

Vorwort

Ein Standardlehrbuch über die anästhesiologische Betreuung thoraxchirurgischer Patienten wurde 1963 von Professor William W. Mushin unter dem Titel „Thoracic anaesthesia“ herausgegeben. Das Fachbuch markierte einen Meilenstein in der anästhesiologischen Fachliteratur und trug dem Wunsch nach Monographien über Spezialgebiete der Anästhesie Rechnung. Bereits damals wurde auf die Tatsache hingewiesen, dass die Ausübung der Anästhesie eine gute klinische Ausbildung und ein umfassendes Wissen auf dem Gebiet der Anatomie, Physiologie und Pharmakologie erfordert. Der hohe Anspruch an die bestmögliche Versorgung von Patienten besteht unverändert weiter und kann nur gemeinsam von Anästhesisten, Thoraxchirurgen und Pneumologen erfüllt werden.

Die Thoraxchirurgie hat sich in den letzten Jahren auf verschiedenen Gebieten erheblich weiterentwickelt und umfasst ein weites Spektrum operativer Eingriffe, die bei Säuglingen und Kindern bis zu hoch betagten Patienten mit gutem Ergebnis durchgeführt werden. Die Indikationen reichen von angeborenen Fehlbildungen der Lunge bis zu Lungentumoren, die nach wie vor den wesentlichen Teil der Thoraxchirurgie bestimmen. Hinzu treten neue Verfahren der endoskopischen Chirurgie, die unmittelbaren Einfluss auf das anästhesiologische Management haben. Es wurde daher in einem besonderen Kapitel der aktuelle Stand der thoraxchirurgischen Operationsmethoden dargestellt, was für jeden in diesem Gebiet tätigen Anästhesisten von Interesse ist. Die pneumologische Behandlung geht längst über die Diagnostik und Nachsorge thoraxchirurgischer Patienten deutlich hinaus und implementiert zunehmend mehr interventionelle Methoden. Auch hier ergeben sich neue und nicht selten anspruchsvolle Anforderungen an die anästhesiologische Betreuung. Diese umfasst nicht nur die Planung und Durchführung

des Anästhesieverfahrens, sondern auch die postoperative Schmerztherapie und gegebenenfalls eine Intensivtherapie bei schweren Organstörungen oder Komplikationen. Der Behandlungserfolg ist daher in der Thoraxchirurgie entscheidend von der interdisziplinären Zusammenarbeit abhängig. Das setzt voraus, dass die beteiligten Fachvertreter über ein profundes, fachübergreifendes Wissen verfügen, um interdisziplinär denken und handeln zu können.

Diesen Ansatz zu vermitteln ist das Anliegen des vorliegenden Fachbuches. Mit der Weiterentwicklung der Thoraxchirurgie ergibt sich ein stetiger Zuwachs an experimentellem und klinischem Wissen, Behandlungskonzepten und Leitlinien in allen beteiligten Fachdisziplinen. Die Herausgeber sind stolz darauf, namhafte Repräsentanten der Grundlagenforschung und ausgewiesene Kliniker der Gebiete Anästhesiologie, Intensivmedizin, Pneumologie und Thoraxchirurgie gewonnen zu haben. Die aktuellen Konzepte in Diagnostik und Therapie werden detailliert dargelegt, wobei besonderer Wert auf die interdisziplinären Zusammenhänge gelegt wurde. Wir danken den Autoren und dem Verlag, die durch ihr großes Engagement die Erstellung dieses Fachbuches ermöglicht haben. Es ist unser Wunsch, dass dieses Lehrbuch dazu beiträgt, die perioperative Betreuung des thoraxchirurgischen Patienten auf hohem Niveau durchzuführen und stetig weiterzuentwickeln.

Magdeburg, Hannover, Ibbenbüren im Mai 2010

*Thomas Hachenberg
Tobias Welte
Stefan Fischer*

3.2 Bildgebende Diagnostik

Jan-Peter Schenkengel und Jens Ricke

Sowohl im Zuge einer routinemäßigen geplanten thoraxchirurgischen Maßnahme als auch bei notfallmäßigen thoraxchirurgischen Eingriffen durchläuft der Patient feststehende Abklärungsalgorithmen, die von unterschiedlichen Guidelines begleitet werden und das präoperative Untersuchungsschema festlegen. Angesichts der Dringlichkeit eines operativen Notfalleingriffes ist eine optimierte interdisziplinäre Zusammenarbeit der beteiligten Institute von großer Wichtigkeit. Nur hierdurch gelingt es, Verzögerungen zu vermeiden, die zum Schaden des Patienten führen können. Aber auch der stetig wachsende Kostendruck im Gesundheitswesen macht eine interdisziplinäre Zusammenarbeit notwendig, um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten.

Die bildgebende Diagnostik ist sicherlich neben verschiedensten anderen Untersuchungsverfahren wie Anamnese, körperliche Untersuchung, Labor und EKG ein wichtiger zentraler Bestandteil einer suffizienten präoperativen Diagnostik. Hierbei gilt es sowohl in der Notfall- als auch in der Routinediagnostik zum einen unnötige Doppeluntersuchungen, wie z. B. die Durchführung konventioneller Thoraxaufnahmen bei schon vorhandener Thorax-Computertomographie, zu vermeiden, zum anderen eine strenge Indikation durchzusetzen, um den Patienten nicht unnötig einer Strahlenexposition auszusetzen und die Kostenspirale nicht weiter anzuheizen.

3.2.1 Konventionelle präoperative Thoraxdiagnostik

Grundsätzlich muss zwischen einer routinemäßig geplanten thoraxchirurgischen Intervention und einem Notfall-eingriff unterschieden werden. Bei geplanten routinemäßigen Eingriffen wird heute generell eine Aufnahme im Stehen im p.a. Strahlengang angefertigt. In der Notfalldiagnostik ist dies dagegen aufgrund der Schwere der Erkrankung meist nicht möglich und es wird alternativ eine sog. Bettaufnahme, also eine Röntgen-Thoraxaufnahme im Liegen, durchgeführt.

Für beide Fälle gilt, dass die rechtfertigende Indikation streng zu prüfen ist, so dass unnötige, zum Teil unsinnige Aufnahmen vermieden werden. In erster Linie muss sichergestellt sein, dass die geforderte Aufnahme die jeweilige Frage durch die angewendete Technik auch ausreichend beantworten kann.

Neu wurde der Begriff „rechtfertigende Indikation“ in die Röntgenverordnung eingeführt. Man versteht darunter die Entscheidung eines Arztes mit der erforderlichen Fachkunde im Strahlenschutz, dass und in welcher Weise Röntgenstrahlung am Menschen in der Heilkunde angewendet wird (§ 2 Nr. 10). Die Feststellung, ob eine gewünschte Röntgenuntersuchung geeignet ist, die diagnostische Fragestellung zu beantworten, und ob und wie sie ggf. durchzuführen ist, ist also einem fachkundigen Arzt vorbehalten. Das gilt auch, wenn die Anforderung eines überweisenden Arztes vorliegt. Ein Ziel-auftrag auf einer Überweisung, bei dem die Durchführung einer Röntgenuntersuchung durch einen nicht fachkundigen Arzt festgelegt wird, ist daher nicht zulässig. Für die rechtfertigende Indikation ist der gesundheitliche Nutzen gegenüber dem Strahlenrisiko abzuwägen, alternative Untersuchungsverfahren mit geringerer oder ohne Strahlenexposition sind zu berücksichtigen (§ 23 Abs. 1) und zusammen mit dem überweisenden Arzt sind Informationen über bisherige medizinische Erkenntnisse heranzuziehen (§ 23 Abs. 2) (Bauer u. Loose 2008).

Insbesondere bei Routineeingriffen wird das obligate Anfertigen einer p.a. Röntgen-Thorax-Aufnahme zunehmend in Frage gestellt. In der Literatur variieren die Angaben über die Anzahl der unvorhergesehenen pathologischen Befunde zwischen 0,3% (Rucker et al. 1983) und 5,2% (Christian et al. 1998). Schwerer wiegt noch, dass die daraus resultierenden Konsequenzen für die anästhesiologischen Maßnahmen mit 0 (Rucker et al. 1983) bis 3,8% (Christian et al. 1998) als minimal einzustufen sind.

Die Indikation zu einer routinemäßigen Aufnahme bei blander Anamnese muss daher sehr eng gestellt werden und scheint erst im höherem Alter sinnvoll (Acapem et al. 1992, Golub et al. 1992, Dick 1998, Joo et al. 2005, Roizen et al. 2005), da bekanntlich die Anzahl der pathologischen Befunde, die in einer Röntgen-Thorax-Untersuchung nachgewiesen werden kann, mit zunehmenden Alter des Patienten ansteigt (Christian et al., Dick 1998) (Abb. 3.10). Die Altersangabe, ab der eine obligate Röntgen-Thorax-Untersuchung bei routinemäßigen primär beschwerdefreien Patienten durchgeführt werden sollte, schwankt zwischen 60 und 70 Lebensjahren und ist stark abhängig vom jeweiligen Risikoprofil des Patienten.

Von der Röntgen-Thorax-Aufnahme im p.a. Strahlengang ist die sog. „Bettlung“, also eine Röntgen-Thorax-Aufnahme im Liegen, zu unterscheiden. Durch die unterschiedliche Aufnahmetechnik resultiert eine geringere

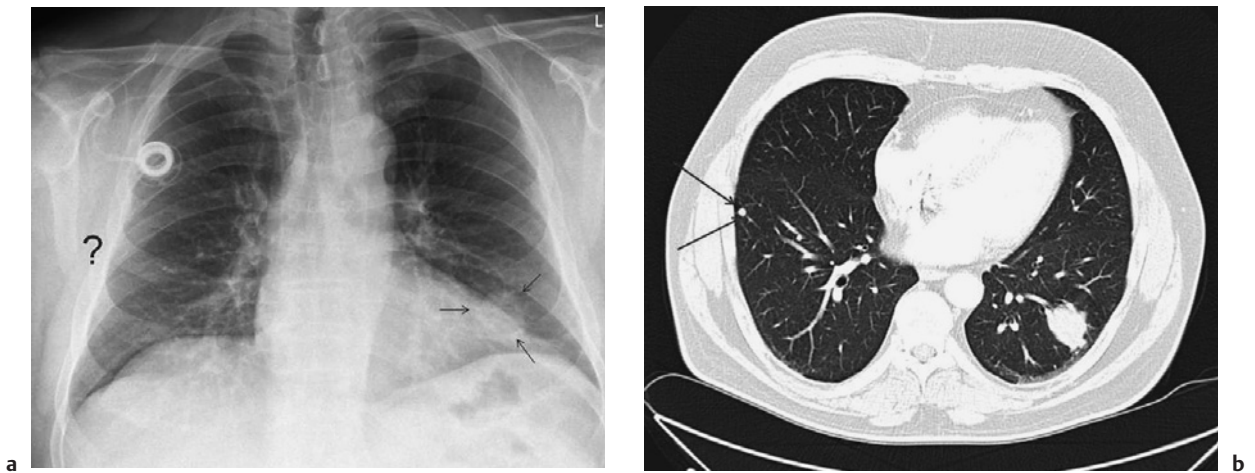


Abb. 3.10 **a,b** Lungenrundherd.
a Röntgen-Thorax p. a. mit Lungenrundherd.
b Computertomographie desselben Patienten mit Nachweis eines konventionell primär nicht nachgewiesenen zusätzlichen Lungenrundherdes.

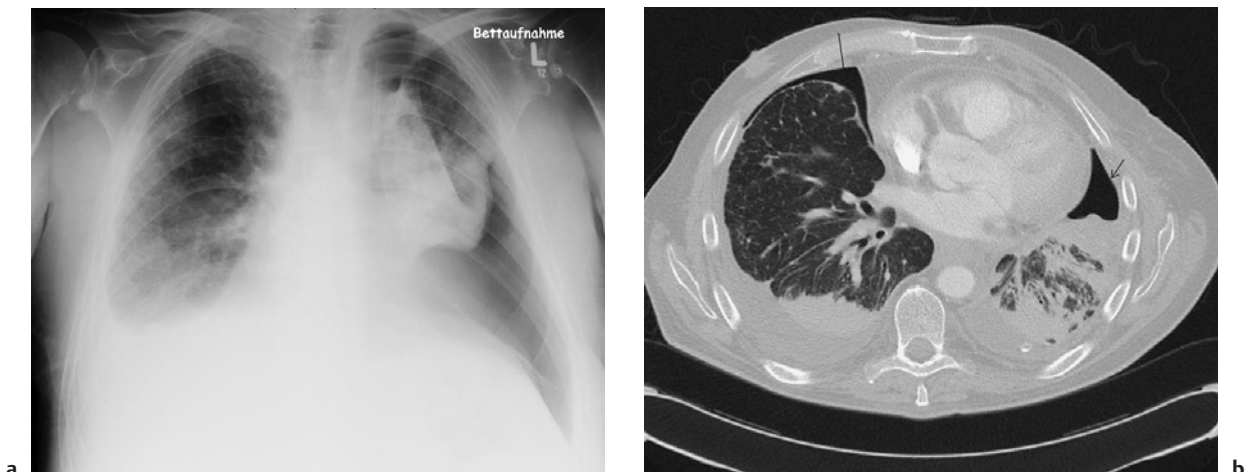


Abb. 3.11 **a,b** Pneumothorax.
a Röntgen-Thorax mit ventral liegendem Pneumothorax links.
b Computertomographie desselben Patienten mit Nachweis eines konventionell primär nicht nachgewiesenen zusätzlichen Pneumothorax auf der Gegenseite.

Bildqualität der Liegendaufnahme mit der Gefahr, dass Befunde missinterpretiert oder übersehen werden können. Beispielhaft sei hier die Überinterpretation der Gefäßfülle (Stauung) oder aber die Gefahr des Übersehens eines ventral gelegenen Pneumothorax genannt (Abb. 3.11).

3.2.2 Präoperative CT-Schnittbild-diagnostik

Auch heute noch gilt die Computertomographie im Allgemeinen nicht als Routine-Instrumentarium in der präoperativen Diagnostik, sondern wird primär im Notfall z. B. im Rahmen eines Polytraumas (Abb. 3.12) oder bei komplexen Gefäßverletzungen wie der Aortenruptur und dem

Verdacht auf eine akute Gefäßdissektion eingesetzt (Abb. 3.13).

Neben solchen Notfallindikationen ergibt sich aber auch bei anderen Fragestellungen eine Indikation für einen präoperativen Einsatz der Computertomographie. Hierzu zählen im Grunde alle komplexen thoraxchirurgischen Eingriffe, sei es in der Tumorchirurgie oder auch bei geplanten Gefäßinterventionen im Rahmen eines offenen thorakalen Eingriffes oder endovaskulärer geplanter Zugangswege (Abb. 3.13).

Die Computertomographie kann insbesondere zur Klärung folgender Fragen eine hervorragende Hilfestellung geben:

1. Bei der Tumordiagnostik, sowohl intrapulmonal, mediastinal als auch muskuloskelettal, um die Größe des Tumors, seine Lage und seine Beziehung zu den umgebenden Organsystemen optimal darzustellen. Mit

hilfe der modernen Multislice-Computertomographen lassen sich dank der extrem dünnen Schichtdicke, wenn gewollt im Submillimeter-Bereich, sowie der Möglichkeit der sekundären Rekonstruktion in allen Raumrichtungen selbst kleinste pathologische Veränderungen (z. B. Metastasen oder Zweittumoren) detektieren und ggf. das weitere therapeutische Vorgehen entsprechend modifizieren.

2. Bei chronischen Lungenerkrankungen ist neben der Lokalisation auch das Ausmaß der Erkrankung im CT besser abzuschätzen als auf einer konventionellen Thoraxaufnahme, so dass eine wesentlich dezidiertere Planung des geplanten Eingriffes möglich ist.
3. Im Rahmen gefäßchirurgischer Thoraxeingriffe zur Bestimmung des Ausmaßes der pathologischen Veränderungen und der Einbeziehung benachbarter Gefäßabschnitte.
4. Bei geplanten herzchirurgischen Eingriffen, wie z. B. bei angeborenen Gefäßanomalien mit Transposition der großen Gefäße oder bei einer Herztransplantation, um die räumlichen Verhältnisse besser einschätzen zu können. Auch hier gilt es, präoperativ zufällig und bis dato unbekannte zusätzliche Anomalien und Pathologien aufzufinden.

Letztlich ist es sicherlich auch sinnvoll, bei geplanten Entlastungen entzündlicher Prozesse eine präoperative computertomographische Diagnostik durchzuführen.

Zusammenfassend bietet die moderne CT-Schnittbild-diagnostik eine hervorragende Möglichkeit zur Detektion, zur Lokalisation, zur Größenbestimmung sowie zur exakten Beschreibung der Beziehung zu angrenzenden Organ-systemen und kann damit ganz erheblich die Therapie-planung beeinflussen.

Auch unter Erwägung strahlenhygienischer Gesichtspunkte gibt es in der Regel bei den oben genannten Fragestellungen keine wirkliche allgemein gangbare Alternative.

Schließlich sollte erwogen werden, ob die Computertomographie unter Einsatz moderner Niedrigdosis-CT-Protokolle die konventionelle Thoraxaufnahme ersetzen kann. Beträgt die Strahlenbelastung bei einer normalen CT-Thoraxaufnahme noch etwa das 20-Fache einer konventionellen Aufnahme, so liegt die Strahlenexposition bei Niedrigdosis-Protokollen im Bereich einer konventionellen Röntgen-Thoraxaufnahme in 2 Ebenen. Bei der Detektion pathologischer Rundherde ist die CT-Untersuchung mit Niedrigdosis-CT-Protokoll der konventionellen Röntgen-Thoraxaufnahme deutlich überlegen und im Vergleich zu einer normal durchgeführten CT-Thoraxuntersuchung nur unbedeutend weniger sensitiv und spezifisch (Romano 2005).

