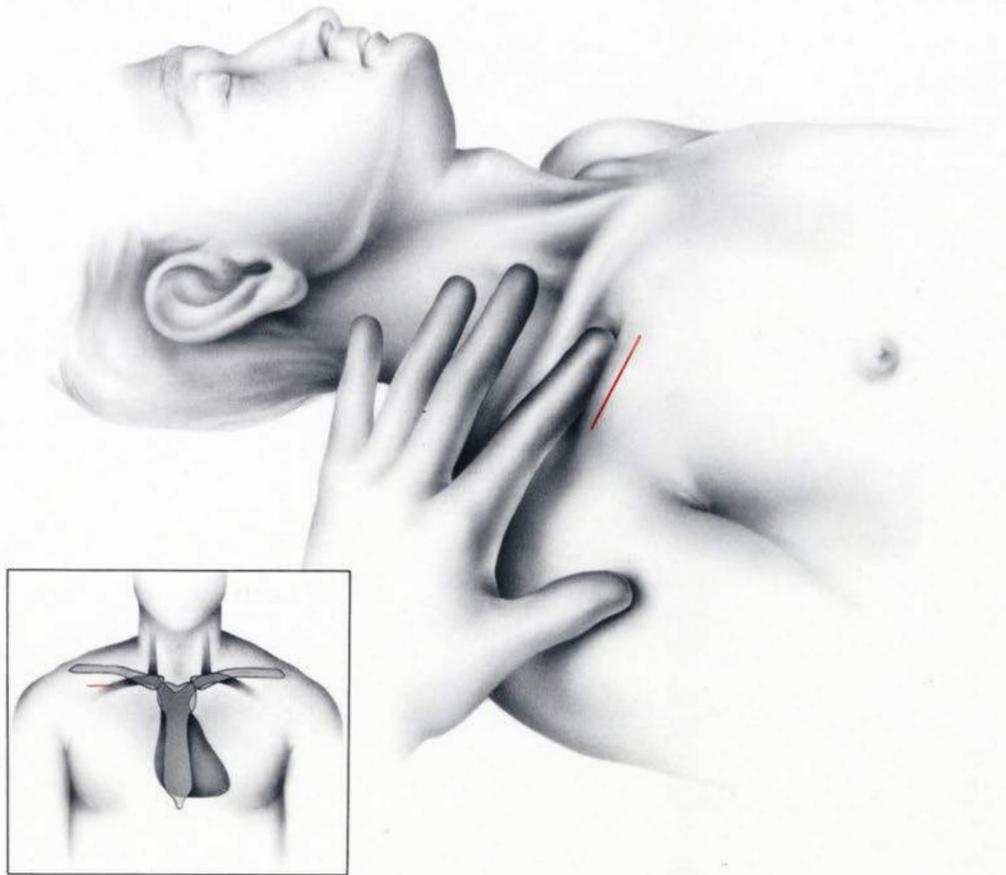


Abb. 8-1 Lage des Hautschnittes
a) ein Querfinger unterhalb des Klavikulaunterrandes und
b) parallel zur Klavikula.

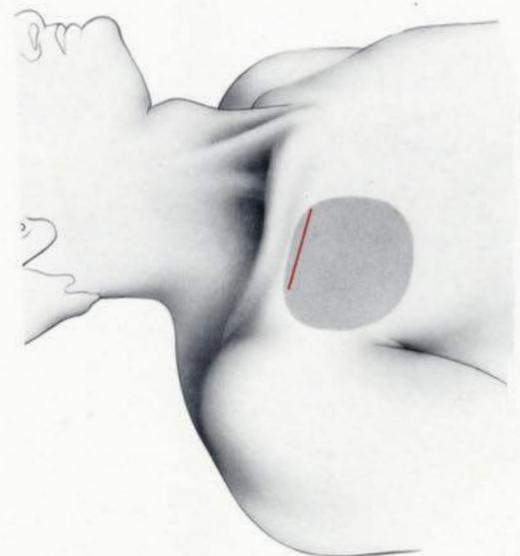


Abb. 8-2 Infiltrationsbereich für die Lokalanästhesie.

Nach Einsetzen von scharfen Haken und Hochziehen des Schnitttrandes (Abb. 8-3a) wird unter Belassung der Pektoralisfaszie das subkutane Fettgewebe vorwiegend durch stumpfe Präparation mit dem Finger (Abb. 8-3b) soweit nach unten abgelöst, daß der Schrittmacher später in dieser geschaffenen Loge Platz finden kann.

Cave

Keinesfalls darf diese Präparation so erfolgen, daß einzelne Muskelfasern nach ventral abgedrängt werden, weil dies zu Muskelzuckungen im Schrittmacher-Rhythmus führen würde.

Andererseits soll das subkutane Fettpolster in seiner gesamten Dicke als Schrittmacherlogenvorderwand erhalten bleiben, weil dadurch später auftretenden Drucknekrosen wirksam vorgebeugt werden kann.

Hierauf wird der obere Wundrand mit einem scharfen Haken hochgezogen. In Höhe der Medio-klavikularlinie wird nun von lateral mit Punktionsrichtung 2 cm oberhalb des Jugulums (Abb. 8-4) mit der auf die Spritze aufgesetzten Einmalpunktionsnadel des Subklavia-Sets zwischen Klavikulaunterrand und 1. Rippe eingegangen und unter wiederholter Aspiration die Nadel so weit vorgeschoben, bis venöses Blut leicht aspiriert werden kann.

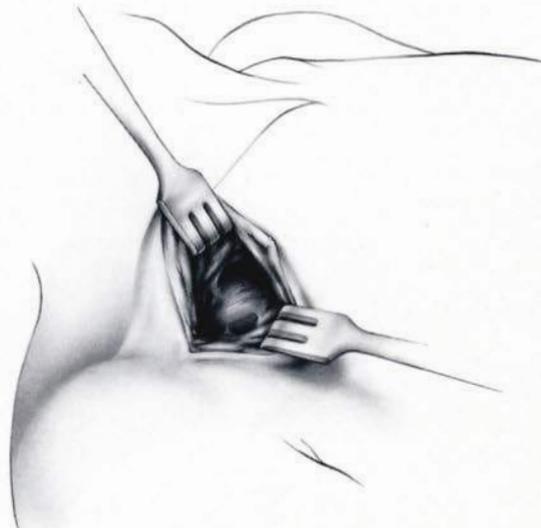


Abb. 8-3a Hochziehen der Schnitttränder mit scharfen Haken.



Abb. 8-3b Stumpfe Präparation der Schrittmacherloge mit den Fingern.

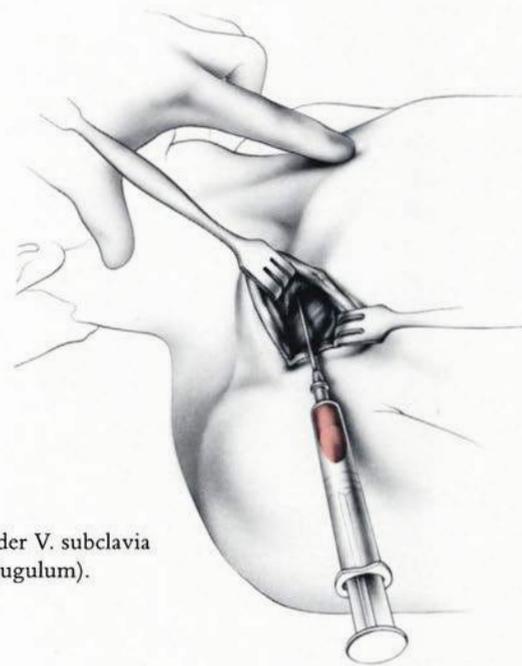


Abb. 8-4 Punktion der V. subclavia (Zeigefinger liegt im Jugulum).

Nach Absetzen der Spritze (Abb. 8-5a) wird der an seiner Spitze U-förmig gebogene Stahlführungsdraht in der aufgefädelten Plastikhülse gestreckt (Abb. 8-5b) und durch die Nadel eingeführt (Abb. 8-5c). Zur Erleichterung der später erforderlichen Einführung des Dilatators wird der Punktionskanal entlang der Nadel mit spitzem Messer oder Schere etwas erweitert (Abb. 8-5d). Zumeist läßt sich der Führungsdraht ohne Widerstand in den rechten Vorhof vorschieben (Abb. 8-6) (Bildwandlerkontrolle!).

Wird bei der Punktion die hinter und kranial der V. subclavia liegende A. subclavia punktiert (arterielles Blut wird aspiriert, das nach Absetzen der Spritze sich pulsierend durch die Nadel entleert), so wird die Nadel zurückgezogen und der Punktionsvorgang wiederholt.

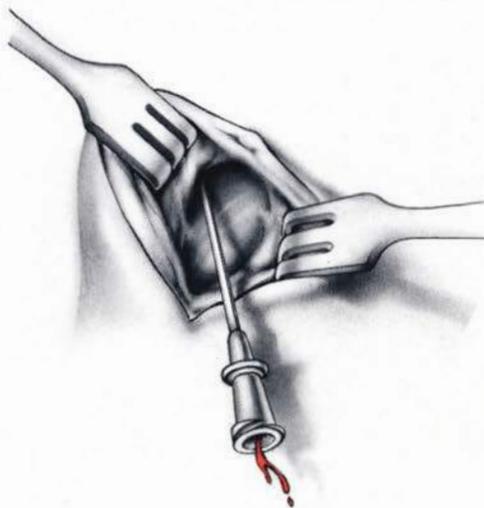


Abb. 8-5a Nach Entfernen der Spritze tropft venöses Blut aus der Punktionskanüle.



Abb. 8-5b Der U-förmig gebogene Stahlführungsdraht wird durch Zurückziehen in die Plastikhülse gesteckt.



Abb. 8-5c Einführung des Stahlführungsdrahtes mit der Plastikhülse in die Punktionskanüle.



Abb. 8-5d Der Punktionskanal wird entlang dem Führungsdraht scharf erweitert.

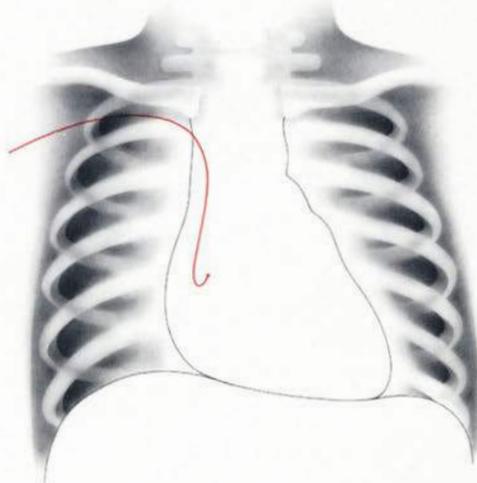
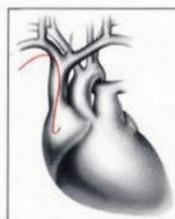


Abb. 8-6 Röntgenologisches Erscheinungsbild nach Vorschieben des Führungsdrahtes bis in den rechten Vorhof.

Mögliche Schwierigkeiten

Der Führungsdraht läßt sich trotz richtig liegender Punktionsnadel nicht weiter vorschieben (federnder Widerstand!):

- Die Spitze des Führungsdrahtes verfängt sich im Einmündungsbereich der V. jugularis.
- Der Führungsdraht liegt in der V. jugularis, die Spitze unterhalb der Schädelbasis.
- Der Führungsdraht liegt in einer anderen Vene: z. B. linke Subclavia, V. mammaria.

Vorgangsweise: Zunächst wird die Punktionsnadel über dem liegenden Draht zurückgezogen, um ein Aufscheuern des Drahtes an der Nadelspitze zu vermeiden. Dann wird unter Bildwandlerkontrolle und Drehen des Führungsdrahtes dieser vom Venenwinkel in die obere Hohlvene und den rechten Vorhof gesteuert. Sollte er bei diesem Manöver versehentlich ganz aus der Vene herausgezogen worden sein, so ist der Venenpunktionvorgang zu wiederholen.

Bei regelrecht liegendem Führungsdraht wird die Nadel entfernt und die mandrinbewährte Plastikhülse des Sets auf den Draht aufgefädelt (Abb. 8-7). Ein Vorbiegen des Dilators im Spitzendrittel erleichtert das Einführen in die obere Hohlvene wesentlich. Unter leichtem Druck wird der Plastikdilator über dem gestreckt gehaltenen Draht in die V. subclavia ein- und in die obere Hohlvene vorgeschoben (Abb. 8-8). Überprüfung der Lage durch Röntgenkontrolle!

Cave

Hält man den Führungsdraht beim Einführen des Plastikdilators nicht gestreckt, so kann er vor der Veneneintrittsstelle knicken (Abb. 8-9), und die Einführung gelingt nicht.

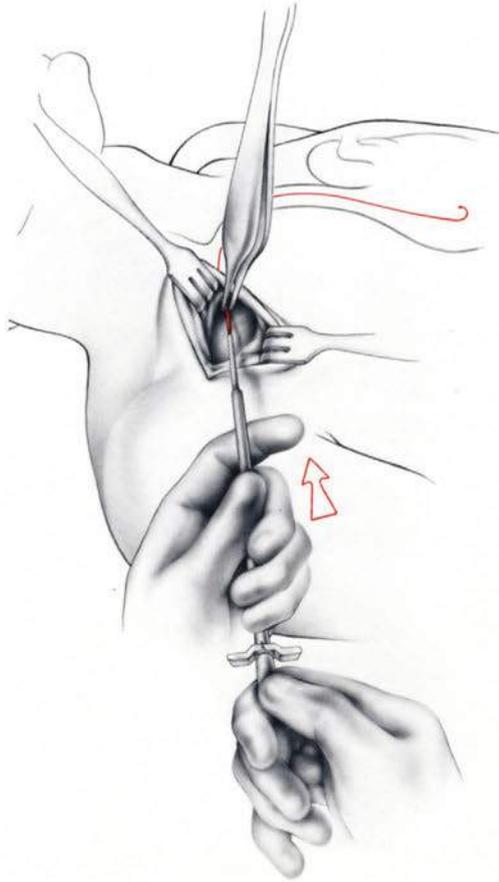


Abb. 8-7 Die Punktionsnadel ist entfernt. Der Plastikdilator wird über den liegenden Führungspunkt vorgeschoben.

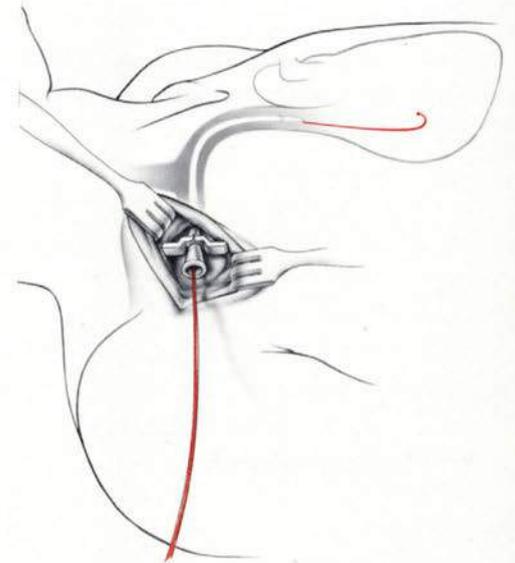


Abb. 8-8 Vorschieben des Plastikdilators über den Führungsdraht in die V. subclavia.