Die Strahlenexposition bei einer CT-Thoraxaufnahme mit Niedrigdosis-Protokollen ist vergleichbar mit der bei einer konventionellen Röntgen-Thoraxaufnahme in 2 Ebenen.



Abb. 3.12 a,b Pfählungsverletzung.
a Computertomographie mit 3 D-Animation/koronar.
b Computertomographie mit 3 D-Animation/Knochenfenster.

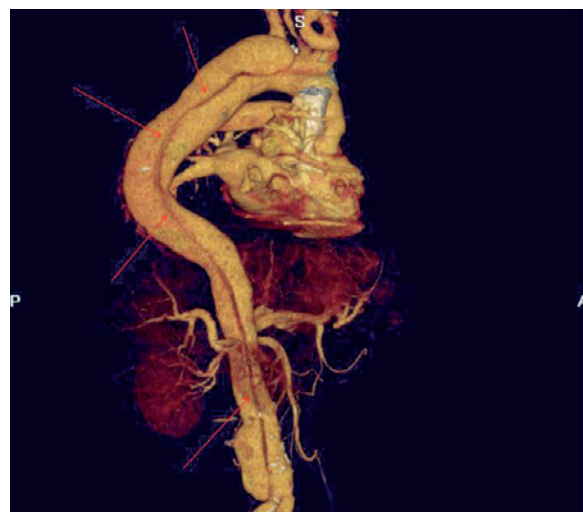


Abb. 3.13 Aortendissektion DeBakey Typ III/Stanford B.

3.2.3 Weitere bildgebende Verfahren

Die oben genannten bildgebenden Verfahren decken mit Sicherheit den bei weitem größten Teil der präoperativ angewendeten Bilddiagnostik ab. In Einzelfällen kommen die folgenden Methoden zum Einsatz:

- Die **Thoraxsonographie** kann z. B. bei Thoraxwandprozessen oder im Bereich der Ergussdiagnostik von Nutzen sein.
- Auch die **Thorax-MRT** wird präoperativ nicht routinemäßig eingesetzt, kann aber wertvolle Detailinformationen zur Infiltration von Raumforderungen in das umgebende Gewebe liefern und spielt insbesondere bei der präoperativen Herzdiagnostik eine Rolle.
- Das **PET-CT** als Kombination einer nuklearmedizinischen und einer CT-Untersuchung ist derzeit nur bei bestimmten Fragestellungen im Bereich der Tumordiagnostik indiziert, wird aber sicher zunehmend Einzug in die moderne molekulare Bildgebung finden. Denn mit diesem Verfahren wird nicht nur das Ausmaß einer Raumforderung bestimmt, es kann auch Hinweise zur Tumoraktivität liefern. Insbesondere bei tumorösen Prozessen, die von ihrer tumorfreien Umgebung nicht oder nur schlecht abgrenzbar sind, ist die PET-CT eine brillante Ergänzung zu den bisherigen Standardverfahren.

Zusammenfassung

Bildgebende Verfahren sind weiterhin fester Bestandteil der präoperativ durchgeführten Algorithmen. Hierbei wandeln sich jedoch zunehmend das Anforderungsprofil und die Bandbreite der Indikationen. So ist die konventionelle Röntgen-Thoraxaufnahme bei asymptomatischen Patienten mit leerer Anamnese immer seltener indiziert und sollte frühestens ab dem 60. Lebensjahr durchgeführt werden.

In einer Vielzahl von Fällen ist im Rahmen der präoperativen Diagnostik die gestellte klinische Frage nur noch mittels einer Computertomographie zu beantworten, die meist wesentlich detailliertere Antworten geben kann als das konventionelle Thoraxbild.

Andere Methoden wie die Sonographie, die MRT oder die Kombinationsbildgebung (PET-CT) sind nur in begründeten Einzelfällen zur unmittelbaren präoperativen Thoraxdiagnostik indiziert.

Literatur

- Acapem JL, Bouillot JC, Paquet JM et al. Is a routine preoperative chest X-ray before general surgery useful? A prospective multicenter study of 3959 patients. *Ann Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 1992; 11: 88–95
- Bauer B, Loose R. Die novellierte Röntgenverordnung – Was ändert sich für den Patienten. *Deutsche Röntgengesellschaft e. V.* 2008.
- Christian KW, Gervais H, Dick W. Preoperative screening and anaesthetic risk. *Anaesthesist* 1998; 37: 694–703
- Dick WF. Pre-operative screening for elective surgery. *Baillière's Clin Anaesthesiol* 1998; 12: 349–371
- Golub R, Cantu R, Sorrento JJ et al. Efficacy of preadmission testing in ambulatory surgical patients. *Am J Surg* 1992; 163: 565–570
- Joo HS, Wong J, Naik VN, Salvodelli GL. The value of screening preoperative chest x-rays: a systematic review. *Can J Anesth* 2005; 52: 568–574
- Roizen MF, Foss JF, Fischer SP. Preoperative evaluation. In: Miller RD, ed. *Anesthesia*, 6th ed., vol 1. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2005; 927–997
- Romano V. Ultra-Niedrigdosis-CT der Lunge. *Visions-Journal* 2005; 12: 30–31
- Rucker L, Frye EB, Staten MA. Usefulness of screening chest roentgenograms in preoperative patients. *J Am Med Ass* 1983; 250: 3209–3211

4.1 Standardtechniken in der Thoraxchirurgie

Patrick Zardo und Stefan Fischer

Von der ersten dokumentierten Entlastung eines Pleuraempyems durch Hippokrates von Kos (etwa 460–370 v. Chr.) über die erste extraanatomische Lungenresektion durch den französischen Chirurgen Jules Émile Péan (1830–1898) bis zur ersten Lungentransplantation durch James Hardy (1963) hat die Thoraxchirurgie eine bemerkenswerte Entwicklung erfahren. Als ein Hauptbetätigungsfeld hat sich die Therapie gut- und bösartiger Erkrankungen der Lunge herauskristallisiert. Hierzu zählen neben den extraanatomischen Resektionen bei benignen Veränderungen (Emphysebullae, Hamartome, Tuberkulome etc.) und sekundären Neoplasien (Metastasen bei extrapulmonalem Primärtumor) auch die anatomische Entfernung primär bösartiger Erkrankungen der Lunge. Üblicherweise werden diese Operationen unter Ein-Lungen-Ventilation in Seitenlage über eine posterolaterale Thorakotomie in Höhe des 5. Interkostalraumes durchgeführt.

! Zur Thoraxchirurgie werden per definitionem die Diagnostik und operative Therapie sämtlicher intrathorakaler Pathologien gerechnet. Dies schließt neben Veränderungen der Lunge und des Tracheobronchialsystems auch Läsionen der Pleura, des Mediastinums, der Brustwand sowie des Ösophagus mit ein.

4.1.1 Zugangswege

4.1.1.1 Posterolaterale Thorakotomie

Aufgrund der sehr guten Exposition der intrathorakalen Strukturen, nicht nur des dorsalen Hilus und der daraus resultierenden Kontrolle über das Tracheobronchialsystem, stellt die posterolaterale Thorakotomie den Standardzugang für die Mehrzahl der thoraxchirurgischen Eingriffe, einschließlich resezierender Operationen an Lunge, Speiseröhre und hinterem Mediastinum, dar. Als Sonderform der posterolateralen Thorakotomie kann man über den sogenannten Paulson-Zugang auch Eingriffe im Bereich der oberen Thoraxapertur durchführen.

Lagerung. Der Patient wird zunächst in eine strenge Seitenlage gebracht und der Tisch im Bereich des kaudalen Thorax mithilfe des abwinkelbaren Operationsbettes um etwa 30° geknickt. Dadurch wird neben einer Erweiterung der Interkostalräume eine Verschlingung der Taille erreicht, was die intraoperative Exposition verbessert. Fi-

xiert wird der Patient in unserer täglichen Routine in dieser Position durch den Einsatz einer Vakuummatratze, die vorsichtig anmodelliert und anschließend evakuiert wird. Dabei ist darauf zu achten, dass der Rücken des Patienten möglichst nahe an der Kante des Tisches zu liegen kommt, da ansonsten die intraoperative Übersicht für den Operateur leidet. Alle Extremitäten werden vorsichtig gepolstert, um einen Lagerungsschaden zu vermeiden. Der Anästhesist richtet besonderes Augenmerk auf die Lagerung des Doppellumentubus sowie die vaskulären Zugänge (Abb. 4.1).

Schnittführung. Die anatomische Orientierung für die Positionierung der Inzision erfolgt an den Dornfortsätzen der Wirbelsäule, der Skapulaspitze, der Spina scapulae sowie der Submammärfalte. Nach Zählung der Rippen von kaudal wird ein bogenförmiger Hautschnitt in Höhe des 5. Interkostalraumes angelegt. Er beginnt in der vorderen Axillarlinie, verläuft 2 Querfinger unterhalb der Skapulaspitze senkrecht zur gedachten Verlängerung der Spina scapulae auf halber Strecke zwischen Skapularand und den Dornfortsätzen der Wirbelsäule (Abb. 4.2).

Eröffnung des Thorax. Im Anschluss an die Präparation des Subkutangewebes wird der Musculus latissimus dorsi mithilfe des Elektrokauters durchtrennt (Abb. 4.3). Unter Schonung des eigentlichen Muskels wird nun der posteriore Anteil der Faszie des Musculus serratus anterior durchtrennt und die knöcherne Brustwand dargestellt. Unterhalb der nunmehr präparierten Skapula ist es nun palpatorisch möglich, die 2. Rippe sicher zu identifizieren, nach kaudal zu zählen und somit den 5. Interkostalraum gezielt zu eröffnen. Dieses erfolgt ebenfalls unter Einsatz des Elektrokauters, wobei die Interkostalmuskulatur im Periostanteil am Oberrand der 6. Rippe abgetrennt wird. Nach Einsetzen eines Wundsperrers kann die Inzision von intrathorakal erweitert und der Situs dargestellt werden (Abb. 4.4).

4.1.1.2 Anterolaterale Thorakotomie

Die wichtigste Alternative zum posterolateralen Zugang ist die anterolaterale Thorakotomie. Über diese Schnittführung ist eine vollständige Schonung des Musculus latissimus dorsi möglich, wobei die Exposition, insbesondere im hinteren Mediastinum, vergleichsweise eingeschränkt ist. Gerade bei bronchoplastischen Eingriffen oder zur Durchführung einer radikalen Lymphadenekto-

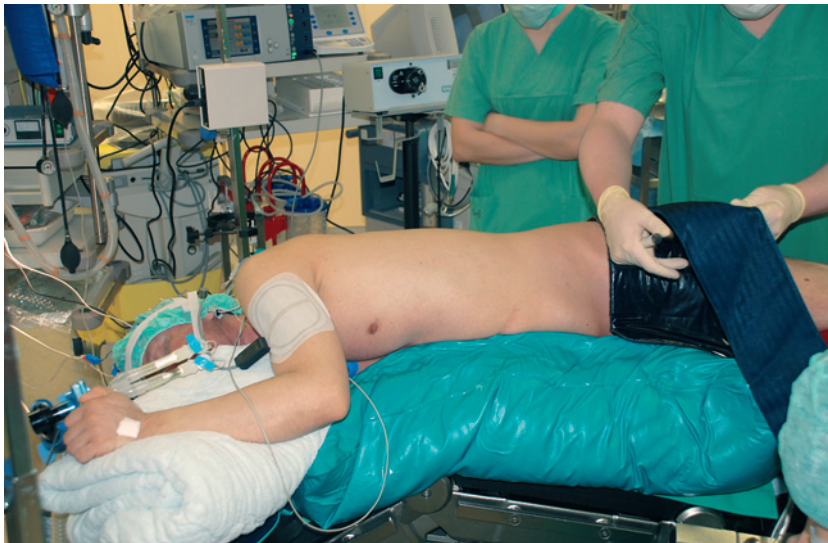


Abb. 4.1 Lagerung des Patienten zur dorsolateralen Thorakotomie.

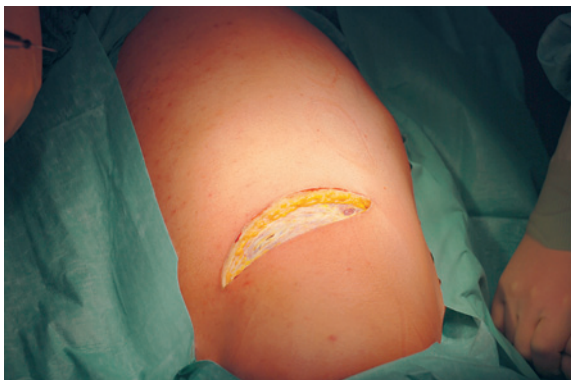


Abb. 4.2 Hautinzision zur dorsolateralen Thorakotomie.

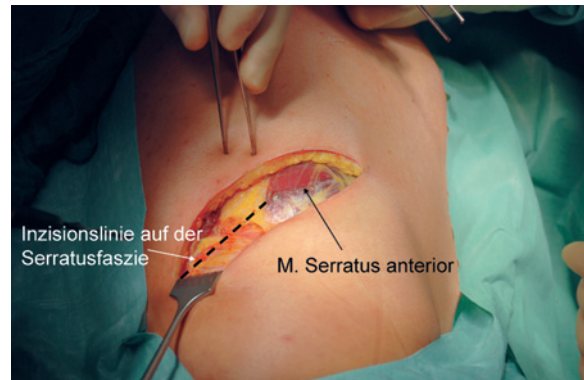


Abb. 4.3 Der Musculus serratus anterior sowie seine Faszie sind dargestellt.



Abb. 4.4 Einsetzen des Wundsperrers nach Thoraxeröffnung.

mie sollte dem posterolateralen Zugang daher Vorrang eingeräumt werden.

! Vorteile des anterolateralen Zugangs sind ein geringerer Weichteilschaden und in der Regel weniger stark ausgeprägte postoperative Beschwerden.

Lagerung. Initial ähnelt die Lagerung des Patienten der beim posterolateralen Zugang. Wichtigster Unterschied ist der Einsatz einer Armschale, die einer Abduktion des 90° flektierten Armes auf der Seite der Thorakotomie dient, um freie Sicht auf die Axilla zu ermöglichen.

Schnittführung. Die anatomische Orientierung erfolgt am Musculus pectoralis major sowie der Axilla, wobei der Hautschnitt entlang des Muskelunterrandes beginnt und bogenförmig in die Achselhöhle ausläuft.

Eröffnung des Thorax. Nach Durchtrennung des Subkutangewebes wird der Rand des Musculus pectoralis major aufgesucht, und der angrenzende 5. Interkostalraum wie oben beschrieben eröffnet. Hierbei kann problemlos der Rand des Musculus serratus anterior abgelöst werden, ohne diesen durchtrennen zu müssen. Bei Bedarf kann die Thorakotomie noch nach dorsal erweitert werden.

Drainage. Vor dem Verschluss lateraler Thorakotomien werden üblicherweise 2 Thoraxdrainagen angelegt. Hierbei sollten die Eintrittsstellen ventral der Spina iliaca anterior superior liegen, damit die Patienten postoperativ in Rückenlage nicht auf den Silikonschläuchen zu liegen kommen. Neben kontinuierlichen Schmerzen könnte dies sonst auch einen faktischen Verschluss des Drainagesystems bedeuten. Zusätzlich sollten die Austrittsstellen unserer Erfahrung nach durch mindestens 2 Interkostalräume und eine Strecke von etwa 8 cm von einander getrennt sein. Intrathorakal wird die medial platzierte gebogene Drainage (28 Ch) in den kostophrenischen Winkel vorgeschoben, um postoperativ gebildetes Sekret ablaufen zu lassen. Die dorsal gelegene gerade Drainage (28 Ch) hingegen reicht bis in die Pleurakuppel und sorgt für eine optimale Ausdehnung des Lungenparenchyms und Luftevakuierung.

Verschluss. Der Thoraxverschluss wird mittels resorbierbaren Nahtmaterials durchgeführt. Insgesamt 3 sogenannte Perikostalnähte werden als Z-Naht um die Rippen ober- und unterhalb der Thorakotomie gestochen und unter Zug geknüpft. Danach werden die Weichteil- und Muskelschichten mit fortlaufenden Nahtlinien anatomisch rekonstruiert. Die Kutis wird mittels Klammern, nichtresorbierbaren Einzelknopffäden oder intrakutan mit resorbierbarem Nahtmaterial readaptiert.

4.1.1.3 Clamshell-Inzision

Im Unterschied zu den klassischen lateralen Thorakotomien wird dieser Zugang bei beidseitig erforderlichen Eingriffen, wie z. B. der Doppellungentransplantation, simultanen bilateralen Metastasenresektionen oder ausgedehnten Resektionen des Mediastinum (u. U. mit Einsatz der Herz-Lungen-Maschine), angewendet.

Lagerung. Für die Clamshell-Inzision, eine transversale anterolaterale Thorakosternotomie, ist die Positionierung des Patienten in Rückenlage erforderlich. Nach Anlage beider Arme an den Rumpf wird eine Kissenrolle in Längsrichtung der Wirbelsäule unter den Oberkörper positioniert, um den ventralen Anteil des Thorax hervorzuheben.