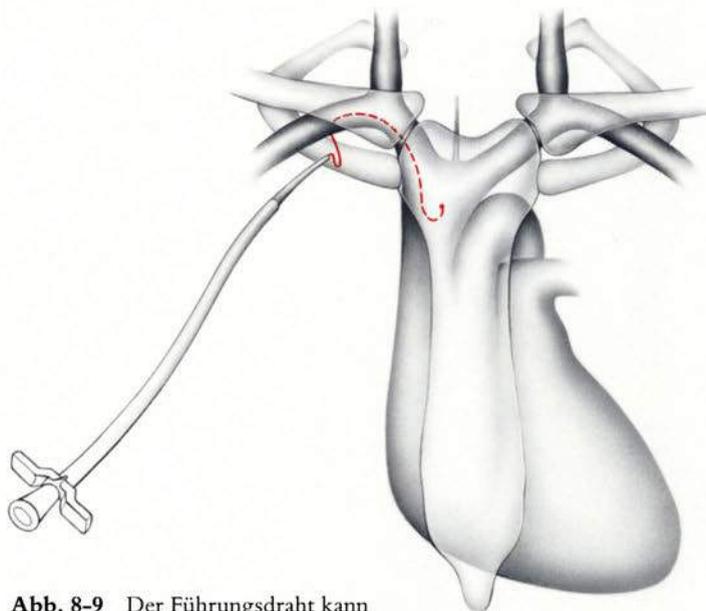


Abb. 8-9 Der Führungsdraht kann beim Einführen des Plastikdilators vor der Veneneintrittsstelle abknicken.

Nun wird der Führungsdraht und hierauf leicht drehend der Plastikmandrin entfernt (Abb. 8-10 und 8-11). Aus der offenen Plastikhülse entleert sich venöses Blut. Bei sehr hohem Venendruck kann durch Kippen des Tisches (Erhöhung des Kopfes) der Blutverlust trotzdem klein gehalten werden.

Cave

Luftembolie bei zu starker Oberkörpererhöhung!

Die Schrittmacherelektrode wird nun durch die Plastikhülse in den rechten Vorhof eingeführt (Abb. 8-12). Sollte eine zweite Elektrode erforderlich sein, so wird auch diese in den Vorhof vorgeschoben (Abb. 8-13). Dabei ist zu beachten, daß die Elektrode mit größerem Kopfdurchmesser (meist die spätere Vorhofelektrode) zuerst eingeführt wird. Jetzt wird die Plastikhülse durch Auseinanderziehen der beiden Hälften entfernt (Abb. 8-14), wobei darauf geachtet werden muß, daß die Elektrode nicht mit herausgezogen wird. Mit der Entfernung der Plastikhülse sistiert die Blutung, und es besteht kein Luftembolierisiko mehr.

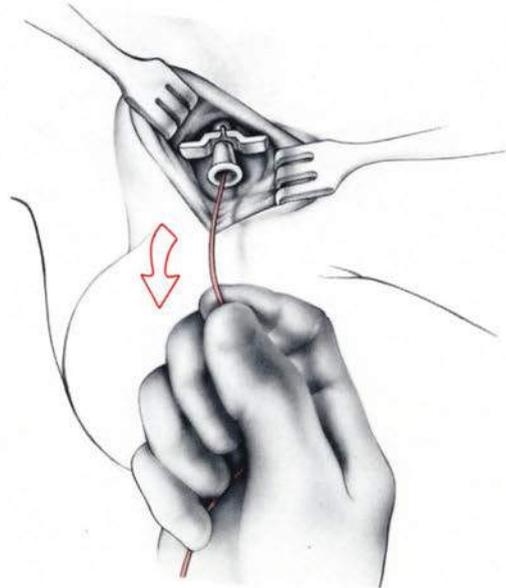


Abb. 8-10 Der Plastikdilator liegt in der V. subclavia, der Führungsdraht kann entfernt werden.



Abb. 8-11 Entfernung des Plastikmandrins unter leichtem Drehen.



Abb. 8-12 Die Schrittmacherelektrode wird in die Plastikhülse eingeführt und in den rechten Vorhof vorgeschoben.

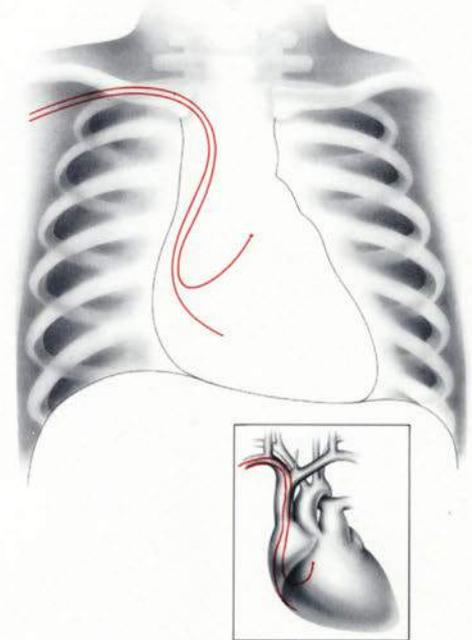


Abb. 8-13 Zwei Elektroden sind in die Plastikhülse eingeführt und bis in den rechten Vorhof bzw. in den rechten Ventrikel vorgeschoben (röntgenologisches Erscheinungsbild).



Abb. 8-14 Entfernung der Plastikhülse durch Auseinanderziehen beider Hälften.

Elektrodenplatzierung und Verankerung

Die Platzierung der Elektrode (oder der Elektroden) erfolgt unter Bildwandlerkontrolle. Im Falle der Verwendung zweier Elektroden sollte zunächst die Vorhofelektrode, dann erst die Ventrikelektrode platziert werden. Beide Elektroden liegen zunächst im rechten Vorhof.

- Vorhofelektrode. Im allgemeinen werden sogenannte J-Elektroden verwendet, die mit gestreckter Spitze (vorgeschobener Mandrin) eingeführt wurden. Die Elektrode liegt mit ihrer Spitze in Vorhofmitte. Nach Zurückziehen des Mandrins um einige Zentimeter nimmt die Elektrodenspitze ihre J-Krümmung ein (Abb. 8-15). Durch Drehen der Elektrode wird die Spitze nach medial und vorne in das rechte Herzohr geleitet (Abb. 8-16) und verfängt sich dort mit ihren Plastikborsten in den Trabekeln. In der Durchleuchtung erkennt man die richtige Position an der nach vorne und gering nach medial gedrehten Spitze.

Durch Messung der Elektrodenparameter mit Hilfe des sterilen Meßkabels (negativer Pol an der Elektrode, positiver Pol in der Subkutis der Inzision) wird neben der anatomisch korrekten Lage auch die elektrische Funktionstüchtigkeit ermittelt (jeweilige Herstellerangaben beachten, die Meßgrößen sind modellabhängig; die Reizschwelle sollte bei 1–1,2 V liegen).

Cave

Die Verwendung von Schraubelektroden bringt am Vorhof erhöhte Perforationsgefahr. Über den Mechanismus muß man sich vor Einführung der Elektrode informieren.

Nun wird der Stahlmandrin vollständig entfernt und die Elektrode an der Punktionsstelle durch Naht fixiert (Abb. 8-17). Die bei den meisten Modellen aufgefädelt Plastiköhle erlaubt eine sichere Fixierung ohne Gefahr einer Verletzung der Elektrodenisolierung. Durch leichten Zug an der Elektrode überzeugt man sich über den festen Sitz.

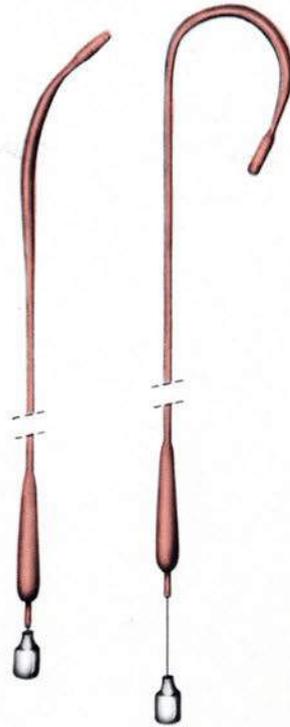


Abb. 8-15 Vorhof-J-Elektrode. Nach Zurückziehen des Mandrins nimmt die Elektrodenspitze ihre J-Krümmung ein.

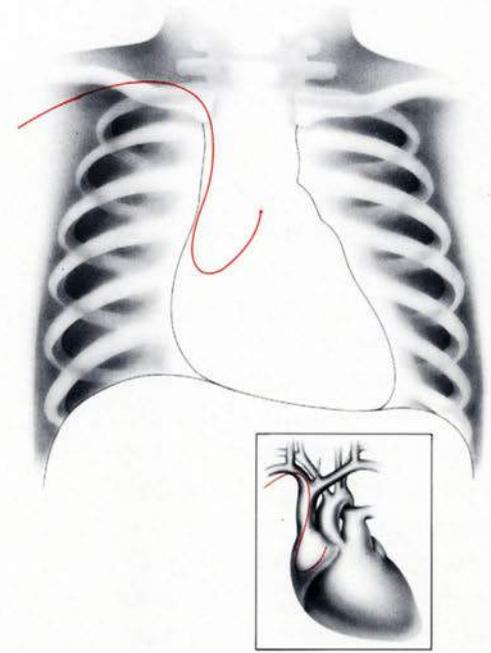


Abb. 8-16 Röntgenologisches Erscheinungsbild bei Lage der Elektrode im rechten Herzohr.

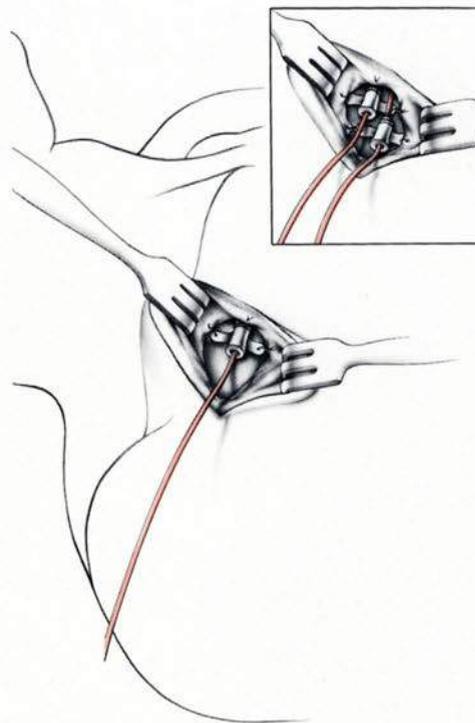


Abb. 8-17 Fixierung der Elektroden im Bereich der Punktionsstelle durch mehrere Einzelknopfnähte.

• **Ventrikel­elektrode.** Die Ven­tri­kel­elektrode wird vom rechten Vorhof her mit ganz eingeschobenem Mandrin in den rechten Ventrikel vorgeschoben. Dies kann erleichtert werden, indem man die Spitze des Stahlmandrins leicht abbiegt und durch Drehen am Mandrin die Elektrodenspitze durch die Trikuspidalklappe manövriert. Ist die Elektrodenspitze einmal im rechten Ventrikel, so kann der Mandrin unter Vorschieben der Elektrode schrittweise zurückgezogen werden. Die Elektrode wird dann leicht in die Pulmonalarterie ausgeschwemmt (Abb. 8-18). In diesem Fall wird der Mandrin wieder zur Elektrodenspitze vorgeschoben und hierauf die Elektrode langsam durch die Pulmonalklappe zurückgezogen. Das Elektrodenende beschreibt dabei einen Bogen um die Crista supraventricularis. Wenn die Elektrodenspitze aus dem Ausflußtrakt des rechten Ventrikels zurückgezogen ist, schnellt sie nach unten und kann nun ohne Schwierigkeit in den Spitzenbereich des rechten Ventrikels vorgeschoben werden (Abb. 8-19a). Da dies mit vollständig vorgeschobenem Mandrin erfolgt, darf dabei keinesfalls Druck aufgewendet werden.

Cave
Perforationsgefahr.

Bei richtiger Lage muß die Elektrodenspitze links vom Wirbelsäulenrand in Zwerchfellhöhe liegen. Nach Zurückziehen des Mandrins (10–20 cm) wird die Elektrode unter leichtem Drehen etwas vorge­schoben, wodurch sie sich einerseits im Ventrikeltrabekelwerk verankert (Abb. 8-19b) und andererseits im rechten Vorhof einen leichten Bogen beschreibt (Abstützung an der rechten Vorhofwand). Dadurch bleibt die Elektrodenspitze bei Zwerchfellbewegungen an ihrer Stelle liegen.

Nun erfolgt die Ermittlung der elektrischen Parameter. Wenn diese befriedigen (die Reizschwelle sollte unter 1 V, der Elektrodenwiderstand bei 500–600 Ω liegen), sollte mit

einer Spannung, die dem Maximalwert der Schrittmacherspannung entspricht, geprüft werden, ob eine impuls­gesteuerte Reizung des N. phrenicus erfolgt (impulsabhängige Zwerchfellkontraktion links). In diesem Fall muß die Elektrode zurückgezogen und an anderer Stelle neu verankert werden. Gleiches gilt, wenn die Meßergebnisse nicht befriedigen (hohe Reizschwelle: Narben im Myokard).

Besonders bei stark dilatier­tem rechten Ventrikel können das Auffinden einer günstigen Stelle und die Verankerung erhebliche Zeit beanspruchen.

Durch Aufforderung des Patienten zum Husten (einer der Vorteile der Lokalanästhesie) muß man sich unter Röntgenkontrolle vom festen Sitz der Elektrodenspitze überzeugen.

Nach Zurückziehen des Mandrins erfolgt die Fixierung der Elektrode an der Einbringungsstelle durch Naht wie oben beschrieben.

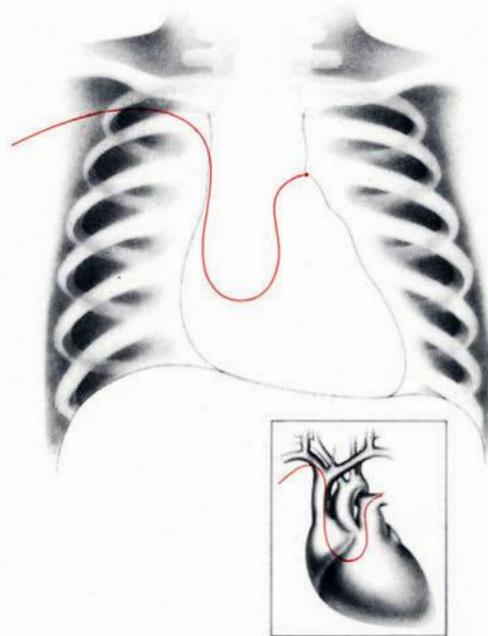


Abb. 8-18 Röntgenologisches Erscheinungsbild bei Lage der Elektrode in der Pulmonalarterie.

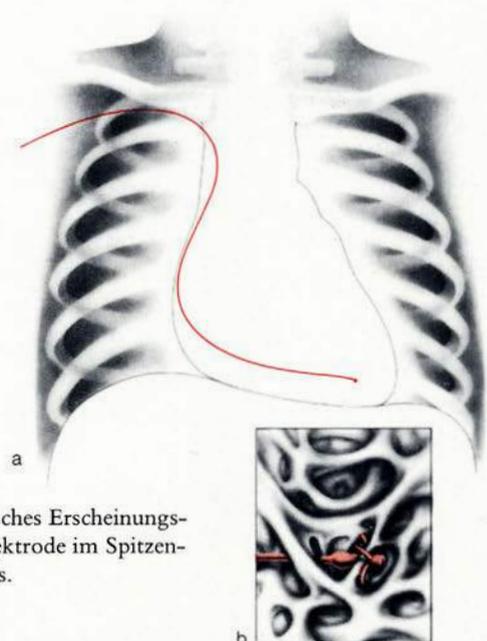


Abb. 8-19a Röntgenologisches Erscheinungsbild bei Lage der Ventrikel­elektrode im Spitzenbereich des rechten Ventrikels.