Eröffnung des Thorax. Hierfür ist die Durchtrennung des Sternums mit der oszillierenden Säge erforderlich. Zuvor muss allerdings beidseitig die Arteria thoracica interna mit Begleitvenen identifiziert und abgesetzt werden.

Verschluss. Beim Verschluss des Zugangs wird grundsätzlich wie oben beschrieben verfahren. Im Fall einer Durchtrennung des Sternums muss dieses mittels zweier Drahtcerclagen readaptiert werden.

4.1.1.4 Mediane Sternotomie

Der klassische Zugang aus der Herzchirurgie wird auch routinemäßig bei Tumoren des vorderen Mediastinums, ausgedehnten Trachealresektionen, linksseitigen Karina-Pneumonektomien oder bilateralen Metastasenentfernungen eingesetzt.

Lagerung. Der Patient wird in Rückenlage mit leicht überstrecktem Kopf gelagert. Danach wird in der Regel der rechte Arm des Patienten an den Rumpf angelagert, der linke Arm abduziert und auf einer Schiene fixiert.

Eröffnung des Mediastinums. Anatomisch erfolgt die Orientierung an Jugulum, Xiphoid sowie beidseitig an den Rippenköpfchen, um eine Längsdurchtrennung des Sternums zu ermöglichen. Nach Hautschnitt wird in der Mittellinie bis auf das knöcherne Sternum präpariert, wobei auffällt, dass der Musculus pectoralis major in der Regel keine Fasern bis zur Sternummitte abgibt. Kaudal erfolgt eine Durchtrennung des knorpeligen Xiphoids nach Ablösen des Diaphragmas und kleineren retrosternalen Verwachsungen. Mit der Knochensäge wird das Sternum von kaudal nach kranial sauber durchtrennt, wobei insbesondere eine Verletzung der Vena anonyma vermieden werden muss. Abschließend erfolgt eine schrittweise Blutstillung im Bereich des Periosts. Bei starker Blutung kann Knochenwachs eingesetzt werden.

Verschluss. Nach Anlage der üblichen mediastinal und/oder pleural platzierten Thoraxdrainagen erfolgt der Sternotomieverschluss unter Zuhilfenahme von insgesamt 6–8 Drahtcerclagen. Die ersten 3 Drähte sollten idealerweise in das Manubrium sterni eingebracht werden, die übrigen verteilt man auf das Corpus sterni. Bei Bedarf kann der kartilaginäre kaudale Anteil mittels resorbierbarer Fäden adaptiert werden.

4.1.1.5 Video-Assisted Thoracic Surgery (VATS)

In den vergangenen Jahren hat die Popularität minimal-invasiver Operationsverfahren auch in der Thoraxchirurgie erheblich zugenommen. Durch Anlage dreier kleiner Inzisionen kann eine Vielzahl von Eingriffen, von extra-anatomischen Lungenresektionen über Pleurektomien und Pleurodesen bis hin zu Sympathektomien und VATS-Lobektomien, durchgeführt werden (Abb. 4.5).

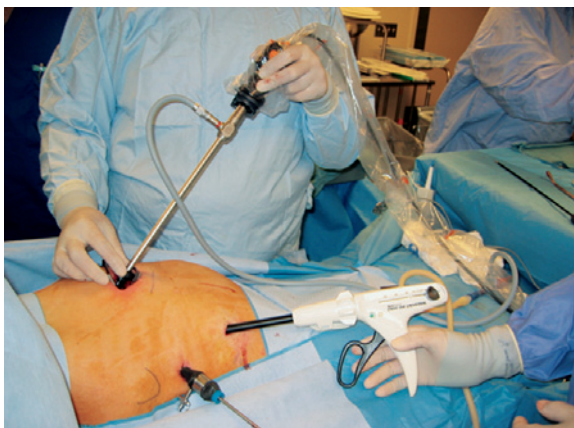


Abb. 4.5 Setup bei der VATS-Lobektomie.

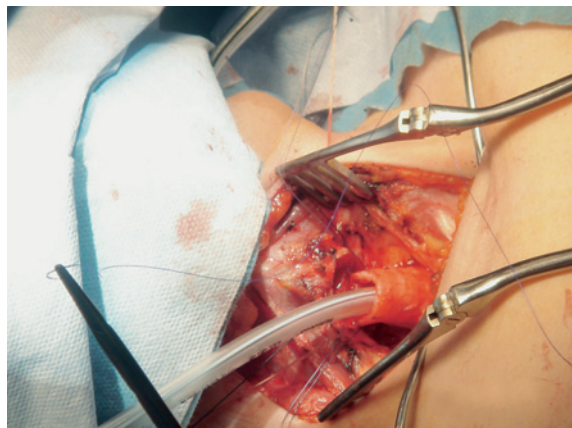


Abb. 4.6 Kollarinzision bei einer zervikalen Trachearesektion.

! Entscheidender Vorteil der VATS ist eine geringe Invasivität, die eine schnellere postoperative Genesung und kürzere Hospitalisierung ermöglicht. Die Komplikationsrate, insbesondere der Pneumonie, ist wahrscheinlich gegenüber der offenen Thorakotomie geringer.

Lagerung. Grundsätzlich erfolgt die initiale Lagerung des Patienten wie für eine posterolaterale Thorakotomie.

Schnittführung. Anatomisch erfolgt die Orientierung für den ersten Zugang, in den ein sogenannter Thoracoport zur Verwendung als Arbeitskanal eingebracht wird, über eine etwa 2 cm lange Inzision in Höhe des 8. Interkostalraumes in der mittleren Axillarlinie. Zur optimalen postoperativen Schmerztherapie wird vor Anlage der Inzision eine ausgiebige Infiltration mit 10 ml Ropivacain durchgeführt. Nach Hautschnitt und vorsichtiger elektrischer Präparation bis auf die Rippe wird der Interkostalraum vorsichtig mit einer Pean-Klemme eröffnet, der Thoracoport eingebracht und die Kameraoptik eingeführt. Die übrigen beiden Zugänge werden unter Sicht je nach anatomischer Gegebenheit geschaffen. Zusätzlich können die ventralen Arbeitskanäle nach Beendigung der Operation als Drainagekanäle verwendet werden.

4.1.1.6 Kollarinzision

Die Kollarinzision stellt den klassischen Zugangsweg für die Video-assistierte Mediastinoskopie dar. Des Weiteren können auf diese Weise Tumoren des vorderen Mediastinums entfernt und Trachearesektionen oder auch Tracheotomien durchgeführt werden (Abb. 4.6).

Lagerung. Idealerweise erfolgt die Lagerung des Patienten in Rückenlage mit überstrecktem Kopf und erhobnem Oberkörper bei angelegten Armen.

Schnittführung. Anatomisch orientiert man sich primär am Jugulum und führt darüber eine etwa 2–4 cm lange Querinzision durch.

Eröffnung des Mediastinums. Nach Hautschnitt und vorsichtiger Durchtrennung des Platysma wird in der Mittellinie zwischen der geraden Halsmuskulatur präpariert. Hat man den unteren Schilddrüsenpol nach kranial geschoben, kann man nun die prätracheale Faszie in Längsrichtung eröffnen. Das Mediastinum ist nach digitaler Inspektion, wobei der Aortenbogen sowie der Truncus brachiocephalicus palpirt werden, dem weiteren Vorgehen zugänglich.

4.1.2 Operationen an der Lunge

Bei parenchymresezierenden Eingriffen an der Lunge kann im Wesentlichen zwischen der anatomischen und extra-anatomischen Vorgehensweise differenziert werden. Die sogenannten atypischen Operationen orientieren sich nicht an den anatomischen Grenzen der Lunge, sondern ermöglichen eine lokale Gewebeentnahme unter Schonung des umgebenden Parenchyms. Zum Einsatz kommt diese Technik zur Resektion bekannter Metastasen mit extrapulmonalem Primarius, bei entzündlichen, gutartigen oder unklaren Läsionen sowie zur Materialgewinnung bei diffusen Veränderungen der Lunge.

Handelt es sich um primär bösartige Erkrankungen der Lunge, ist stets eine anatomische Resektion anzustreben, wobei je nach Ausdehnung und Lokalisation des Befundes eine Lobektomie, Manschettenresektion oder Pneumonektomie durchzuführen ist. Lediglich in Ausnahmefällen, wie bei sehr peripher gelegenen Tumoren oder stark eingeschränkter Lungenfunktion, sollte von dieser generellen Strategie abgewichen werden.

4.1.2.1 Extra-anatomische (atypische) Resektionen

Der Zugangsweg bei atypischen Resektionen richtet sich nach der zugrunde liegenden Diagnose und dem erwarteten Umfang des Eingriffes. Bei interstitiellen Lungenerkrankungen unklarer Genese oder isolierter unklarer Raumforderung der Lunge bevorzugen wir aus funktionellen und auch kosmetischen Erwägungen ein **Video-assistiertes Vorgehen**. Technisch erfolgt der Zugang zum Thorax wie oben beschrieben über insgesamt 3 Arbeitskanäle. Unter Zuhilfenahme von entsprechendem Endo-Instrumentarium kann der gewünschte Bereich, sei es eine lokalisierte Raumforderung oder ein verändertes Parenchymareal, dargestellt und mittels Endo-GIA-Magazinen reseziert werden. Diese klammern das Parenchym zunächst 4- oder 6-reihig, um es dann zwischen den Nahtreihen zu durchtrennen. Bei besonders fragil erscheinendem Gewebe setzen wir Perikard-armierte Magazine ein, um die Nahtreihen zusätzlich zu verstärken.

Je nach Indikation kann das so resezierte Gewebe nativ oder fixiert zur histopathologischen und/oder mikrobiologischen Untersuchung eingeschickt werden.

Eine Sonderstellung nimmt die Video-assistierte Versorgung des rezidivierenden oder persistierenden Pneumothorax ein. In der Regel ist er auf rupturierte Bullae im Bereich der Lungenspitze zurückzuführen. Neben einer Resektion der bullösen Areale sollte zusätzlich eine partielle Pleurodese in Höhe der ersten 5 Rippen erfolgen, die entweder mechanisch durch Reiben oder chemisch durch Glukose und Doxycyclin erreicht werden kann. Wir bevorzugen jedoch die Durchführung einer mechanischen Aufrauung der Pleura parietalis, da diese unserer Erfahrung nach die am meisten zufriedenstellenden Ergebnisse liefert.

! Besondere Vorsicht ist bei allen Verfahren im Bereich der oberen Thoraxapertur geboten, um eine Verletzung der Arteria subclavia und des Ganglion stellatum zu vermeiden.

Ein **offenes Vorgehen via Thorakotomie** sollte bei multiplen, über 1 cm im Parenchym liegenden oder größeren Raumforderungen erwogen werden. Gerade bei bekannten Lungenmetastasen ist eine vorsichtige Palpation der gesamten Lunge erforderlich, um auch im CT nicht nachweisbare Läsionen zu lokalisieren. Hilfreich dabei kann auch der Einsatz der intraoperativen Sonographie sein (Abb. 4.7a,b).

Die Resektion selbst erfolgt wie beim thorakoskopischen Vorgehen: Nachdem die Raumforderung präpariert wurde, kann mithilfe von GIA-Magazinen, die bei Bedarf ebenfalls Perikard-armierbar sind, das umgebende Parenchym mit mindestens 1 cm Sicherheitsabstand keilförmig exzidiert werden. Bei sehr ausgedehnter Metastasierung kann in Einzelfällen auch der Argon-Plasma-Beamer oder ein Neodyn-YAG-Laser eingesetzt werden. Vorteil ist eine

möglichst Parenchym schonende Resektion, wobei häufiger ein postoperatives Luftleck bemerkbar ist und die Operationsdauer aufgrund des Verfahrens zunimmt.

4.1.2.2 Anatomische Resektionen

Resektionen entlang der anatomischen Grenze des Lungenparenchyms werden insbesondere bei der Therapie des Bronchialkarzinoms zur Vermeidung eines Lokalrezidivs und zur kompletten Entfernung des regionalen Lymphabflussgebietes durchgeführt. Aber auch bei ausgedehnten sekundär bösartigen Erkrankungen der Lunge, schweren septischen oder postpneumonischen Veränderungen und traumatischen Läsionen kann eine Segmentresektion, Lobektomie oder Pneumonektomie erforderlich werden.

! Im Rahmen jedes operativen Eingriffes sollte nach Eröffnen des Thorax zunächst eine orientierende Inspektion der Lunge mit Lokalisierung des Befundes zur Einschätzung des Ausmaßes des weiteren Eingriffes erfolgen.

Nach schrittweiser Mobilisierung der Lunge und Lösen eventuell vorhandener Verwachsungen wird in der Regel auch das Ligamentum pulmonale bis zur unteren Lungenvene gelöst, um den Situs vollständig einsehen zu können. Bei besonders schweren Verwachsungen, die vor allem im Zuge entzündlicher Prozesse auftreten, muss die Präparation besonders vorsichtig erfolgen, da sonst intrathorakale Strukturen wie der Ösophagus, der Ductus thoracicus oder die Arteria thoracica interna verletzt werden können. In besonders schweren Fällen empfiehlt sich ein primär extrapleurales Vorgehen.

■ Segmentresektion

Während bei primären Bronchialkarzinomen nach Möglichkeit stets Lobektomie, Manschettenresektion oder Pneumonektomie vorzuziehen sind, können bei anderen Indikationen regelmäßig Segmentresektionen durchgeführt werden. Hierfür sind zunächst die das betreffende Segment speisenden Pulmonalarterien, Pulmonalvenen und Segmentbronchien zu identifizieren. Erst wenn diese sicher zugeordnet werden können, wird das Parenchym entsprechend präpariert und mittels Staplern durchtrennt. Hilfreich kann ein vorläufiges Klemmen des Segmentbronchus sein, um unter kontrollierter Beatmung eine genaue segmentale Zuordnung sicherzustellen.

Pulmonalarterie und -vene werden üblicherweise auf Segmentebene zunächst mittels einer Gefäßligatur aus resorbierbarem polyfilem Material versorgt und mit einer zusätzlichen Durchstechungsligatur aus monofilem nicht resorbierbarem Material gesichert. Der Segmentbronchus wird unter Zuhilfenahme von 1–2 Einzelknopfnähten aus monofilem, nicht resorbierbarem Nahtmaterial versorgt.



Abb. 4.7 a,b Intraoperativer Ultraschall zur Lokalisation von pulmonalen Metastasen.



■ Lobektomie

Als Standardtechnik in der operativen Versorgung primärer Bronchialkarzinome hat sich die Lobektomie etabliert. Hierzu wird zunächst der gesamte Lungenhilus mit Arterie, Vene und Bronchus dargestellt. Bei der Präparation ist ventral auf eine Schonung des Nervus phrenicus und dorsal auf den Nervus vagus zu achten. Rechtsseitig kann dorsal der Ösophagus, linksseitig die Aorta verletzt werden. Zur Schonung und sicheren Identifizierung des Ösophagus hat sich in unserer Erfahrung die Anlage einer Magensonde bewährt.

Hinweis für die Praxis

Bei der Darstellung des Bronchus sollte nach Möglichkeit auf einen exzessiven Einsatz des Elektrokauters verzichtet werden, da eine Devaskularisierung zu erheblichen Wundheilungsstörungen führen kann.

Nach Präparation des Hilus wird der laterale Aspekt der Pulmonalarterien im Interlobärsplatt aufgesucht (Abb. 4.8). Ist dieser sicher identifiziert, kann der Lappensplatt nach ventral und dorsal mittels Stapler gefahrlos durchtrennt werden. Hiernach werden sequenziell zunächst die Lungenvene, dann die Lungenarterien und zuletzt der Bronchus abgesetzt. Sollten die anatomischen Gegebenheiten ein Abweichen von dieser Systematik erforderlich machen, ist dies auch aus onkologischer Sicht problemlos möglich. Ein primäres Absetzen der Pulmonalarterie hat keine signifikant höhere Rate sekundärer Metastasen oder Rezidive zur Folge.

Technisch gesehen werden die Gefäße zunächst mittels stumpfer Dissektionsklemmen nach Rummel umfahren und anschließend geklemmt. Die Vene wird in zweischichtiger Manier nach Blalock versorgt. Hierbei schließt sich an eine Nahtreihe in Matratzentechnik mit monofilament, nicht resorbierbarem Faden eine zweite, überwend-

liche Nahtreihe in entgegengesetzter Richtung an. Bei Bedarf kann eine zusätzliche Ligatur mittels resorbierbaren, polyfilen Nahtmaterials gesetzt werden. Die Pulmonalarterie wird wie bereits beschrieben auf Segmentebene verschlossen.

Zum Bronchusverschluss eignen sich verschiedene Nahttechniken. Wir bevorzugen ein zweischichtiges Vorgehen, wobei zunächst mit resorbierbarem, polyfilen Material Adaptationsnähte in U-Technik gesetzt werden. Diese reduzieren die Spannung auf eine zweite, oberhalb davon gesetzte Nahtreihe, die in Z-Technik gestochen wird.

Hinweis für die Praxis

Zunehmend an Bedeutung in der Thoraxchirurgie gewinnt der Einsatz unterschiedlicher Stapler- und GIA-Systeme. Neben der Durchtrennung von Lungenparenchym ermöglichen sie einen schnellen, sicheren und sauberen Verschluss von Gefäßen und Bronchien, wodurch die Operationszeiten teils deutlich verkürzt werden. Da auch aktuelle Studien keinen Nachteil eines maschinellen Verschlusses gegenüber einer manuellen Anastomose belegen, ist deren Einsatz sicher zu empfehlen.