Abb. 8-19b Die Spitze der Elektrode hat sich mit den Borsten im Trabekelwerk verankert.

• Fehlermöglichkeiten. Die Elektrode liegt nicht im rechten Ventrikel, sondern im Koronarsinus (Abb. 8-20): Röntgenologisch verläuft die Elektrode in der Richtung der Atrioventrikulärebene (etwa 45° von rechts nach links aufsteigend) und kann nicht in die Pulmonalarterie vorgeschoben werden. Zumeist ist keine Myokardreizung möglich.

Perforation der Elektrodenspitze durch die Wand des rechten Ventrikels (Abb. 8-21): Bei weiterem Vorschieben bewegt sich die Elektrodenspitze frei in der Perikardhöhle. Eine elektrische Reizung des Myokards ist bei normaler Spannung nicht möglich. Bei Erkennen der Komplikation sofortiges Zurückziehen der Elektrode in den rechten Ventrikel und vorsichtige Neuplazierung. Die Blutung in den Herzbeutel sistiert im allgemeinen spontan, ohne daß Erscheinungen einer Herzbeutelamponade auftreten.

Einbringen des Schrittmachers

Einführen und Schraubfixierung der Elektrode in die Schrittmacherbuchse (Abb. 8-22a). Bei Verwendung zweier Elektroden ist auf den richtigen Anschluß (Vorhofelektrode in Vorhofbuchse) zu achten. Bei Verwendung bipolarer Elektroden sollte der Anschluß so erfolgen, daß der vordere Elektrodenpol an den negativen Schrittmacheranschluß kommt. Der überstehende Elektrodenteil wird in Schlingen gelegt und so in die subkutane Tasche eingebracht, daß der Schrittmacher mit nach vorne schauender Beschriftung (Abb. 8-22b) über den Drahtschlingen zu liegen kommt. Der Wundverschluß erfolgt ohne Drainage zweischichtig (Subkutannaht, Hautnaht).

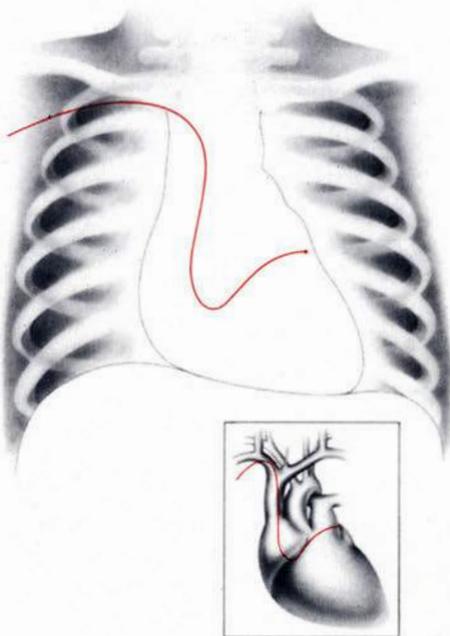


Abb. 8-20 Erscheinungsbild bei Lage der Ventrikelektrode im Koronarsinus.

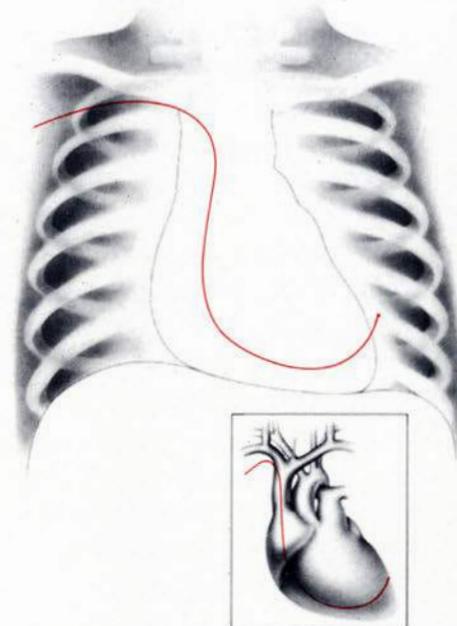


Abb. 8-21 Röntgenologisches Erscheinungsbild bei Perforation der Elektrodenspitze durch die Wand des rechten Ventrikels.

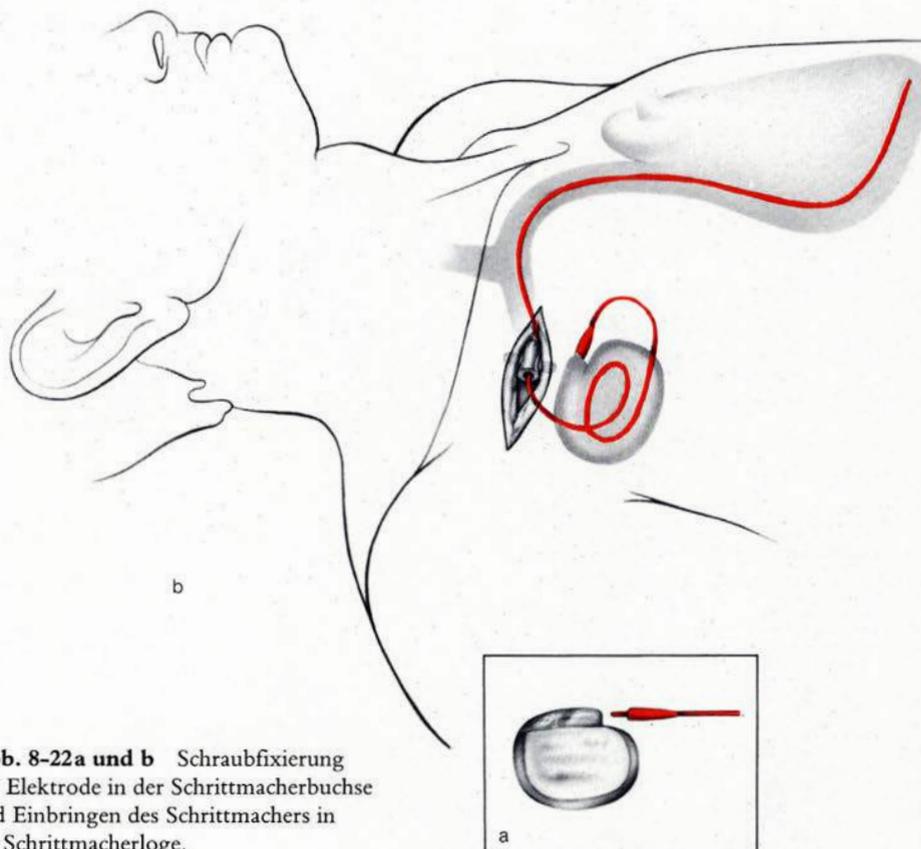


Abb. 8-22a und b Schraubfixierung der Elektrode in der Schrittmacherbuchse und Einbringen des Schrittmachers in die Schrittmacherloge.

Elektrodeneinführung über die V. jugularis interna

Hautschnitt in Spaltrichtung fingerbreit oberhalb des sternalen Klavikulaendes rechts. Der M. sternocleidomastoideus wird in Faserrichtung gespalten und mit 2 Fensterhaken auseinandergehalten (Abb. 8-23a). Unmittelbar darunter kommt man nach Spaltung der Gefäßnervenscheide auf die V. jugularis interna (Abb. 8-23b), die im oberen Wundbereich zumeist vom M. omohyoideus gedeckt ist. Dieser kann eingekerbt oder durchtrennt werden. Jetzt liegt die Venenvorderwand frei. Ein fallweise vergrößerter rechter Schilddrüsenseitenlappen wird mit einem Langenbeck-Haken nach medial gehalten.

An der Venenvorderwand wird jetzt eine Tabaksbeutelnaht mit resorbierbarem, monofilem Nahtmaterial (PDS) gelegt (Durchmesser etwa 8 mm) (Abb. 8-24). Sie beginnt medial, wird bis zur halben Zirkumferenz herumgeführt, dort im Abstand von mehreren Zentimetern mit gummibezogenem Klemmchen fixiert und dann über die restliche Zirkumferenz beendet. Beide Fadenenden werden durch ein dünnes Tourniquetschläuchchen geführt und ohne Spannung angeklemt. Mit spitzem Messer wird die Vene innerhalb der Tabaksbeutelnaht eröffnet und die Elektrode eingeführt, was durch Auseinanderziehen der beiden Fadenklemmchen erleichtert wird. Ist die Elektrodenspitze herzwärts eingeführt, so wird das laterale Klemmchen vom Faden entfernt und der Tourniquet soweit zugezogen, daß die Blutung sistiert, aber die Elektrode leicht beweglich bleibt. Nun wird durch Verschieben die Elektrode in üblicher Weise plaziert. Hierauf wird die Tabaksbeutelnaht an der Venenvorderwand geknotet.

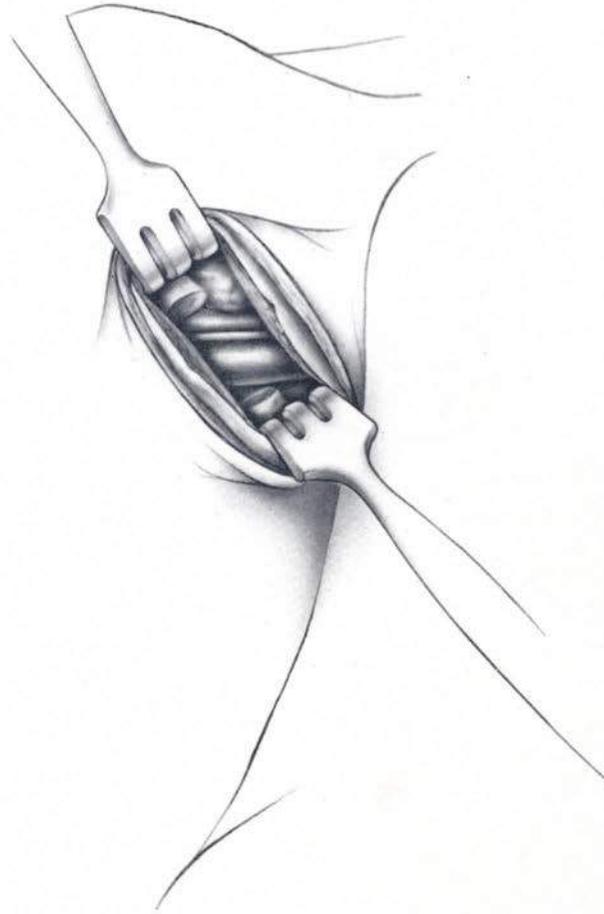


Abb. 8-23a Freilegung der V. jugularis interna. M. omohyoideus ist durchtrennt.

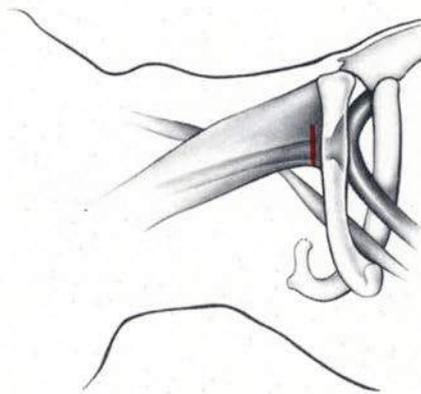


Abb. 8-23b Topographie der V. jugularis interna und Schnittführung.

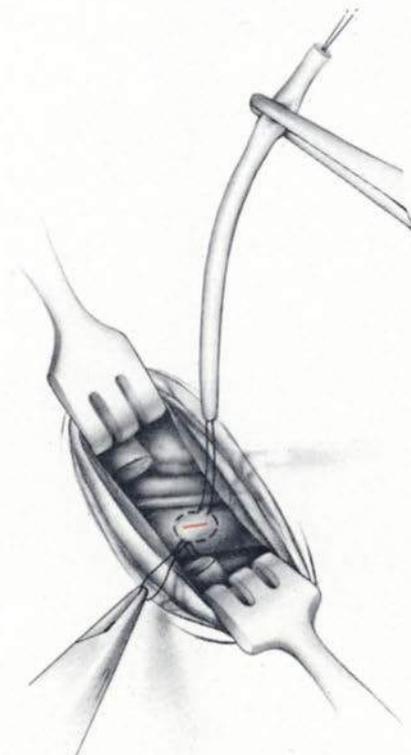


Abb. 8-24 Tabaksbeutelnaht an der Venenvorderwand mit resorbierbarem Nahtmaterial.

Von der infraklavikulären Schrittmacherloge wird nun subkutan eine Kornzange stumpf zur Halswunde vorgeschoben, das Elektrodenende gefaßt und in die Schrittmacherloge heruntergezogen (Abb. 8-25). Hier wird die Elektrode durch Fixationsnaht am Schrittmacherlogensboden befestigt, wobei darauf zu achten ist, daß keine Spannung auf die Elektrode wirkt, das heißt, die Elektrode in lockerem Bogen oder unter Bildung einer Schlinge unter dem M. sternocleidomastoideus liegt. Die Halswunde wird durch Muskeladaptations- und Hautnaht verschlossen.

Bei Einlegen zweier Elektroden werden hintereinander diese durch eine Veneninzision eingeführt.

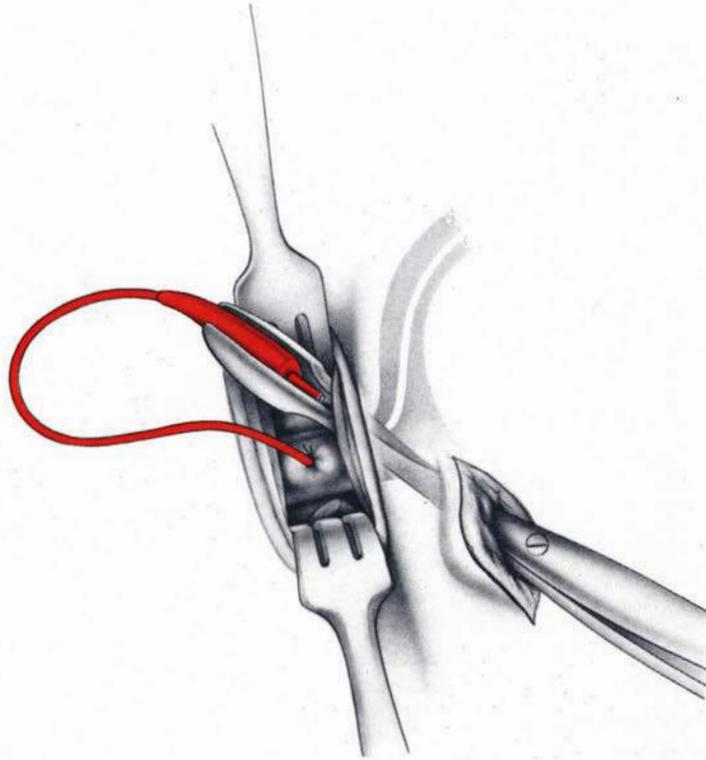


Abb. 8-25 Stumpfes Durchziehen des Elektrodenendes zur Schrittmacherloge mit Hilfe einer Kornzange.

Cave

Luftemboliegefahr nach Veneneröffnung! Eine Unterfahrung und Anschlingung der V. jugularis interna sollte unterbleiben, da die Gefahr einer Venenverletzung relativ groß ist.

Bei Elektrodeneinführung von links her besteht die Gefahr der Verletzung der Einmündungsstelle des Ductus thoracicus. Auch ist die Elektrodenplatzierung von links her schwieriger.

Elektrodeneinführung über die V. cephalica

Vorteil: Nur eine Inzision (typische Schrittmacherlogeninzision infraklavikulär) ist erforderlich.

Nachteil: Die Vene ist im allgemeinen zu dünnkalibrig, um zwei Elektroden einführen zu können.