Nach vollständiger Entfernung des Lungenlappens erfolgt nun zunächst eine vorsichtige Wasserprobe, um einen adäquaten Verschluss des Bronchus zu überprüfen. Bei vollständig belüfteter Lunge wird der Inspirationsdruck manuell schrittweise bis auf 30 mmHg gesteigert. Ist kein Luftaustritt in Form von kleinen Bläschen aus dem Bronchusstumpf erkennbar, gilt die Anastomose als suffizient.

■ Pneumonektomie

Bei zentralen Tumoren mit Infiltration des Hauptbronchus, lappenübergreifenden Karzinomen oder anderen Prozessen, die weder in Form einer extraanatomischen Resektion, einer Lobektomie oder Manschettenresektion operabel sind, kann wie bei schweren entzündlichen Erkrankungen mit Destruktion einer gesamten Lunge die Durchführung einer Pneumonektomie erforderlich werden.

! Aufgrund des das größeren Ausmaßes der Resektion und der postoperativ stärker eingeschränkten Lungenfunktion liegt die 30-Tage-Mortalität nach Pneumonektomie höher als bei anderen Eingriffen und beträgt zwischen 4 und 10 %. Auch die Morbidität und Komplikationsrate – beispielsweise bei der Bronchusstumpfsuffizienz, Pneumonie oder Aspiration – liegen nach Pneumonektomie höher, als nach anderen Eingriffen.

Technisch unterscheidet sich das Vorgehen nur unwesentlich von der Operation bei Lobektomie. Auch hier werden Gefäße und Bronchus sequenziell dargestellt und abgesetzt. Von besonderer Bedeutung ist eine sichere

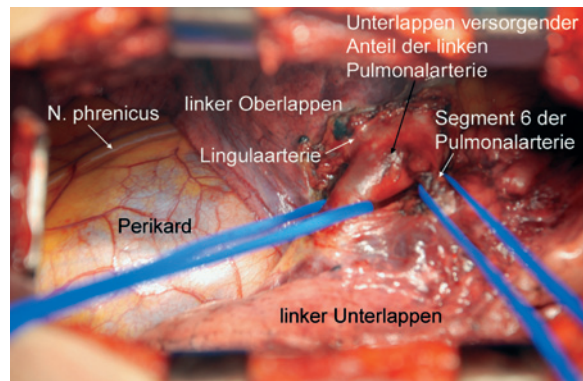


Abb. 4.8 Strukturen des linken Interlobärspaltes im Rahmen einer Unterlappenresektion.



Abb. 4.9 Röntgenaufnahme des Thorax nach linksseitiger Pneumonektomie bei Ankunft auf der Aufwachstation. Die liegende Drainage ist geklemmt und das Mediastinum in der Mittellinie.

Hämostase, da Nachblutungen bei leerer Thoraxhöhle mit größerer Wahrscheinlichkeit eintreten und keine innere Kompression durch Lungengewebe existiert. In der postoperativen Phase empfehlen sich das Belassen der Magensonde für 24 Stunden zur Aspirationsprophylaxe und der vollständige Verzicht auf Sogtherapie bei liegender Drainage. Dies könnte schlimmstenfalls eine subakute Luxatio cordis induzieren.

Unser bevorzugtes Vorgehen schließt das Einlegen einer geklemmten Thoraxdrainage ein. Nach Hautverschluss werden mittels einer Blasenspritze 700–900 ml Luft entzogen und die Drainage erneut geklemmt. Nach Ankunft auf der Überwachungsstation wird unmittelbar ein Röntgenbild vom Thorax angefertigt (Abb. 4.9). Wenn sich keine signifikante Flüssigkeitsansammlung und keine mediastinale Verschiebung zeigen, wird die Drainage umgehend entfernt.

■ Lymphadenektomie

Essenzieller Bestandteil einer onkologisch korrekten Lobektomie ist die radikale Lymphadenektomie. Neben einer En-Bloc-Resektion der pulmonalen Lymphknoten der Stationen 10, 11 und 12 müssen auch die paratrachealen Stationen 2 und 4, die infrakarinale Station 7, die paräsoophageale Station 8 und die im Ligamentum pulmonale befindliche Station 9 auf der operierten Seite entfernt werden. Bei linksseitigen Thorakotomien müssen zudem die im aortopulmonalen Fenster lokalisierte Station 5 sowie die paraaortale Station 6 ausgeräumt werden. Während die Stationen 7 und 9 bei vorsichtiger Präparation häufig en bloc mit reseziert werden können, werden die übrigen Stationen getrennt dargestellt.

Hinweis für die Praxis

Insbesondere bei der Resektion der Stationen 2 und 4, bei der auch das gesamte mediastinale Fettpolster mit geborgen wird, ist besondere Vorsicht geboten, da hier eine Verletzung des Nervus laryngeus recurrens möglich ist.

4.1.3 Mediastinoskopie

Basierend auf der erstmals 1954 von Harken und Mitarbeitern beschriebenen mediastinalen Exploration etablierten Carlen und Pearson die zervikale Mediastinoskopie als Gold-Standard in der Diagnostik mediastinaler Lymphadenopathien (Abb. 4.10). Verglichen mit einer Sensitivität von 90% und einer Spezifität von 100% kann weder eine konventionelle Computertomographie des Thorax (Sensitivität 52%, Spezifität 64%) noch ein FDG-PET (Sensitivität 76%, Spezifität 98%) als echte Alternative in Betracht gezogen werden. Gerade für die Beurteilung möglicher Metastasierungen in die mediastinalen Lymphknoten zur Festlegung der weiteren Behandlung beim NSCLC bleibt die Mediastinoskopie auch heute noch im klinischen Alltag unverzichtbar.



Abb. 4.10 Konventionelle Mediastinoskopie durch eine Mini-Kollarinzision hindurch.

Über eine kollare Mediastinotomie wird unter optischer Kontrolle dem Lauf der Trachea bis zur Bifurkation gefolgt. Unterhalb der Hauptkarina lässt sich nun der Lymphknoten der Station 7 darstellen. Anschließend werden mithilfe vorsichtiger Einzelschritte die Lymphknoten der Station 2 und 4 präpariert. Nachdem alle Stationen sicher identifiziert sind, können diese sequenziell biopsiert werden.

! Obwohl dank der hervorragenden Sicht durch modernes optisches Instrumentarium die Komplikationsrate unter 1% liegt, zählt die Mediastinoskopie noch immer zu den anspruchsvollen Operationen und gehört in die Hände eines erfahrenen Thoraxchirurgen. Aufgrund der engen anatomischen Beziehung zu den supraaortalen Ästen sowie dem Aortenbogen, dem Nervus laryngeus recurrens und der Vena anonyma können jederzeit schwerwiegende Komplikationen eintreten.

4.1.4 Eingriffe bei Mediastinaltumoren

Zu den Tumoren des vorderen Mediastinums zählen neben den Thymomen, unter anderem bei Myasthenia gravis, auch intrathorakale Strumen, paratracheale Zysten, Teratome, Fibrome und Fibrosarkome sowie Lymphome. Operativ werden diese Tumoren in der Regel via medianer Sternotomie versorgt, wobei je nach Indikation auch eine kollare Mediastinotomie oder ein Video-assistierter Zugang favorisiert werden können.

Im hinteren Mediastinum lassen sich meist neurogene Tumore lokalisieren, die in der Regel über eine posterolaterale Thorakotomie operiert werden sollten. Teratome und bronchiogene Zysten sind meist auch über denselben Zugang erreichbar, aber nicht immer sicher topographisch einer bestimmten Ausgangsregion im Mediastinum zuordenbar.

4.1.5 Eingriffe an der Brustwand

Ausgedehnte Brustwandresektionen und -rekonstruktionen werden regelmäßig bei primären und sekundären neoplastischen Veränderungen, chronischen Infektionen, Strahlenschäden und nach traumatischen Läsionen durchgeführt. Ziel nach der initialen Sanierung ist zunächst eine stabile Rekonstruktion der Brustwand zum Erhalt der Atemmechanik, an die sich eine adäquate Weichteildeckung anschließt. Zur Brustwandrekonstruktion wurde bereits eine Vielzahl unterschiedlicher biologischer (autogene Fascia lata, Knochenspäne, Perikard, xenogene Dura mater oder Perikard) und synthetischer (Prolene, Marlex, Gore-Tex, ePTFE) Materialien erprobt, wobei sich inzwischen die Verwendung synthetischer Mesh-Grafts durchgesetzt hat (Abb. 4.11).

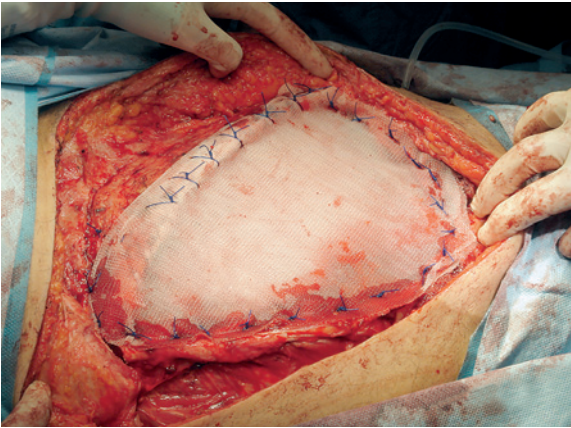


Abb. 4.11 Großflächiger Thoraxwandersatz mit einem Polypropylenetz nach Resektion eines Sarkomrezidivs.

Literatur

- Dewey TM, Mack MJ. Lung cancer. Surgical approaches and incisions. *Chest Surg Clin N Am* 2000; 10(4): 803–820
- Fischer S, Darling G, Pierre AF et al. Induction chemoradiation therapy followed by surgical resection for non-small cell lung cancer (NSCLC) invading the thoracic inlet. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008; 33(6): 1129–1134
- Koehler RP, Keenan RJ. Management of postthoracotomy pain: acute and chronic. *Thorac Surg Clin* 2006; 16(3): 287–297
- McKenna RJ jr, Houck W, Fuller CB. Video-assisted thoracic surgery lobectomy: experience with 1,100 cases. *Ann Thorac Surg* 2006; 81(2): 421–425; discussion 425–426
- Rao J, Sayeed RA, Tomaszek S et al. Prognostic factors in resected satellite-nodule T4 non-small cell lung cancer. *Ann Thorac Surg* 2007; 84(3): 934–938; discussion 939
- Schimmer C, Neukam K, Elert O. Staging of non-small cell lung cancer: clinical value of positron emission tomography and mediastinoscopy. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2006; 5(4): 418–423

4.3 Thoraxtrauma

Gerrit Matthes und Axel Ekkernkamp

4.3.1 Epidemiologie

Verletzungen des Thorax sind häufig: Etwa 8–10% aller Unfallfolgen in Deutschland sind Brustkorbverletzungen. Nach dem Schädel-Hirn-Trauma ist das Thoraxtrauma die zweithäufigste Todesursache.

In 90% der Fälle handelt es sich um stumpfe Verletzungen, wie Stürze auf den Brustkorb, direkte Schlagverletzungen oder aber Folgen von Verkehrsunfällen. Nur 10% sind penetrierende Verletzungen, meistens Schuss- und Stichverletzungen, seltener auch Fremdkörper einsprengen.

Auch bei Mehrfachverletzten und polytraumatisierten Patienten spielt das Thoraxtrauma eine wesentliche Rolle. Aktuelle Zahlen des Traumaregisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie zufolge weisen mehr als 50% aller Mehrfachverletzten auch Thoraxtraumata auf. Brustkorbverletzungen sind damit genauso häufig wie Schädel-Hirn-Verletzungen und wesentlich häufiger als abdominelle Verletzungen.

Anders als bei penetrierenden Verletzungen ist bei stumpfen Thoraxtraumata nur in weniger als 15% der Fälle eine operative Therapie notwendig.

4.3.2 Verletzungen des knöchernen Thorax

4.3.2.1 Rippenfrakturen

Zirka 70% aller Rippenfrakturen finden sich auf Höhe der 4. bis 9. Rippe. Klinische Bedeutung erlangen Rippenfrakturen durch die bisweilen erheblichen Schmerzen. Außerdem können sie Hinweis auf mögliche Begleitverletzungen anderer Brustorgane geben.

Klinik. Klinisch imponieren ein lokaler Druckschmerz bzw. ein Thoraxkompressionsschmerz. Typisch ist auch ein atemabhängiges Beschwerdebild.

Diagnostik. Als bildgebende Diagnostik hat sich das konventionelle Thorax-Röntgenbild bewährt. Hier ist daran zu denken, dass einzelne Rippenfrakturen bisweilen schwer zu erkennen sein können.

! Bei Rippenfrakturen ist immer an mögliche Begleitverletzungen zu denken.

Grob orientierend kann die Höhe einer Rippenfraktur Hinweise auf eine mögliche Begleitverletzung geben:

- Frakturen der 1. bis 3. Rippe zeugen von einer hohen kinetischen Energie, die auf den Verletzten gewirkt hat. Hier ist bis zum Ausschluss des Gegenteils von schweren, auch intrathorakalen Begleitverletzungen auszugehen. Eine entsprechend erweiterte Diagnostik, z.B. mit CT-Untersuchung des Thorax sollte ausgeschlossen werden.
- Frakturen der 4. bis 9. Rippe gehen bisweilen mit einem zusätzlichen Pneumothorax einher. Bei hochkinetischen Verletzungsmechanismen ist auch eine Lungentkontusion zu vermuten. Letztere lässt sich ebenfalls am besten durch eine computertomographische Untersuchung des Thorax ausschließen.
- Bei Frakturen auf Höhe der 10. bis 12. Rippe ist an eine mögliche abdominelle Verletzung (Leber oder Milz) zu denken. Auch hier sollte im Zweifelsfall eine weiterführende Diagnostik erfolgen.

Therapie. Die einfache Rippenfraktur ist eine Domäne der konservativen Therapie. In der Vergangenheit immer wieder diskutierte operative Stabilisierungsmaßnahmen haben keinen wesentlichen Erfolg gebracht, vielmehr kam es zu nachhaltigen mechanischen Behinderungen der Thoraxexkursion bei der Atmung.

Wesentlich sind eine adäquate analgetische Abdeckung sowie physikalische Maßnahmen (Atemtraining).

4.3.2.2 Rippenserienfraktur

Von einer Rippenserienfraktur spricht man, wenn auf einer Thoraxseite mindestens 3 Rippen betroffen sind. In seiner ausgeprägtesten Form kann es zu einem instabilen Thorax (flail chest) kommen.

Klinik. Ein solcher instabiler Thorax zeichnet sich klinisch durch die sog. paradoxe Atmung aus. Bei Inspiration kommt es hier, abweichend zur gesunden Gegenseite, nicht zur typischen Exkursion des Brustkorbes bei Inspiration. Im Extremfall kann es sogar zu einer Einziehung der verletzten Thoraxregion durch den intrathorakalen inspiratorischen Sog kommen. Die bei einem instabilen

Thorax auftretenden starken Schmerzen sowie die deutlich beeinträchtigte Atemmechanik führen in vielen Fällen zu einer respiratorischen Erschöpfung. Erschwerend können intrapulmonale Begleitverletzungen hinzukommen.

Diagnostik. Klinische Hinweise auf eine Rippenserienfraktur bzw. einen instabilen Thorax sollten in der Konsequenz eine weiterführende Diagnostik mit CT-Untersuchung des Thorax nach sich ziehen.

Therapie. Bei „stabilen Rippenserienfrakturen“ sind eine stationäre Aufnahme und ein engmaschiges Monitoring unter entsprechender analgetischer Abdeckung indiziert. Bei einsetzender Ateminsuffizienz muss der Patient frühzeitig intubiert und beatmet werden.

Beim instabilen Thorax ist diese kontrollierte Beatmung mit durch den intrathorakalen Druck erreichter innerer Schienung für bis zu 10–14 Tage indiziert. Äußere Schienungsverfahren, wie in älteren Lehrbüchern beschrieben, kommen heute nicht mehr zur Anwendung.

4.3.2.3 Sternumfrakturen

Frakturen des Sternums sind insgesamt selten. Sie machen nur ca. 5% aller knöchernen Brustkorbverletzungen aus.

! Sternumfrakturen geben Hinweis auf ein hochenergetisches Thoraxtrauma. Intrathorakale Verletzungen sind typisch.

In den meisten Fällen sind Sternumfrakturen Folge eines direkten Traumas mit höherer Energie, z. B. bei Lenkerverletzungen im Rahmen von Verkehrsunfällen. Typischerweise kann es auch zu intrathorakalen Begleitverletzungen kommen. Hier ist insbesondere an Verletzungen des Herzens bzw. der großen thorakalen Gefäße zu denken.

Diagnostik. Wiederum ist großzügig zugunsten einer Schnittbildgebung zu entscheiden.

Therapie. Generell steht bei Frakturen des Sternums eine konservative Therapie im Vordergrund. Nur in Ausnahmefällen und bei deutlicher Dislokation wird eine operative Versorgung (K-Draht-Osteosynthese) durchgeführt.

4.3.3 Pneumothorax

! Unter einem Pneumothorax versteht man das Eindringen von Luft in den Pleuraspalt mit einem konsekutiven Kollaps der Lunge. Neben einem „einfachen“ Pneumothorax sind als Sonderformen der Mantelpneumothorax, der offene Pneumothorax und der Spannungspneumothorax zu unterscheiden.