Der obere Rand des M. pectoralis major wird knapp lateral seines klavikulären Ursprungs dargestellt (Abb. 8-26a). Im Fettgewebe zwischen ihm und dem vorderen Rand des M. deltoideus verläuft parallel zur Klavikula die V. cephalica. Sie wird angeschlungen, nach distal ligiert und an der Vorderwand eröffnet. Die Elektrode wird nach proximal hin eingeführt. Die Vene wird nach erfolgter Platzierung über der Elektrode mit resorbierbarem Faden ligiert (Abb. 8-26b).

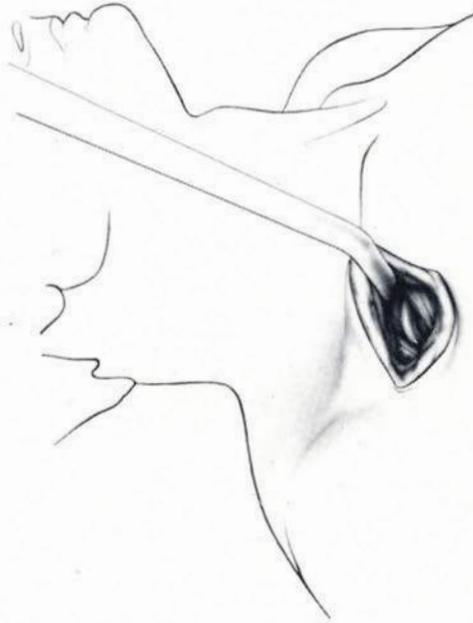
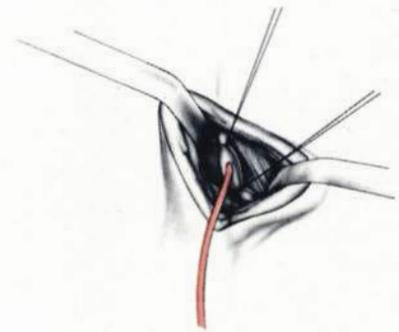


Abb. 8-26a Darstellung des M. pectoralis major lateral von seinem klavikulären Ursprung.
Abb. 8-26b Ligierung der V. cephalica distal und proximal über der Elektrode.



Cave

Venenligaturen über Elektroden sollten mit resorbierbarem Nahtmaterial erfolgen, um die Elektrodenentfernung im Infektionsfall zu ermöglichen!

Schrittmacher- implantation im Kindesalter

Prinzipiell unterscheidet sich die Technik des Venenzugangs bei Kindern nicht von der beim Erwachsenen. Auch bei Kindern ist die Punktion der V. subclavia die empfehlenswerteste Methode. Die Operation muß aber unter Bedingungen der Allgemeinanästhesie erfolgen.

Gängige Schrittmachertypen sind beim Kind für die infraklavikuläre subkutane Implantation zu groß. Die Schrittmacherloge wird daher präperitoneal in der Bauchdecke im Epigastrium angelegt: medianer Längsschnitt unterhalb des Xiphoids. Nach Durchtrennung der Linea alba wird das präperitoneale Fettgewebe stumpf abgeschoben, um den Schrittmacher in die präperitoneale Loge einbringen zu können.

Verletzungen des Bauchfells müssen vermieden werden, damit der Schrittmacher nicht in die Bauchhöhle fällt.

Die Elektrode wird von der Veneneinbringungsstelle subkutan (mit langer Kornzange oder eigenem Spieß) in die Schrittmacherloge durchgezogen (Abb. 8-27).

Wachstumsbedingt muß die Elektrode meist nach kurzer Zeit (1 bis 2 Jahre) erneuert werden.

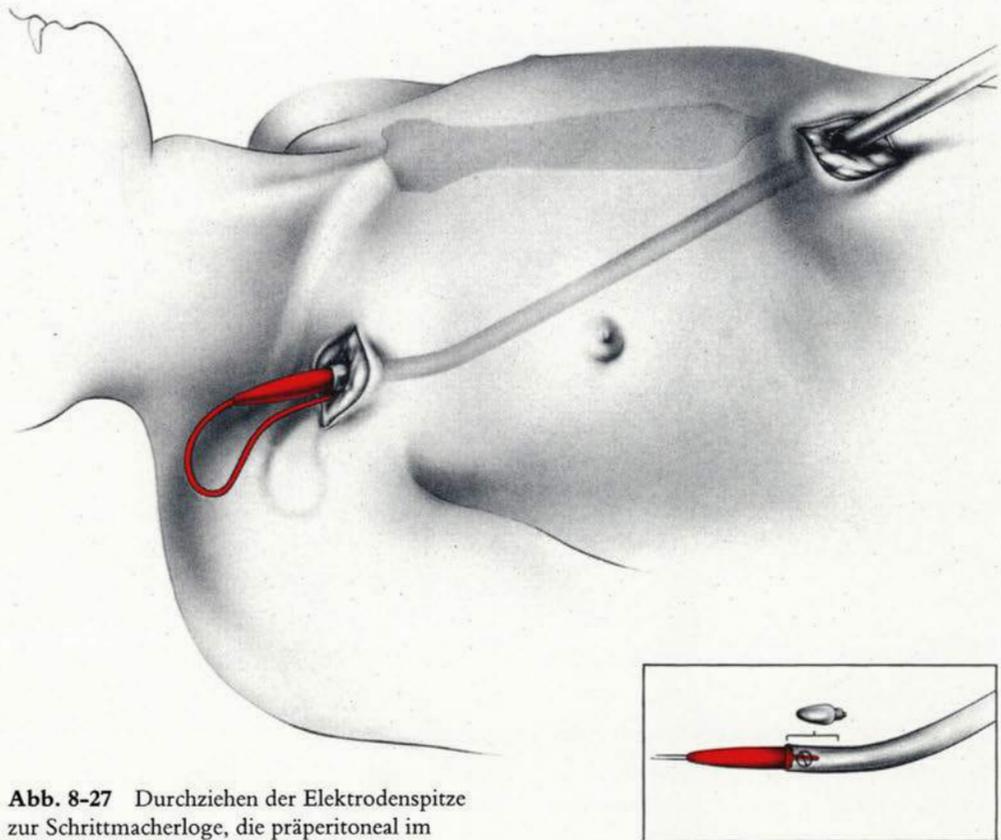


Abb. 8-27 Durchziehen der Elektrodenspitze zur Schrittmacherloge, die präperitoneal im Epigastrium angelegt ist.

Intraoperative Komplikationen

Vorgehen bei intraoperativer Kammerasystolie und Kammerflimmern

Wenn zum Beispiel bei Schrittmacherwechsel nach Abnahme des auszutauschenden Schrittmachers eine Asystolie auftritt, kann diese durch sofortigen Anschluß des Testgerätes behoben werden. Der neue Schrittmacher wird vorbereitet, teilweise in die Loge eingebracht und hierauf die Elektrode angeschlossen. Die Dauer der Asystolie bleibt dadurch minimal.

Eine Asystolie während der Elektrodenimplantation ist durch externe Herzmassage und medikamentöse Applikation in die venöse Leitung (Adrenalin, Orciprenalin) zu beheben.

Sollte im Rahmen der Elektrodenimplantation Kammerflimmern auftreten (vorübergehende tachykarde Rhythmusstörungen sind häufig), so wird der Defibrillator mit externen Elektroden erst in Einsatz gebracht, wenn der Patient das Bewußtsein verloren hat. Die Elektroden werden links und rechts am unteren Brustkorb ohne Störung der Asepsis des Operationsfeldes angelegt. Nach erfolgter Defibrillation wird durch externe Herzmassage meist wieder ein langsamer Kammerrhythmus einsetzen, die Operation kann fortgesetzt werden.