4.3.3.1 „Einfacher“ Pneumothorax

Klinik. Die Symptome des Pneumothorax sind eindrucksvoll und eindeutig. Der Verletzte klagt über Atemnot. Bei der Perkussion imponiert ein hypersonorer Klopfschall auf der betroffenen Thoraxseite. Auskultatorisch lässt sich ein zumindest abgeschwächtes, in vielen Fällen auch aufgehobenes Atemgeräusch feststellen.

Diagnostik. Im Rahmen der bildgebenden Diagnostik ist meistens eine a. p. Röntgenaufnahme des Thorax ausreichend.

Eine Sonderform stellt der sog. **Mantelpneumothorax** dar. Dies ist per definitionem ein inkompletter Kollaps der betroffenen Lunge, der sich nur mantelartig an der Thoraxwand nachweisen lässt.

Hinweis für die Praxis

Grundsätzlich ist jedoch Vorsicht geboten, da die Größeneinschätzungen allein auf dem a. p. Bild täuschen kann. Hier empfiehlt es sich, bei Diskrepanz des bildgebenden Befundes und des klinischen Eindrucks eine Röntgenaufnahme auch in einer zweiten Ebene anzufertigen.

Therapie. Als Faustregel werden Mantelpneumothoraces mit weniger als 2 Querfingerbreite konservativ behandelt. Hier ist jedoch eine klinische Überwachung zu fordern. Zusätzlich sollten radiologische Verlaufskontrollen durchgeführt werden, um eine Größenzunahme des Pneumothorax frühzeitig zu erkennen.

Bei größeren Pneumothoraces muss eine **Thoraxdrainage** angelegt werden. Dafür gibt es 2 etablierte Techniken:

- Bei der am weitesten verbreiteten und sicherlich technisch einfacheren Methode, der **Bülau-Technik**, wird die Thoraxdrainage auf Höhe des 4. Interkostalraumes im Bereich der vorderen Axillarlinie eingebracht.
- Bei der seltener angewandten **Monaldi-Technik** wird die Drainage auf Höhe des 3. Interkostalraumes im Bereich der Medioklavikularlinie eingebracht.

Aus eigener Erfahrung ist die Bülau-Technik wegen des größeren Interkostalraumes vorzuziehen.

! Thoraxdrainagen werden üblicherweise in Bülau-Technik auf Höhe des 4. Interkostalraumes im Bereich der vorderen Axillarlinie eingebracht.

Beim Einbringen der Thoraxdrainage favorisieren wir das offene chirurgische Vorgehen. Dies vor allem um weitere, durch eine blinde Punktion verursachte Thoraxverletzungen zu vermeiden.

Hierbei wird auf Höhe des unteren Rippenrandes ein Hautschnitt angebracht. Danach wird mit einer geeigneten Schere tunnelartig nach kranial zum angepeilten Interkostalraum präpariert. Es ist darauf zu achten, dass die

kostalen Gefäße am Unterrand der Rippen liegen und verletzt werden könnten, wenn man zu weit an die Rippe heranpräpariert. Am Obertrand der entsprechenden Rippe wird der Pleuraraum eröffnet. Dies ist klinisch durch ein „Plopp“-Geräusch zu erkennen.

Nach Eröffnen des Pleuraraumes sollte mit einem Finger der Pleuraspalt palpirt werden. Hierbei sind mögliche Verwachsungen des Lungengewebes mit der Brustkorbwand tastbar, die dann eine Positionierung der Drainage erschweren. Gleichzeitig ist eine akzidentielle Nähe zu großen parenchymatösen Organen (Leber und Milz) auszuschließen. Anhand des Tastfingers kann dann die Thoraxdrainage (üblicherweise 28–30 Charrière beim Erwachsenen) positioniert werden.

Hinweis für die Praxis

Als Faustregel gilt, dass bei einem simplen Pneumothorax die Drainage ventral kranial positioniert werden sollte, bei einem Hämatothorax hingegen dorsal kaudal.

Die Drainage wird unter Verwendung kräftigen Fadenmaterials an der Thoraxwand fixiert. Abschließend muss eine durchgreifende Hautnaht erfolgen, um ein nachfolgendes Hautemphysem zu vermeiden.

Als initialer Sog sollte ca. 20 cmH₂O gewählt werden.

Im Anschluss an die Anlage der Thoraxdrainage folgt eine umgehende radiologische Kontrolle auf regelhafte Lage der Drainage und konsekutive Entfaltung des Lungengewebes.

4.3.3.2 Spannungspneumothorax

Ein Spannungspneumothorax sollte vor Anfertigung eines Röntgenbildes klinisch diagnostiziert werden. Ist bereits eine Hypotension eingetreten, kann es innerhalb von Minuten zum Kammerflimmern kommen.

Der Spannungspneumothorax ist eine lebensbedrohliche Sonderform des Pneumothorax. Hierbei besteht ein Ventilmechanismus, der bei Inspiration Luft in den Pleuraspalt eindringen lässt, die jedoch im Rahmen der Expiration nicht mehr entweichen kann. Konsekutiv kommt es zu einer Zunahme des Pneumothorax, der dann auch zu einer Verlagerung des Mediastinums mit Herz und den mediastinalen Gefäßen auf die gesunde Gegenseite führt.

Klinik. Neben den klassischen Symptomen eines Pneumothorax bedingt die Einflussstauung die typische Klinik mit Hypotension und Tachykardie. Klinisch zeigt sich in vielen Fällen auch eine Stauung der Venae jugulares. Beim schlanken Patienten kann gleichzeitig eine Trachealdeviation als Ausdruck der Mediastinalverschiebung imponieren. Ist eine Hypotension eingetreten, kann es innerhalb von Minuten zu einem Kammerflimmern kommen.

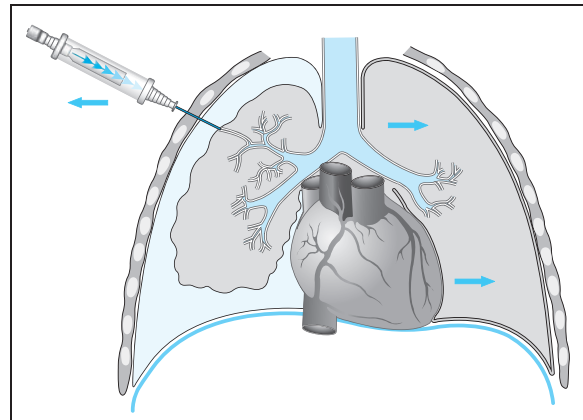


Abb. 4.19 Entlastung eines Spannungspneumothorax mittels Nadeldekompression. Durch das Ventil kann Luft entweichen, nicht jedoch eindringen.

Ein Spannungspneumothorax bedarf sofortiger Therapie.

Therapie. Bewährt hat sich die Nadeldekompression, üblicherweise mit einem zusätzlichen Tiegelventil. Hierbei wird eine großlumige Kanüle in den 2. oder 3. Interkostalraum auf Höhe der Medioklavikularlinie eingebracht. Umgehend kommt es zu einem Entweichen der Luft im Pleuraraum und zu einer konsekutiven Aufhebung der Einflussstauung (Abb. 4.19).

Bei einer solchen Punktion handelt es sich nur um eine Erstmaßnahme, anschließend muss dann die Anlage einer Thoraxdrainage erfolgen. Generell ist bei entsprechender Erfahrungen auch unter Umgehung einer initialen Nadelpunktion die direkte (zügige) Anlage einer Thoraxdrainage möglich.

4.3.3.3 Offener Pneumothorax

Eine Sonderform stellt auch der offene Pneumothorax nach penetrierenden Brustkorbverletzungen dar.

Diagnostik. Es empfiehlt sich eine Computertomographie des Thorax, um Verletzungen intrathorakaler Organe auszuschließen.

Therapie. Vor einer operativen Versorgung ist als Erstmaßnahme ein okklusiver Verband zu applizieren, dann sollte die Thoraxdrainage über einen gesonderten Zugang eingelegt werden.

Cave: Bei offenem Pneumothorax darf die Thoraxdrainage nie durch die (infizierte) Defektwunde gelegt werden.

Generell muss sich eine notfallmäßige operative Versorgung anschließen. Hierbei muss zumindest eine lokale Revision und ein anschließender Verschluss der Defektwunde angestrebt werden. Bei intrathorakalen Läsionen ist ggf. auch eine Thorakotomie notwendig.

4.3.3.4 Hämatothorax

Ursache eines Hämatothorax sind Frakturen des knöchernen Brustkorbes mit anschließender ossärer Blutung, Lungenparenchymverletzungen oder aber Verletzungen der Interkostalgefäße. Dabei kann es zu einem Verlust von mehreren Litern Blut kommen.

Klinik. Klinisch imponiert neben einem abgeschwächten Atemgeräusch auch ein gedämpfter Klopfeschall. Bei entsprechendem Blutverlust kann sich auch eine Schocksymptomatik entwickeln.

Diagnostik. Zumeist ist die Darstellung des Hämatothorax mittels eines konventionellen Röntgenbildes möglich. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass erst Blutmengen ab ca. 200 ml zur Darstellung kommen. Wesentlich sind in jedem Fall die Abklärung der ursächlichen Verletzungen und der Ausschluss weiterer thorakaler Begleitläsionen. Auch hier ist die Indikation zur CT-Diagnostik großzügig zu stellen.

Therapie. Ein größerer Hämatothorax sollte bereits initial mit einer Thoraxdrainage entlastet werden, nur in Ausnahmefällen empfiehlt sich eine Punktion (Diagnostik).

! Sollten initial mehr als 1.500 ml Blut über die Thoraxdrainage abgeleitet werden, so ist die Indikation zur umgehenden Thorakoskopie oder Thorakotomie gegeben. Auch bei einem kontinuierlichen Blutverlust von mehr als 200 ml pro Stunde über einen Zeitraum von 2–4 Stunden ist die Indikation zur operativen Intervention zu stellen.

4.3.4 Lungenkontusion

Anders als der vermeintlich harmlose Name erwarten lässt, ist eine Lungenkontusion eine schwere Verletzung, die je nach Ausmaß bis hin zum Lungenversagen führen kann.

Pathophysiologisch kommt es zu einem Ödem der Alveolarwände sowie zu hämorrhagischen Einblutungen im Bereich des Lungenparenchyms. In der Konsequenz entstehen mehr oder minder groß ausgeprägte Atelektasen. Diese bedingen eine deutliche Verminderung des Gasaustausches.

Klinik. Bei einfachen Kontusionen, die nur geringe Lungenanteile betreffen, ist der Verlauf klinisch harmlos. Bei schwereren Kontusionen kann es hingegen zu einer



Abb. 4.20 CT-Befund einer ausgeprägten Kontusion der rechten Lunge.

Ateminsuffizienz kommen. In der Literatur wird in bis zu 22 % der Fälle in Folge ein Lungenversagen (ARDS; adult respiratory distress syndrome) beschrieben.

Diagnostik. Die Anamnese eines schweren stumpfen Thoraxtraumas (Verkehrsunfall) ist hinweisend auf eine Lungenkontusion. Nicht zwingend müssen knöcherne Brustkorbverletzungen auftreten. Dies gilt insbesondere für Kinder. Ein zusätzlicher diagnostischer Hinweis ist eine in der Blutgasanalyse nachgewiesene Hypoxie.

Die bildgebende Diagnostik nach einer Lungenkontusion gestaltet sich schwierig. In den meisten Fällen sind Lungenkontusionen auf konventionellen Röntgenbildern initial nicht zu erkennen, ein Nachweis gelingt erst nach ca. 48 Stunden. Einzig anhand einer CT-Untersuchung lassen sich Lungenkontusionen bereits initial nachweisen (Abb. 4.20).

Therapie. Eine „einfache“ Lungenkontusion ohne wesentliche klinische Symptome sollte einer stationären Überwachung zugeführt werden. Hier ist neben einer ausreichenden Analgesie eine Atemtherapie essenziell.

Ausgeprägte Lungenkontusionen mit konsekutiver Ateminsuffizienz machen eine frühzeitige Intubation und Beatmung notwendig. Um ein nachfolgendes Lungenversagen zu vermeiden, kommt in vielen Fällen die Wechsellagerung im Rotationsbett zur Anwendung. Aktuell werden vermehrt auch Beatmungsgeräte eingesetzt, die analog zur Wechsellagerung eine Belüftung einzelner Lungenregionen ermöglichen.

4.3.5 Verletzungen des Herzens und der großen thorakalen Gefäße

4.3.5.1 Contusio cordis

Derzeit gibt es keine einheitlich etablierte Definition einer Contusio cordis.

Als typischer Unfallmechanismus gilt das direkte stumpfe Trauma (Lenkradaufprall). Oftmals findet sich auch eine begleitende Sternumfraktur.

Klinik. Das klinische Bild ist bunt. Begleitsymptome sind atemunabhängige Thoraxschmerzen. Es können ein Pulsus paradoxus (systolischer Blutdruckabfall unter Inspiration um mehr als 10 mm Hg), eine Halsvenenstauung, ein Perikardreiben oder pulmonale Rasselgeräusche imponieren. Zusätzlich, bedingt durch Begleitverletzungen des Herzklappenapparates, auch ein diastolisches Decrescendo-Geräusch (bei Aortenklappeninsuffizienz) oder ein holosystolisches Herzgeräusch (bei Mitralinsuffizienz).

Diagnostik. EKG-Veränderungen sind ebenfalls unspezifisch. Es können verlängerte QT-Zeiten, veränderte Q-Zacken in den Extremitätenableitungen, oder aber auch ST-Streckenveränderungen auftreten. Auch die Echokardiographie zeigt ein variables Bild. So kann es zu regionalen Wandbewegungsstörungen kommen, bisweilen kann auch ein Perikarderguss auftreten. Laborchemisch ist typischerweise eine Erhöhung von Troponin T oder I nachweisbar.

Therapie. Eine stationäre Überwachung ist notwendig. 6 Stunden nach der Erstuntersuchung ist heute eine neuerliche Verlaufskontrolle mit klinisch kardialer Untersuchung, Troponin-Bestimmung und EKG-Ableitungen üblich. Weitere therapeutische Interventionen sind symptomabhängig.

4.3.5.2 Herzverletzungen/Perikardtamponade

Ein traumatischer Perikarderguss wird typischerweise durch eine perforierende Verletzung ausgelöst. Bedingt durch die nur geringe Dehnbarkeit des Perikards wird die Pumpfunktion schon bei geringen Ergussmengen symptomatisch behindert. Ein akuter Perikarderguss kann bereits bei 150–300 ml einen kardiogenen Schock bedingen.

Klinik. Klinisches Symptom eines Perikardergusses ist die sog. Beck'sche Trias aus gestauten Halsvenen, Hypotension und gedämpften Herztönen.

Diagnostik. Als bildgebendes Verfahren hat sich der 4-Kammer-Blick mit dem Sonographiegerät bewährt.

Therapie. Ein traumatischer Perikarderguss ist ein Notfall. Hier hilft initial nur eine umgehende Perikardpunktion (Abb. 4.21). Da es sich aber in vielen Fällen um eine penetrierende Herzmuskelverletzung handelt, ist von einem neuerlichen Perikarderguss auszugehen und daher eine zeitnahe und notfallmäßige operative Versorgung mittels Thorakotomie anzustreben.

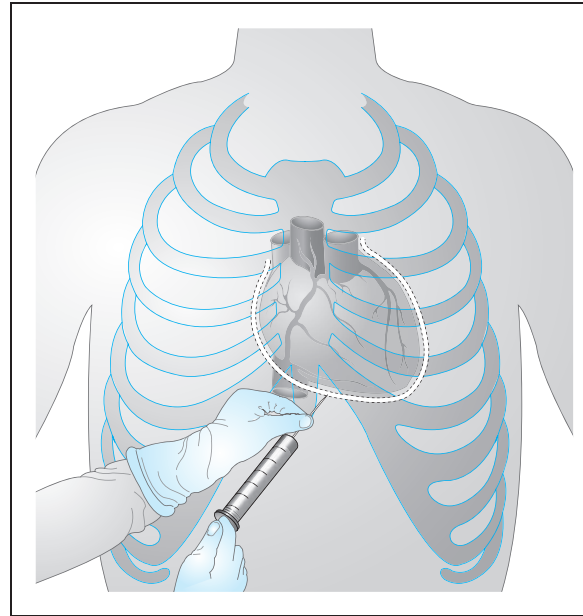


Abb. 4.21 Technik der Perikardpunktion. Die Nadel wird direkt unterhalb des Proc. xiphoideus sterni in 45° Kippung nach dorsal und links lateral unter stetiger Aspiration vorge-schoben. Ggf. kann eine sonographische Kontrolle erfolgen.

4.3.5.3 Aortenverletzung

Aktuellen Unfallstatistiken folgend versterben ca. 15–20% aller Verkehrsunfallopfer an einer Aortenruptur. Nur 10–20% aller Patienten mit einer Aortenruptur erreichen die Klinik lebend. Etwa 90% der Verletzungen finden sich im Bereich der Aorta descendens auf Höhe des Isthmus.

Generell lassen sich 3 Typen von Aortenrupturen unterscheiden:

- Bei einer Komplettruptur kommt es zum unvermeidlichen Soforttod noch am Unfallort.
- Im Fall einer Ruptur nur von Intima und Media entwickelt sich ein Aneurysma. Bei diesen Patienten kommt es allerdings in ca. 90% der Fälle innerhalb der ersten 48 Stunden nach Trauma zur kompletten Ruptur.
- Kleinere Einrisse können zur Ausbildung „chronischer Aneurysmata“ führen. Diese sind dann bisweilen als Zufallsbefund Jahre nach dem Trauma nachweisbar.

Klinik. Die Symptome einer traumatischen Aortenruptur sind unspezifisch. Erschwerend kommt hinzu, dass diese Verletzungen typischerweise nach Hochrasanztraumata beim schwerverletzten (und damit meist bewusstlosen) Patienten auftreten.

Diagnostik. Auf einem konventionellen Röntgenbild kann ein deutlich verbreitertes Mediastinum (sog. Schornstein-Mediastinum) imponieren. Als Goldstandard gilt zur Diagnostik einer traumatischen Aortenläsion gilt



Abb. 4.22 Einliegender Stent nach interventionell-radiologischer Versorgung eines traumatischen thorakalen Aortenaneurysmas.

heute die CT-Angiographie, im Einzelfall auch eine konventionelle Angiographie.

Therapie. Aufgrund des oben beschriebenen hohen Rupturrisikos ist eine sofortige operative Versorgung indiziert. Heute wird noch in den meisten Fällen die operative Versorgung mittels Gefäßprothese angestrebt, zunehmend werden aber auch interventionell angiologisch eingebrachte Stents eingesetzt (Abb. 4.22). Hier fehlen jedoch noch Langzeiterfahrungen.

Literatur

Moore EE, Feliciano DV, Mattox KL. Trauma. 5th ed. New York: McGraw-Hill; 2004
Rüter A, Trenz O, Wagner M. Unfallchirurgie. 2. Aufl. München: Urban & Fischer; 2003
www.traumaregister.de

Sachverzeichnis

A

- Acinetobacter 310
- Adenosin 323
- Aintree-Katheter 173
- air trapping 84, 162, 186, 294
- Ajmalin 322, 323, 325, 327
- Akzelerationstrauma 226
- Alfentanil 179, 191
- ALI (Acute Lung Injury) 195, 264, 289
 - Kriterien 290
- Alkalose 91
- Almitrin 192
- Alpha-Rezeptoren 6, 17
- alveoläre Hämorrhagiesyndrome 61
- Alveolarmakrophage 8
- Alveolarproteinose 61
- Alveolarraum 6 ff
- Alveolarvolumen 83
- Alveolen 16
 - Epithel 7
 - Kapillarnetz 8
 - Oberflächenspannung 18
 - Wand 8
 - Zellen 16
- Alveolitis 51
 - exogen allergische (EAA) 58 f
- Amiodaron 321, 322, 325, 326, 328
- Amoxicillin/Clavulansäure 313
- Ampicillin/Sulbactam 313, 316
- Analgesie
 - Epiduralanalgesie 249 f, 260
 - Interkostalanalgesie 251
 - interpleurale 251
 - mit Nicht-Opioid-Analgetika 246 ff
 - mit Opioiden 248
 - patientenkontrollierte intravenöse (PCIA) 248
 - präemptive 244
 - präventive 244
- Analgesieregime, Auswahlkriterien 245
- Analgetika 246 ff
- Anästhesie
 - bei endoskopischer Myokardrevaskularisation 208 f
 - bei kardiopulmonalem Bypass 233 f
 - bei Lungentransplantation 230 ff
 - bei Lungenvolumenreduktion 236 f
 - bei Mediastinoskopie 205 ff
 - bei pulmonaler Thrombendarteriektomie 234 f
 - bei Thorakoskopie 200 ff
 - bei thoraxchirurgischen Eingriffen 179 ff
 - bei Thoraxtrauma 222 ff
 - bei tracheobronchialer Resektion/Rekonstruktion 235 f
 - Inhalationsanästhesie 181 f
 - Risiko bei Thoraxchirurgie 155
 - thorakale Epiduralanästhesie (TEA) 181, 191
 - totale intravenöse 181 f
- Anästhetika 179 ff
 - Auswahlkriterien 179
 - bei Thoraxtrauma 224
 - Einfluss auf die hypoxisch-pulmonale Vaso-
konstriktion 181
 - Einfluss auf die Oxygenierung 181
 - intravenöse 179, 180, 181
 - volatile 179, 180, 181
- Aneurysma 129
- Anthrakose 60
- Antibiotika 312 ff
 - bei ambulant erworbener Pneumonie 66
 - bei Chlamydienpneumonie 67
 - bei COPD-Azerebation 315
 - bei Haemophilus-spp.-Pneumonie 67
 - bei Legionellen-Pneumonie 67
 - bei MRSA 313 f
 - bei Mykoplasmen-Pneumonie 67
 - bei nosokomialer Pneumonie 312 ff
 - bei obstruktiven Atemwegserkrankungen 49
 - bei Pleuraempyem 314
 - bei Pneumokokken-Pneumonie 66
 - bei Risiko für Pseudomonas/multiresistente Erreger 313
 - bei Staphylokokken-Pneumonie 67
 - bei Wundinfektionen 315
 - inhalative 313
 - parenterale 312
 - Switch auf orale Gabe 314
 - Therapiedauer 314
- Antibiotikakombination
 - Betalaktam plus Aminoglykoside 313
 - Betalaktam plus Fluorchinolon 313
- Antibiotikaresistenz 311 f
 - Risikofaktoren 312
- Anticholinergika 47 f, 152
 - Nebenwirkungen 47
- Antihistaminika 45, 49
- Antikoagulation 121, 206, 283
- Aortenklappenersatz 211 ff
 - Kanülierung 213
 - Narkoseführung 213
 - transapikale Implantation 212
 - transfemorale Implantation 212, 213

- Aortenruptur 129 f, 227
 - APRV (Airway Pressure Release Ventilation) 295, 300
 - ARDS (Acute Respiratory Distress Syndrome) 195, 264, 289 f
 - Kriterien 290
 - Arginin-Vasopressin 280
 - Arndt-Blocker 171, 172, 188, 209
 - für Kinder 216 f
 - Asbestexposition 34
 - Asbestose 60
 - Aspergillom 70, 71, 72
 - Aspergillose, allergische bronchopulmonale 62
 - Aspergillose-Pneumonie 70
 - Aspergillus spp. 58, 68, 70, 72, 310
 - Aspiration, Bronchoskopie 100
 - Aspirationspneumonie 69 f
 - Asthma bronchiale 39 ff
 - Abgrenzung zur COPD 43 f
 - Definition 39
 - Fluss-Volumen-Kurve 44
 - histologische Befunde 40
 - Hypo-/Desensibilisierung 45
 - Klassifikation nach Krankheitskontrolle 41
 - medikamentöse Therapie 45 ff
 - Pathogenese 40
 - Prävalenz 39
 - Remodelling 40
 - Schweregrade 41
 - Atelektasen 24, 25, 100, 128, 189
 - bronchoskopische Therapie 100
 - Postlobektomie-Atelektase 291
 - postoperative 263, 289, 290 f
 - Resorptionsatelektasen 295
 - Atelektrauma 306
 - Atemarbeit 19
 - bei beschleunigter Atmung 19
 - bei Ruheatmung 19
 - Atemdepression 248, 250, 260
 - Atemfrequenz 22, 294 f
 - bei Ein-Lungen-Ventilation 193, 220
 - bei Kindern 220
 - Atemfunktion, präoperative Diagnostik 145 f
 - Atemgastransport 22 ff
 - Atemhilfsgeräte 270 ff
 - Atemhubvolumen 24
 - Atemluftströmung 19
 - Atemmechanik, präoperative Beurteilung 147
 - Atemminutenvolumen 189
 - Atemmittellage 82
 - Verschiebung zur Inspiration 88
 - Atemmuskulatur 13 f
 - Kraftmessung 86
 - präoperatives Training 151
 - Atemmuster 21
 - Atemrhythmus, Schrittmacher 20
 - Atemruhelage 17
 - Atemstromstärke 20, 82
 - Atemtherapie 267
 - postoperative 257 f
 - präoperative 151
 - Atemwege
 - Anatomie 3 ff
 - funktionelle Unterteilung 14
 - Innervation 6
 - konduktive 14 f
 - Seitentrennung 164 ff, 173, 186 ff
 - schwierige 173
 - transitorische 16
 - Atemwegsdruck, Monitoring 155 f
 - Atemwegsleck 264, 289, 291
 - seitendifferente Beatmung 297
 - Atemwegsmanagement 164 ff
 - Atemwegsobstruktion 39 ff
 - nach thoraxchirurgischen Eingriffen 263 f
 - – Kardinalsymptome 264
 - – Sofortmaßnahmen 264
 - Atemwegssicherung 98
 - Atemwegsspitzenruck, inspiratorischer 189
 - Atemwegsverletzungen 226
 - Atemwegswiderstand 19, 83
 - bei Obstruktion 88
 - Messung 84
 - Atemzentrum 20
 - Atemzugvolumen 189
 - Atmung
 - Beschleunigung 21, 22
 - chemische Kontrolle 21 f
 - reflektorische Kontrolle 21
 - Steuerung 20 ff
 - zentrale Kontrolle 20
 - Atracurium 179
 - Atropin 152, 319, 320
 - Aufwachraum 255 ff
 - Ausstattung 255
 - Dokumentation 256
 - Nachbeatmung 258
 - Übernahme des Patienten aus dem OP 255 f
 - Überwachung des Patienten 256
 - Verlegungskriterien 257
 - Verweildauer 257
 - Aufwach-Score nach Aldrete 257
 - Autofluoreszenz 103
 - Auto-PEEP 186, 193, 295, 296
 - AV-Knoten-Reentry-Tachykardie (AVNRT) 322 f
 - Akuttherapie 323
 - Diagnostik 322
 - vagale Manöver 323
 - AV-Reentry-Tachykardie (AVRT) 322 f
 - Akuttherapie 323
 - Diagnostik 322
 - vagale Manöver 323
 - Azidose 22, 91, 297, 306
 - Azinus 7, 15
- B**
- „baby lung“ 296
 - Ballongegenpulsation, intraaortale 281
 - Barotrauma 195, 306

- Basenüberschuss (Base Excess) 83, 91
- Beatmung
 - bei Ein-Lungen-Ventilation 192 f
 - bei Kindern 215 ff
 - bei Lungentransplantation 118, 120 f
 - bei Thoraxtrauma 224
 - biologisch variable 196
 - druckkontrollierte 192, 196, 294, 295, 300
 - druckregulierte volumenkontrollierte (PRVC) 295
 - extrakorporale Oxygenierung 206, 281, 304 ff
 - hochfrequente Verfahren 298 (siehe auch Jetventilation)
 - lungenprotektive 294, 295
 - – Atemfrequenz 294 f
 - – BIPAP 295
 - – inspiratorische Sauerstofffraktion (FiO₂) 295
 - – Inspirations-/Expirationsverhältnis 295
 - – PEEP 295
 - – PRVC 295
 - – Respiratoreinstellung 293 ff
 - – Tidalvolumen (V_T) 294
 - nichtinvasive 298 ff
 - – Kontraindikationen 299
 - – Voraussetzungen 299
 - – Vorteile 298
 - postoperative 258, 289 ff
 - – Indikationen 289
 - seitendifferente 297 f
 - – Indikationen 297
 - seitengetrennte 164 ff, 173, 186 ff
 - – bei schwierigen Atemwegen 173 f
 - – Indikationen 164
 - – Techniken 164 ff
 - Standardregime, Respiratoreinstellung 258
 - unterstützende 300
 - volumenkontrollierte 196, 294
- Beatmungshelm 299
- Beatmungstrauma
 - biochemisches 306
 - biophysisches 306
- Beck'sche Trias 129
- Beclometason-Formoterol-Kombination 49
- Benzodiazepine 152, 180
- Beta₂-Agonisten 152
 - bei obstruktiven Atemwegserkrankungen 46 f
 - Nebenwirkungen 46 f
 - Wirkeintritt und Wirkdauer 46
- Betablocker bei Asthmatikern 43
- Beta-Rezeptoren 6, 17, 46
- Bikarbonat (HCO₃) 22, 83, 91
- bildgebende Diagnostik 93 ff, 147
- Biopsie, endo- und transbronchiale 105 f, 200
- BIPAP (biphasic positive airway pressure) 295, 300
- Blutdrucküberwachung 158 f
- Blutgasanalyse 91 f, 158
 - Parameter 83
- Bluttransfusion 285 f, 293
- Blutung
 - intrapleurale 261
 - intrapulmonale 261
 - postoperative 261, 284 ff
- Blutverlust nach Lungenoperationen 284, 285
- Blutvolumen, intrathorakales (ITBV) 161
- BODE-Index 43, 150
- Bodyplethysmographie 82, 84 f, 87 f
 - Indikationen 84
 - Normalbefund 85
- Bohr-Gleichung 24
- Bradykardie 318 f
 - Akuttherapie 319, 320
 - Elektrostimulation 320
 - Medikamente als Ursachen 319
 - Symptome 319
- bronchiale Hyperreagibilität 40
 - Nachweis 89
- Bronchialepithel, Aufbau 4 f
 - lokale Immunität 5
- Bronchialgefäße 9, 16
- Bronchialkarzinom 29 ff
 - Begleitmedikation 152
 - kleinzelliges (SCLC) 29 ff
 - – Stadieneinteilung 29
 - – Therapie im Stadium Extensive Disease 30
 - – Therapie im Stadium Limited Disease 29 f
 - nichtkleinzelliges (NSCLC) 30 ff
 - – Stadieneinteilung 30 ff
 - – Therapie 33 f
 - – TNM-Klassifikation 31, 32
- Bronchialobstruktion siehe Obstruktion
- Bronchialsekret 5
- Bronchiektasen 72 f
- Bronchien
 - Anatomie 3 ff
 - Lappenbronchien 3 f
 - Querschnittflächen 4
 - Segmentbronchien 3 f
- Bronchiolen 6, 16
 - Bronchiolus respiratorius 6
 - Bronchiolus terminalis 6, 16
- Bronchiolitis obliterans organisierende Pneumonie (BOOP) 55
- bronchoalveoläre Lavage (BAL) 52
 - Durchführung 105
- bronchogene Zyste 134 f
- Broncholyse 151
- Bronchoskopie 97 ff
 - bei beatmeten Patienten 99
 - Durchführung 101 ff
 - flexible 101 f
 - in der Intensivmedizin 98 f
 - Indikationen 97 ff
 - intraoperative 98
 - Komplikationen 104
 - Lokalanästhesie 104
 - Materialentnahme 105 f
 - postoperative 101
 - Prämedikation 101
 - präoperative 97 f

- Bronchoskopie, Sensitivität 97
 - starre 99, 101
 - zur Atemwegssicherung 98
 - zur Erregerdiagnostik 99
 - zur Tubuskontrolle 169 f, 188
 - Bronchospasmodolysetest 89
 - Bronchospasmus, Prophylaxe 186 f
 - Bronchusadenom 137
 - Bronchusblocker 171 f
 - Einführen 171
 - für Kinder 172, 216 f, 219
 - Indikationen 173
 - Kontraindikationen 188
 - nach Arndt 171, 172, 188, 209
 - nach Cohen 172, 188, 209
 - Nachteile 172
 - Tubusgrößen für Kinder 172
 - Univent-Tubus 172, 209
 - Vor- und Nachteile 188
 - Bronchusstumpfausriss 262
 - Bronchusverschluss, Nahttechnik 115
 - Brustwandrekonstruktion 116
 - Budesonid-Formoterol-Kombination 49
 - Bülau-Technik zur Thoraxdrainage 126
 - Bupivacain 250, 251, 260
 - Bypass, kardiopulmonaler 233 f
 - Antagonisierung mit Protamin 234
 - balancierte Anästhesie 234
 - extrakorporale Zirkulation 234
 - Heparinisierung 234
 - Schmerztherapie 234
 - Standardüberwachung 233
 - total intravenöse Anästhesie 234
 - Bypasschirurgie, total-endoskopische 208 f, 210
 - Anästhesie 210
 - CO₂-Insufflation 209
 - Ein-Lungen-Ventilation 209
- C**
- Candida 68, 70, 310
 - Carlens-Doppellumentubus 165, 166, 188
 - CCAM (kongenitale zystisch adenomatoide Malformation) der Lunge 132 f
 - Cefepim 313
 - Cefotaxim 313, 316
 - Ceftazidim 313
 - Ceftriaxon 313
 - Cefuroxim 313
 - Chemorezeptoren 21 f
 - Chlamydien-Pneumonie 67
 - Churg-Strauss-Syndrom 49, 62
 - Ciclosporin, Wechselwirkungen 121
 - Ciprofloxacin 313, 316
 - Clamshell-Inzision 111, 119
 - Clara-Zellen 5
 - Clindamycin 316
 - CO₂ siehe Kohlendioxid
 - Cohen-Blocker 172, 188, 209
 - Compliance
 - der Lunge 17
 - des respiratorischen Systems 17
 - des Thorax 17
 - Computertomographie
 - Indikationen in der präoperativen Diagnostik 94 f
 - Strahlenbelastung 95
 - Contusio cordis 128 f
 - COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease) 39, 41 ff
 - akute Exazerbation 43, 315
 - Auto-PEEP 193
 - BODE-Score 43
 - Definition 41
 - Emphysem 42
 - Fluss-Volumen-Kurve 44
 - GOLD-Klassifikation 41, 42
 - medikamentöse Therapie 45 ff
 - Pathogenese 41 f
 - Prävalenz 41
 - Prognose 43
 - „schmutzige Lunge“ 42
 - systemische Effekte 43
 - Cor pulmonale 278
 - Coxibe (COX-2-Hemmer) 247
 - CPAP 298, 302
 - bei Ein-Lungen-Ventilation 193 f
 - bei Kindern 220
 - präoperative Applikation 291
 - CPAP-Maske 270
 - CPIS (Clinical Pulmonary Infection Score) 311
 - Cryptococcus spp. 68, 70
 - Cuff 165, 168, 215, 219
 - „low pressure high volume“-Cuff 216
 - „low pressure“-Cuff 218
 - „low volume high pressure“-Cuff 216, 217
- D**
- Daptomycin 315
 - Da-Vinci-Telemanipulationssystem 208
 - Dehnbarkeitswiderstand (1 / C) 18
 - Dehnungsrezeptoren 6, 21
 - Desfluran 179, 180, 181, 191
 - präkonditionierender kardioprotektiver Effekt 211
 - desquamative interstitielle Pneumonie (DIP) 54 f
 - Dezelerationstrauma 226
 - Diagnostik, präoperative 79 ff
 - Diaphragma siehe Zwerchfell
 - Diazepam 180
 - Diclofenac 246, 247
 - Diffusionskapazität
 - für Kohlenmonoxid (TLCO) 83, 85 f, 147, 148, 149
 - zur Abschätzung des perioperativen Risikos 89
 - Diffusionsmessung 85 f
 - Testgas 85
 - Diffusionsparameter 83
 - Diffusionsstörung, Schweregrade 86 f
 - Diffusionsstrecke 85
 - Digitalis 325
 - Dilatationstracheotomie 302
 - DNCG-Reproterol-Kombination 49