Vorgehen bei Ventrikelperforation

Bei sehr dünnwandigem rechten Ventrikel kann bei zu starkem Druck auf die mandrinbewehrte Elektrode die Elektrodenspitze perforieren. In der Bildwandlerdurchleuchtung ist dann die Bewegung der Elektrode im Herzbeutel beim weiteren Vorschieben erkennbar, das Myokard läßt sich mit üblicher Reizspannung nicht erregen. Bei Verwendung heute üblicher dünner Elektroden wird die Elektrode einfach zurückgezogen

(der Widerstand bei Passieren der Ventrikelwand ist fühlbar) und in einem erneuten Versuch richtig plaziert. Der Patient muß postoperativ genau (wenn möglich mit Ultraschall) auf das Auftreten eines Hämoperikards mit Tamponadesymptomatik kontrolliert werden. Zumeist ist eine operative Versorgung der Perforationsstelle aber nicht erforderlich.

Die chronische Ventrikelperforation (Wochen oder Monate nach der Implantation) wird am Schrittmacherausfall erkannt. Die Elektrode wird in diesem Fall zurückgezogen und neu plaziert. Nachblutungen sind kaum zu befürchten.

Komplikationen nach der Schrittmacher- implantation

Elektrodenislokation

In den ersten Tagen nach der Implantation kann eine Veränderung der Elektrodenspitzenlage zeitweiligen oder dauernden Schrittmacherausfall verursachen. Die Indikation zur sofortigen Korrektur der Elektrodenlage ergibt sich aus dem EKG-Befund (fehlende Sensorfunktion, fehlender Response) unabhängig vom radiologischen Befund (Lage der Elektrode).

Vorgangsweise: In Lokalanästhesie Wiedereröffnung der Schrittmacherloge und Entnahme des Schrittmachers. Der Schrittmacher wird nach Lockerung der Elektrodenfixationschraube von der Elektrode getrennt. Nach Durchtrennung der Elektrodenfixationsligatur wird ein Mandrin in die Elektrode eingeführt und unter Bildwandlerkontrolle die Elektrode neu plaziert. Weiteres Vorgehen siehe Schrittmacherimplantation!

Beachte: Bei radiologisch exakter Lage der Elektrodenspitze, aber fehlender Sensor- und/oder Reizübertragungsfunktion kann bei programmierbaren Schrittmachern versucht werden, durch Erhöhung der Voltzahl und Verlängerung der

Impulsdauer mit dem Programmiergerät die Schrittmacherfunktion wiederherzustellen. Ursache für den Funktionsausfall ist eine in den ersten postoperativen Tagen auftretende Erhöhung der Reizschwelle.

Bei Spätdislokationen (z. B. nach Schrittmacherwechsel) muß meist eine neue Elektrode implantiert werden.

Muskelzucken

Das Auftreten von impulssynchronem Zucken der Muskulatur in der Gegend der Implantationsstelle (bei erhaltener Schrittmacherfunktion) ist für den Patienten sehr unangenehm und muß behoben werden. Ursache sind entweder Isolationsdefekte an der Elektrode (Durchschneiden der Nahtligatur an der Elektrodeneinbringungsstelle) oder über dem Schrittmacher verlaufende Muskelfasern. Das Vorliegen eines Isolationsdefektes erkennt man nach Eröffnung der Schrittmacherloge am Eintritt blutiger Flüssigkeit in die Elektrode (blauschwarze Verfärbung der Elektrode). In diesem Fall muß die Elektrode erneuert werden: Vorgehen wie bei der Erstimplantation.

Einzelne über den Schrittmacher wegziehende Muskelfasern können reseziert werden. Sicherer ist die Verlagerung des Schrittmachers subkutan etwas weiter lateral. Bei programmierbaren Schrittmachern kann Muskelzucken durch Verminderung der Impulshöhe meist auch unblutig beseitigt werden. Dies gilt natürlich nicht, wenn ein Isolierungsdefekt vorliegt.

Wundinfektion

Bei Auftreten einer Schrittmacherlogen-Infektion (Frühinfektion: unmittelbar postoperativ; Spätinfektion: nach Monaten oder Jahren, besonders bei Druckulzera der deckenden Hautschichten) muß das gesamte System entfernt werden.

Zweckmäßig ist es, bei schrittmacherabhängigen Patienten zunächst eine Neuimplantation an der anderen Körperseite vorzunehmen und unmittelbar im Anschluß daran den infizierten Schrittmacher und die Elektrode zu entfernen. Die infizierte Schrittmacherloge wird über einer Drainage nur locker verschlossen.

Läßt sich eine infizierte Elektrode nicht entfernen, weil sie im Herzen fest verankert ist, so kann im extrem seltenen Fall auch die Entfernung über Sternotomie am offenen Herzen erforderlich werden.

Schrittmacheraustausch

Bei Funktionsausfall eines implantierten Schrittmachers durch Batterieerschöpfung oder technisches Gebrechen ist der Austausch indiziert.

Vorgangsweise: Wiedereröffnung der Schrittmacherloge durch die Narbe. Dabei sollte vorsichtig vorgegangen werden, um die Elektrode nicht zu verletzen. Nach Lösung des Schrittmachers von der Elektrode werden die elektrischen Elektrodenparameter bestimmt. Wenn diese für eine weitere jahrelange Funktion der Elektrode ausreichend erscheinen (Reizschwelle nicht über 2,5 V bei Ventrikelektroden), wird ein neuer Schrittmacher an die Elektrode angeschlossen. Bei geändertem System kann hierfür ein Elektrodenadapter erforderlich sein. Der neue Schrittmacher wird in die bestehende Loge eingebracht.

Ist die Elektrode wegen zu hoher Reizschwelle oder aus anderem Grunde nicht mehr geeignet, wird sie belassen (eventuell gekürzt) und eine neue Elektrode in üblicher Weise eingeführt.

Prinzipiell gilt, daß bei allen Korrekturmaßnahmen an implantierten Schrittmachern die technischen Vorbereitungen wie für eine Schrittmacher-Erstimplantation gegeben sein müssen.

Weiterführende Literatur

1. Furman, S., D. L. Hayes: Implantation of atrioventricular synchronous and atrioventricular universal pacemakers. *J. thorac. cardiovasc. Surg.* 85 (1983) 839
2. Furman, S., M. Behrens, C. Andrews, P. Klementowicz: Retained pacemaker leads. *J. thorac. cardiovasc. Surg.* 94 (1987) 770
3. Garcia-Rinaldi, R., J. M. Revuelta, L. Bonnington, L. Soltero-Harrington: The exposed cardiac pacemaker. *J. thorac. cardiovasc. Surg.* 89 (1985) 136
4. Hager, W., A. Selig: Der Herzblock. In: Derra, E., W. Bircks (Hrsg.): *Handbuch der Thoraxchirurgie, Ergänzungswerk: Herzchirurgie*. Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1976
5. Hayes, D. L., D. R. Holmes jr., J. D. Maloney, Sh. A. Neubauer, D. G. Ritter, G. K. Danielson: Permanent endocardial pacing in pediatric patients. *J. thorac. cardiovasc. Surg.* 85 (1983) 618
6. Holmes, D. R. jr., J. D. Maloney, R. H. Feldt: The use of the percutaneous subclavian technique for permanent cardiac pacing in childhood. *Mayo Clin. Proc.* 55 (1980) 579
7. Miller, F. A. jr., D. R. Holmes jr., B. J. Gersh, J. D. Maloney: Permanent transvenous pacemaker implantation via the subclavian vein. *Mayo Clin. Proc.* 55 (1980) 309
8. Schaudig, A.: Chirurgische Eingriffe bei Schrittmacher-Implantationen. In: Kirschner, M.: *Allgemeine und spezielle Operationslehre, Bd. VI/Teil 2*, hrsg. von Borst, H. G., W. Klinger, A. Senning. Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1978
9. Selig, A., H. D. Schulte, E. Marx: Herzschrittmacher. In: Breitner, B.: *Chirurgische Operationslehre, Bd. V*, hrsg. von Kern, E., H. Kraus, L. Zukschwerdt. Urban & Schwarzenberg, München-Berlin-Wien 1970
10. Thalen, H. J. Th. (ed.): *Cardiac Pacing*. Van Gorcum & Comp., Assen (NL) 1973