- Doppellumentubus 165 ff
 - Auswahlkriterien 166 f
 - für Kinder 218 f
 - – Marraro-Tubus 218
 - – Robertshaw-Tubus 218
 - Größen 166, 167
 - Intubation 168 f
 - Karinasporn 165, 166, 188
 - Kontraindikationen 166, 188
 - Lage- und Funktionskontrolle 98, 168 f
 - nach Carlens 165, 166, 188
 - nach Robertshaw 165, 166, 188
 - regelrechte Lage 170
 - Überwachung mittels fiberoptischer Bronchoskopie 169 f
 - Vor- und Nachteile 188
- Druck
 - intrapulmonaler 17
 - intrathorakaler 17
 - intravaskulärer, Verlaufsbeurteilung 160
- druckassistierte Spontanatmung 300
- Druckdifferenz, transmurale 18
- Ductus thoracicus 11
- Dyspnoe 43, 148
 - Definition 145
 - Leitsymptom bei Rechts-/Linksherzinsuffizienz 146
- E**
- EAA (exogen allergische Alveolitis) 58 f
- EBUS (endobronchialer Ultraschall) 98, 102 f
- Echokardiographie 161, 231, 279, 280
 - transösophageale (TEE) 207, 209, 280
- ECMO (extrakorporale Membranoxygenierung) 281 f
- Ein-Lungen-Ventilation 164 ff
 - alveoläre Rekrutierungsmanöver 193, 196
 - Anwendung von CPAP 193 f
 - arterielle Sauerstoffsättigung 192
 - Atemzugvolumen 192
 - Auswirkungen auf den Gasaustausch 189 ff
 - Beatmung mit PEEP und CPAP 194
 - Beatmung mit selektivem PEEP 193, 196
 - Beatmungsfrequenz 193
 - Beatmungsstrategie 195
 - bei Kindern 215 ff
 - – Durchführung 220
 - – geeignete Tuben 219
 - – Indikationen 215
 - – Kontraindikationen 215
 - – Möglichkeiten 215 ff
 - – Vor- und Nachteile 219
 - Hubvolumen 193
 - Hypoxämie-Risiko 194
 - Hypoxiebehandlung 194 f
 - Indikationen 187
 - kardiozirkulatorische Veränderungen 190
 - Lungenschädigung 195 f
 - lungenschonende Alternative 292
 - Management 186 ff
 - paO₂ 192
 - Patientenlagerung 189
 - protektive 196
 - Risiko der Rechtsherzinsuffizienz 190
 - Standardbeatmung 192 f
 - Vorbereitung des Patienten 187
- Einzellungentransplantation (SLTx) 119, 233
- Eisenstaublunge 60
- EKG-Überwachung 158
- Endobronchialblocker siehe Bronchusblocker
- Endoskopie 97 ff
 - interventionelle 98
- Endosonographie 98, 102 f
- Endotrachealtubus 171, 172, 173, 188
 - für Kinder 219
- Endstrombahn der Lunge 9
- Enfluran 181, 191
 - präkonditionierender kardioprotektiver Effekt 211
- Enoximon 281
- Enterobacteriaceae 310
- Entwöhnung 300 ff
 - Algorithmus 301
 - CPAP 302
 - Erfolgskriterien 301
 - prolongierte 302
 - SIMV 302
 - T-Stück 302
- Entzündungsreaktion 241
- eosinophile Lungenerkrankungen 61 f
- Epiduralanalgesie 201, 249 f, 260
 - geeignete Opioide 250
 - Lokalanästhetika 250
 - Nebenwirkungen 250
 - Punktionshöhe 250
 - Risiken 250
 - thorakale 181, 191, 249, 260
 - Vor- und Nachteile 249 f
- Epiglottis 3
- Ertapenem 313, 16
- Etomidat 179, 180, 191, 224, 231
- Euler-Liljestrand-Reflex 181, 189, 190
- EUS (endoösophagealer Ultraschall) 98, 103
- Expiration 13, 14
 - Koordination 20
- extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO) 281 f
- extrakorporale Ventilation 206, 281, 304 ff
 - iLA-Membran 305
 - Indikationen 307
 - Membranventilator 304 f
 - Modi mit Blutpumpe 308
 - Modus ohne Blutpumpe 307
- extrakorporale Zirkulation 206 ff
- Extubationskriterien 258
- F**
- Farmerlunge 58
- Fast-track-Chirurgie 153
- Fatigue 56
- Fenoterol 46
- Fentanyl 179, 191, 231, 235, 248

FEV₁ (1-Sekunden-Kapazität) 82, 84, 147, 148, 149
 – bei Obstruktion 87, 88
 – bei Restriktion 87, 88
 – prädiktive postoperative 291
 – relative (FEV₁%) 82
 – zur Abschätzung des perioperativen Risikos 89
 Fibrosen 51 ff
 Fibrothorax 76
 Fistel
 – bei Ösophagusatresie 139 f
 – bronchopleurale 226, 262, 297, 314
 – Diagnostik 99, 101
 Flecainid 322, 323, 325, 327
 Flimmerepithel 4 f
 Flow-Zeit-Kurve 156
 Flunitrazepam 180
 Flüssigkeitsbilanzierung 184
 Flüssigkeitsmanagement 259
 Flüssigkeitsüberladung, perioperative 182, 292
 Fluss-Volumen-Kurve 44, 83 f, 87, 88, 101
 Fluticason 152
 – in Kombination mit Salmeterol 49
 Flutter (Atemtrainer) 271
 Fogarty-Katheter 216
 Formoterol 46
 Frank-Starling-Kurve 159
 Fremdkörperextraktion, bronchoskopische 100
 Froschzeichen 322
 Full-Face-Maske 299

G

Gasaustauschfläche 8
 Gasaustauschstörung 223, 282, 289, 298
 – bei Thoraxtrauma 223 ff
 Gasgleichung, alveoläre 25
 Gasvolumen, intrathorakales (ITGV) 82, 85
 gefesselte Luft siehe air trapping
 Giemen 145
 Globalinsuffizienz, respiratorische 39, 91, 146, 282
 Glukokortikoide
 – bei allergischer Alveolitis 59
 – bei interstitieller Pneumonie 54, 55
 – bei obstruktiven Atemwegserkrankungen 45 ff
 – – inhalative 45 f
 – – Nebenwirkungen 45
 – – „permissiver Effekt“ 45
 – – systemische Gabe 46
 – nach Lungentransplantation 121
 Glykopyrrolat 152
 Granulomatose 51, 56 f
 – allergische (Churg-Strauss-Syndrom) 62

H

Haemophilus influenzae 67, 68
 Haemophilus-Pneumonie 67
 Halothan 181, 191
 – präkonditionierender kardioprotektiver Effekt 211
 Hämatooperikard 227
 Hämatothorax 128, 227

Hamman-Rich-Syndrom 54
 Hämoptysen, Blutstillung 99 f
 Hämorrhagie, diffuse alveoläre (DAH) 61
 hämorrhagischer Schock 224, 228
 Hauptbronchien 3, 15 f
 – Abschätzung der lichten Weite 167
 Herniation des Herzens 262, 286
 Herzchirurgie, endoskopische 205 ff
 Herz-Lungen-Maschine 206, 233, 234
 Herz-Lungen-Transplantation (HLT_x) 120, 233
 Herzrhythmusstörungen 227, 318 ff
 – bradykarde 318 f
 – Kammerflimmern 327 f
 – Kammertachykardie 326 f
 – postoperative 263
 – tachykarde 320 ff
 – Torsade de pointes 328 f
 – Vorhofflattern 324 f
 – Vorhofflimmern 325 f
 Herzzeitvolumen (HZV) 17
 – Messung 160 f
 Hibernation 210
 Histiozytosis X 59
 hochfrequente oszillierende Ventilation (HFOV) 298
 hochfrequente perkussive Ventilation (HFPV) 298
 Hochfrequenz-Jetventilation (HFJV) 162, 182, 196 f,
 236, 298
 – Indikationen 196
 Honigwabenlunge 54
 Husten 3, 145
 Hustenstoß 21
 Hustentechniken 267
 Hyperalgesie 241
 – primäre 242
 – sekundäre 242
 Hyperglykämie 211
 Hyperinflation, Therapie mit Tiotropium 47
 Hyperkapnie 22, 39, 91, 92, 146, 186, 203
 – bei endoskopischer Bypasschirurgie 210
 – permissive 297
 – systemische Effekte 297
 Hypokapnie 92
 Hypoventilation, kontrollierte 297
 Hypoxämie 22, 91, 92, 157, 158, 186
 Hypoxie 23, 39, 146, 186, 190
 – Therapiealgorithmus 194 f
 – während Ein-Lungen-Ventilation 194
 hypoxisch-pulmonale Vasokonstriktion (HPV)
 23, 223 f
 HZV siehe Herzzeitvolumen

I

Ibuprofen 247
 iLA (Interventional Lung Assist) 304 f
 Iloprost 281
 Imipenem 313
 Imipenem/Cilastin 316
 Immunsuppression bei Lungentransplantationen 121 f
 Indacaterol 46

- Indomethacin 247
 Induktions-Chemo-Radio-Therapie 151
 Infektionen der Lunge 64 ff
 – bei Kindern
 – Bronchiektasen 72 f
 – Lungenabszess 71 f
 – nichttuberkulöse Mykobakterien (NTM) 75 f
 – Parasitosen der Lungen 76
 – Pleuraempyem 76 f
 – Pleuraerguss, parapneumonischer 76 f
 – Pneumonie 64 ff
 – – ambulant erworbene (CAP) 64 ff
 – – Aspirationspneumonie 69 f
 – – bei Immundefizienz 68 f
 – – Pilzpneumonie 70
 – postoperative 310 ff
 – Prophylaxe bei Lungentransplantation 121
 – Tuberkulose 73 f
 Inhalationsanästhetika 179, 180, 181, 191
 – Abschwächung der HPV 191
 – Kontraindikationen 182
 – präkonditionierender kardioprotektiver Effekt 211
 Inspiration 13, 14
 – Begrenzung 21
 inspiratorische Kapazität (IC) 82, 84
 inspiratorische Sauerstofffraktion (FiO₂) 295
 Inspirations-/Expirationsverhältnis 295
 instabiler Thorax 125 f
 Interkostalanalgesie 251
 Interkostalmuskeln 13
 interpleurale Analgesie 251
 interstitielle Lungenerkrankungen 51 ff
 – Biopsie 52
 – bronchoalveoläre Lavage (BAL) 52
 – Definition 51
 – Diagnostik 51 f
 – Klassifikation 51
 – Krankheitsbilder 53 ff
 – Laboruntersuchungen 52
 – medikamenteninduzierte 62
 – Prävalenz 51
 – röntgenologische Untersuchung 52
 – Therapie 52
 intrinsic PEEP 156
 Intubation
 – Aintree-Katheter 173
 – bei Thoraxtrauma 224 f
 – beim sedierten Patienten 173
 – Bronchusblocker 171 f
 – Doppellumentubus 165 ff
 – endobronchiale 164
 – – bei Kindern 215 f, 219
 – Passagehindernisse 173
 – unter fiberoptischer Kontrolle 98, 169 f, 172, 173
 Inverse Ratio Ventilation (IRV) 296
 Ipratropium 47, 152
 – kombiniert mit Fenoterol 49
 Ischämie-Reperfusion-Lungenödem 289, 290
 ischämische Syndrome am Herzen 210
 Isofluran 179, 180, 181, 191
 – präkonditionierender kardioprotektiver Effekt 211
- ## J
- Jetventilation 162, 182 ff, 298
 – Durchführung 183 f
 – Hubvolumen 182
 – Impulsfrequenzen 182
 – Indikationen 182
 J-Rezeptoren 6
- ## K
- Kammerflimmern 327 f
 – Akuttherapie 328
 – Diagnostik 327 f
 Kammertachykardie 326 f
 – Akuttherapie 327
 – Diagnostik 327
 Kardiomyozyten, Präkonditionierung 211
 Kardioplegie 206, 210
 Kardioprotektion 210
 kardiopulmonale Funktionsdiagnostik 147 ff
 Karotisstenosen 151
 Karzinom, bronchogenes 137
 Ketamin 179, 180, 191, 231
 Ketoprofen 246
 Ketorolac 246, 247
 Kielbrust 138
 – chirurgische Korrektur 138
 Kinder
 – Beatmungsfrequenz 220
 – Bronchusblocker 216 f, 219
 – CPAP 220
 – Doppellumentuben 218 f
 – Ein-Lungen-Ventilation 215 ff
 – endobronchiale Intubation 215 f, 219
 – Lungeninfektionen 135 ff
 – minimalinvasive Operationsverfahren 131
 – Spontanpneumothorax 135
 – Thoraxchirurgie 131 ff
 – Tidalvolumen 220
 – Tubengrößen 219
 – Univent-Tubus 218, 219
 – Video-Assisted Thoracic Surgery (VATS) 131
 Klaggat-Fenster 262
 Kodoh-Kriterien 54
 Kohlendioxid-Partialdruck (pCO₂) 22, 83, 91, 148
 – alveolärer (pACO₂) 21, 24, 25
 – arterieller (paCO₂) 21, 22, 24, 25, 158, 193, 195, 220, 258, 299
 – endtidaler (PetCO₂) 157
 – gemischter (pECO₂) 24
 – Regulation über zentrale Chemorezeptoren 21
 Kohlendioxid-Insufflation 202, 209
 Kollarinzision 112
 Kollateralventilation 16
 Komplikationen
 – hämodynamische 277 ff
 – nach thoraxchirurgischen Eingriffen 260 ff, 275 ff

- Kompressionstrauma 226
kongenitale zystisch adenomatoide Malformation (CCAM)
 der Lunge 132 f
kongenitales lobäres Emphysem 133 f
koronare Herzkrankheit, präoperative Behandlung 151
Koronarsinuskatheter 206, 207
Krogh-Index (TLCO/VA) 83, 85
kryptogen organisierende Pneumonie (COP) 55
- L**
- Lachgas siehe Stickoxydul
Lagekontrolle des Tubus 98, 168 ff, 188
Lagerung des Patienten
 – Auswirkungen auf den Gasaustausch 189
 – für die Clamshell-Inzision 110
 – für die dorsolaterale Thorakotomie 110
 – für die Kollarinzision 112
 – für die Lungentransplantation 118
 – für die mediane Sternotomie 111
 – für die posterolaterale Thorakotomie 109
 – für die VATS-Lobektomie 112
 – postoperative 267
Langerhanszellgranulomatose, pulmonale 59
LaPlace-Gleichung 19
Lappenbronchien, Nomenklatur 3
Larynx 3
Leckagealarm 157
Legionellen-Pneumonie 67
Leukotrienantagonisten bei obstruktiven Atemwegs-
 erkrankungen 48
Levofloxacin 313
Levosimendan 281
Ligamentum pulmonale 10
Linezolid 313, 315
Linksherzdysfunktion 146
Linksherzinsuffizienz, präoperative Behandlung 151
Lippenbremse 267
Lobektomie 114
Löffler-Syndrom 62
Löfgren-Syndrom 56
Luftembolie 228
Lungenabszess 71 f, 136
Lungenarterien 16
Lungenbiopsie, transbronchiale 52, 105 f
Lungen-CT, quantitatives 148
Lungenembolie 282 ff
 – Antikoagulation 283
 – Diagnose 283
 – Katheterembolektomie 283
 – Risikofaktoren 282
 – Thrombektomie 283
 – Thrombolysen 283
 – Vena-cava-Filter 283
Lungenemphysem 39, 42, 236
 – kongenitales lobäres 133 f
Lungenentwicklung, Stadien 131
Lungenerkrankungen
 – eosinophile 61 f
 – Fibrosen 51 ff
 – granulomatöse 56 ff
 – infektiöse 64 ff, 135 ff
 – interstitielle 51 ff
 – Metastasen 36 f, 137
 – restriktive 51 ff
 – Tumoren 137
Lungenfehlbildungen, kongenitale 132 ff
Lungenfibrose 51 ff
 – idiopathische 53 ff
 – – histomorphologische Klassifikation 53
 – postoperative 90 f
Lungenfunktionsdiagnostik 81 ff
 – Indikationen 81
 – Methoden 83 ff
 – präoperative 89 f
Lungenfunktionsparameter 82 ff
 – dynamische 82
 – statische 82
 – Veränderung bei Ventilationsstörungen 86 f
Lungengefäße 16 f
Lungenhamartom 137
Lungenhochdruck, präoperative Behandlung 151
Lungenkapazität totale (TLC) 82
 – bei Restriktion 87
Lungenkontusion 128, 226
Lungenmechanik 17 ff
Lungenmetastasen 36 f, 137
Lungenödem 23, 69, 184, 288, 290
 – Postpneumonektomie-Pulmonalödem (PPE)
 290, 292
 – Postthorakotomie-Lungenödem 289, 290
Lungenoperationen 112 ff
 – anatomische Resektionen 113 ff
 – atypische Resektionen 112, 113
 – Lobektomie 114
 – Lymphadenektomie 116
 – offenes Vorgehen 113
 – Pneumonektomie 115
 – Segmentresektion 113
 – Video-assistiertes Vorgehen 113
Lungenparenchym 6 f
Lungenperfusion, Verteilung 22, 23
Lungenperfusionsszintigraphie 147, 148
 – quantifizierte 90, 91
Lungenresektion 113 ff
 – Kompensationsmechanismen 278
 – Physiotherapie 269 f
 – Risiko für Lungenembolie 282
Lungenrestfunktion, postoperative 90, 147 ff
Lungenschädigung, beatmungsinduzierte 195 f, 306
Lungenseparation 164 ff, 173, 186 ff
 – bei schwierigen Atemwegen 173 f
 – Indikationen 164
 – Techniken 164 ff
Lungensequester 133
Lungentorsion 286 f
 – Prophylaxe 286
 – röntgenologische Zeichen 287
 – Symptome 287

- Lungentransplantation 118 ff
 - Abstoßung 123
 - Anästhesie 118, 231
 - Antikoagulation 121
 - Beatmung 118, 120 f
 - bilaterale (DLTx) 230 ff
 - – balancierte Anästhesie 231
 - – Herz-Lungen-Maschine 233
 - – Hypnotika 231
 - – Intubation 231
 - – Monitoring 231
 - – Muskelrelaxans 231
 - – Narkoseeinleitung 230 f
 - – Schmerztherapie 232
 - – Standardüberwachung 230
 - – Tubuswahl 231
 - bilaterale sequenzielle 119 f
 - Einzellungentransplantation 119
 - Herz-Lungen-Transplantation 120
 - Immunsuppression 121 f
 - Indikationen 118
 - Infektionsprophylaxe 118, 121
 - intensivmedizinische Versorgung 120 ff
 - Komplikationen 122
 - Lagerung 118
 - Operationstechnik 119 ff
 - Physiotherapie 270
 - postoperative Infekte 123
 - postoperative Medikation 121 f
 - prä- und perioperative Medikation 118
 - Prognose 123 f
 - Vorbereitung des Patienten 118
 - Weaning 120
 - Lungentumoren 137
 - Lungenüberblähung 39, 133
 - Lungenvenen 16
 - Lungenvolumenreduktion 150, 236 f
 - balancierte Anästhesie 236
 - Intubation 236
 - Komplikationen 236 f
 - Narkoseeinleitung 236
 - Standardüberwachung 236
 - total intravenöse Anästhesie 236
 - Lungenwasser, extravaskuläres (EVLW) 161
 - Lymphadenektomie 116
 - Lymphangioliomyomatose (LAM) 60 f
 - lymphatisches System 11 ff
 - lymphozytäre interstitielle Pneumonie (LIP) 56
- M**
- Magnetresonanztomographie des Thorax 96
 - Manschettenresektion des Stammbronchus 183, 194, 196
 - Mantelpneumothorax 126
 - Marraro-Doppellumentubus 218
 - Masken für die nichtinvasive Beatmung 299
 - Mediastinaltumoren 116
 - Mediastinalverschiebung nach Lungenresektion 263
 - Mediastinoskopie 116, 205
 - Mediastinotomie, kollare 116
 - Mediastinum, Anatomie 12
 - Mediflo (Atemtrainer) 272
 - Mediflo duo (PEP- und SMI-Trainer) 272, 273
 - MEF₅₀ 82, 84
 - Membranventilator 304 f
 - iLA mit Pumpe 308
 - pumpenloser iLA-Modus 307
 - Meningitis tuberculosa 73
 - Meropenem 313, 316
 - Metamizol 247 f
 - Agranulozytoserisiko 247
 - Metastasen 29 ff
 - pleurale und pulmonale 36 f
 - Methicillin-resistente Staphylococcus aureus (MRSA) 313, 315
 - Methylprednisolon 121
 - Midazolam 152
 - Miliar-Tuberkulose 73, 75
 - Milrinon 281
 - minimalinvasive Chirurgie 111 f, 205 ff
 - bei Kindern 131
 - Mischstaubpneumokoniose 60
 - Mivacurium 179, 180
 - Monaldi-Technik zur Thoraxdrainage 126
 - Monitoring 155 ff
 - arterielle Blutdruckmessung 158 f
 - arterielle Blutgase 158
 - Atemwegsdruck 155 f
 - bei Jetventilation 162 f
 - Echokardiographie 161
 - EKG 158
 - endtidales CO₂ 157
 - Flow-Zeit-Kurve 156
 - Fluss- und Volumenparameter 161
 - kardiovaskuläres 158 ff
 - Leckage 157
 - Pulmonalarterienkatheter 160 f
 - Pulsoxymetrie 157, 159
 - respiratorisches 155 f, 157 f
 - Tidalvolumen 156
 - zentraler Venendruck 160
 - Montelukast 48
 - Morphin 248
 - für die Epiduralanalgesie 250
 - Moxifloxacin 313
 - MRSA (Methicillin-resistenten Staphylococcus aureus) 67, 313, 315
 - Mucor 68, 70
 - Mukolytika 151
 - mukoziliäre Clearance 4, 5
 - Mund-Nasen-Maske 299
 - Mundverschlussdruck
 - maximaler expiratorischer (PE_{max}) 83
 - maximaler inspiratorischer (PI_{max}) 83
 - Messung 86, 89
 - Murphy-Auge 218
 - Muskarin-Rezeptoren 6, 47
 - Muskelrelaxanzien 179 f
 - bei total-endoskopischer Bypasschirurgie 210

Mycophenolatmofetil 121
 Mykobakterien, nichttuberkulöse (NTM) 75 f
 Mykobakterien-Infektionen der Lunge 73 ff
 Mykoplasmen-Pneumonie 67
 Myzetom 70, 71

N

N₂O siehe Stickoxydul
 Nachbeatmung 258
 Nadelaspiration, bronchoskopische 106
 Nadeldekompression 127
 Naloxon 261
 Narkose siehe Anästhesie
 Narrow Band Imaging 103
 Nase 3
 Nasenmaske 299
 Nasenstenose 267
 NAVA (Neurally Adjusted Ventilatory Assist) 300
 Nedocromil 49
 Nervenblockaden, periphere 251, 260
 – Risiken 251
 Nicht-Opioid-Analgetika 246 ff, 260
 – Coxibe 247
 – Metamizol 247 f
 – NSAR 246 f
 – Paracetamol 247
 nichtspezifische interstitielle Pneumonie (NSIP) 55
 Nitroglycerin 281
 NO siehe Stickstoffmonoxid
 Non-Fermenter 310
 Novalung Interventional Lung Assist Membranventilator (iLA) 304
 Nozizeption 241
 NSAR (nichtsteroidale Antirheumatika) 246 f
 NSCLC siehe Bronchialkarzinom, nichtkleinzelliges
 Nüchternheit, präoperative 153

O

O₂ siehe Sauerstoff
 Obstruktion
 – Diagnostik mittels Spirometrie 87, 88
 – intrathorakal versus extrathorakal 88
 – reversible 89
 – Schweregrade nach Resistance 87
 – spirometrische Schweregrade 87
 – Veränderung der Lungenfunktionsparameter 86 f
 obstruktive Atemwegserkrankungen 39 ff
 – Asthma bronchiale 39 f
 – COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease) 39, 41 ff
 – medikamentöse Therapie 45 ff
 – – Antibiotika 49
 – – Anticholinergika 47 f
 – – Antihistaminika 49
 – – Beta₂-Agonisten 46 f
 – – Fixkombinationen 49
 – – Glukokortikoide 45 ff
 – – Leukotrienantagonisten 48
 – – Phosphodiesterase-Hemmer 48
 – – Sekretolytika 49

Öffnungsdruck 18
 Open-Lung-Konzept 295
 Operabilität, Einschätzung, 89 f, 147 ff
 Opiode 152, 179, 180, 180, 191, 248, 260
 – zur patientenkontrollierten intravenösen Analgesie 248
 Orciprenalin 319, 320
 Ösophagusatresie 139 f
 – Formen 139
 – operative Therapie 140
 – Prognose 140
 Oxycodon-Naloxon-Kombination 248
 Oxygenierung
 – Berechnung der arteriellen Oxygenierung 25
 – Einfluss der Patientenlagerung 189, 194
 – Einfluss von Anästhetika 181, 191
 – Entwöhnungskriterium 301
 – extrakorporale 281 ff, 304 ff
 – hyperbare 228
 – Monitoring 157 f, 162
 – unter Ein-Lungen-Ventilation 181 f, 191 f, 195
 Oxygenierungsindex (paO₂/FiO₂) 223, 290, 301, 311

P

paCO₂ siehe Kohlendioxid-Partialdruck
 paO₂ siehe Sauerstoff-Partialdruck
 Paracetamol 247
 paradoxe Atembewegungen 146
 Parasitosen der Lungen 76
 Paravertebralblockade 251
 Parenchymleck, Jetventilation 182, 183
 Paulson-Zugang 109
 PCIA (patientenkontrollierte intravenöse Analgesie) 248
 Peak Expiratory Flow (PEF) 82, 84
 Peak Inspiratory Flow (PIF) 82, 84
 PEEP (positiver endexpiratorischer Druck) 99, 120, 189, 258, 295 f
 – Auto-PEEP 186, 193, 295, 296
 – bei Ein-Lungen-Ventilation 193, 194, 196
 – bei pulmonaler Hypertonie 281
 – bei Thoraxtrauma 225
 – bei Weaning 301
 – „best PEEP“ 296
 – intrinsic PEEP 156
 – Zero-PEEP 192
 PEP-Maske (Positive-Expiratory-Pressure-Gerät) 272
 Perikarderguss
 – postoperativer 283 f
 – traumatischer 129
 Perikardpunktion 129
 Perikardtampnade 283 f
 – Definition 284
 – Echokardiographie 284
 – Punktion und Drainage 284
 – Symptome 284
 PET-CT 96
 Phosphodiesterase-Hemmer 48, 151, 281
 pH-Wert 76, 91, 297, 299
 – bei Entwöhnung 301
 – im Pleurapunktat 314

- Physiotherapie 266 ff
 - bei Bronchiektasen 73
 - bei obstruktiven Atemwegserkrankungen 268
 - bei restriktiven Atemwegserkrankungen 269
 - Lagerung 267
 - Mobilisation 267
 - nach Lungenresektion 269 f
 - nach Lungentransplantation 270
 - nach Pleuraverletzungen 269
 - nach Rippenserienfraktur 269
 - präoperative 266
- PiCCO-System 161, 209
- Pilz pneumoniae 70
- Piperacillin/Tazobactam 313, 316
- Piritramid 248
- Pleura, Anatomie 9 f
- Pleura diaphragmatica 11
- Pleura parietalis 10, 11, 14
- Pleura visceralis 9, 10, 14
- Pleuradrainage 77
- Pleuraempyem 76 f, 135 f, 289, 314
- Pleuraerguss 10, 14, 314
 - bei Kindern 135
 - maligner 31, 33
 - parapneumonischer 67, 76 f
 - postoperativer 314
- Pleuraflüssigkeit 10
- Pleuramesotheliom, malignes (MPM) 34 f
 - Prognose 35
 - Stadieneinteilung 35, 36
 - Therapie 35
 - TNM-Klassifizierung 35
- Pleurametastasen 37
- Pleuraspalt, Druck 14
- Pleuraverletzungen, Physiotherapie 269
- Pleuritis sicca 76
- Pleuritis tuberculosa 73
- Pneumatozele 136
- Pneumocystis jirovecii 68, 69
- Pneumokokken-Pneumonie 66 f
- Pneumokoniosen 59 f
- Pneumonektomie 115
 - intraperikardiale 286
- Pneumonie 64 ff
 - Antibiotikatherapie 66, 312 ff
 - clinical pulmonary infection score (CPIS) 311
 - Diagnostik 310 f
 - Erregerdiagnostik 65
 - Erregerspektrum 64, 310
 - Formen
 - – akute interstitielle (AIP) 54
 - – ambulant erworbene (CAP) 64 ff
 - – Aspergillose-Pneumonie 70
 - – Aspirationspneumonie 69 f
 - – beatmungsassoziierte 310 ff
 - – bei Immundefizienz 68 f
 - – Bronchiolitis obliterans organisierende Pneumonie (BOOP) 55
 - – Chlamydien-Pneumonie 67
 - – desquamative interstitielle (DIP) 54
 - – eosinophile 62
 - – Haemophilus-Pneumonie 67
 - – kryptogen organisierende Pneumonie (COP) 55
 - – Legionellen-Pneumonie 67
 - – limfozytäre interstitielle Pneumonie (LIP) 56
 - – Mykoplasmen-Pneumonie 67
 - – nichtspezifische interstitielle Pneumonie (NSIP) 55
 - – nosokomiale (HAP) 289, 310 ff
 - – Pilz pneumoniae 70
 - – Pneumokokken-Pneumonie 66 f
 - – Staphylokokken-Pneumonie 67
 - – usual interstitial pneumonia (UIP) 53 f
 - – Virus pneumoniae 67
 - Infiltrat im Röntgen-Thoraxbild 310, 311
 - Klassifikation 64
 - Klinik 65
 - Komplikationen 65
 - Laboruntersuchungen 65
 - röntgenologische Diagnostik 65
 - Schweregradeinteilung mit CRB-65 Score 65 f
- Pneumoperikard 227
- Pneumothorax 126 ff, 226
 - „einfacher“ 126
 - Hämatothorax 128
 - Mantelpneumothorax 126
 - offener 127 f
 - Sofortmaßnahmen 264
 - Spannungspneumothorax 127
 - Thoraxdrainage 126 f
- Polymyxin B 313
- Port-Access-Technik 206 f
 - Komplikationen 207
 - Kontraindikationen 207
 - Zugangswege und Katheter 207
- postoperative Lungenfunktion, Berechnung 90 f
- Postpneumonektomie-Pulmonalödem (PPE) 290, 292
- Postthorakotomie-Lungenödem 289, 290
- Postthorakotomie-Schmerz, chronischer 242
- Präkonditionierung von Kardiomyozyten 211
- Prämedikation 152 ff
 - bei Asthma-Patienten 101
- präoperative Befunderhebung 145 ff
- Prednisolon 121
- Procalcitonin III 310
- Prognose der postoperativen Lungenfunktion 90
- Propafenon 322, 323, 325, 327
- Propofol 179, 180, 181, 224, 231, 235
- Propriorezeptoren 21
- Prostacyclin 281
- Prostaglandine 191
- Provokationstestung, unspezifische inhalative 89
- PRVC (druckregulierte volumenkontrollierte Ventilation) 295
- Pseudomonas aeruginosa 310
- Pulmoblastom 137
- pulmonalarterieller Mitteldruck 17
- Pulmonalarterienkatheter 160 f
- pulmonale Blutgefäße 8

pulmonale Hypertonie 234, 277 ff
 – Beatmung 281
 – Berechnung des Druckgradienten 279
 – Definition 277
 – Diagnose 279 f
 – Echokardiographie 279 f
 – Klassifikation 277
 – peri- und postoperative 278
 – pulmonal-arterielle Katheterisierung 280
 – röntgenologische Zeichen 279
 – Therapie der akuten postoperativen PH 280 f
 pulmonaler Gefäßwiderstand (PVR) 17
 pulmonales Gefäßbett 16
 Pulmonalkatheter, einlumiger 216
 Pulmonalisvent 206, 207, 209
 Pulsamplitudenvariabilität 159
 Pulsdruckvariabilität 158 f
 Pulskonturanalyse 161, 209
 Pulsoxymetrie 147, 157, 159

R

Rasselgeräusche 146
 Rauchen 41, 43, 145, 291
 Rauchkarenz, präoperative 152
 Raumforderungen, intrathorakale 137
 Rechtsherzinsuffizienz 146, 277
 – akute postoperative 262
 – präoperative Behandlung 151
 – Risiko bei Ein-Lungen-Ventilation 190
 Rechtsherzversagen 279
 – extrakorporale Membranoxygenierung 281 f
 – Vasodilatoren 280 f
 – Vasopressoren 280
 – Volumengabe 280
 Rechts-Links-Shunt 72, 146, 186, 189, 191
 – absoluter 24
 – physiologischer 16, 24 f
 – refraktärer 25
 Recruitment-Manöver 296
 – Durchführung 296
 – Kontraindikationen 296
 – Nebenwirkung 296
 Regionalanalgesie 248 ff
 – Epiduralanalgesie 249 ff
 – periphere Nervenblockaden 251
 Reibungswiderstand 19
 Relaxometrie 163
 Remifentanyl 179, 180, 191, 231, 235
 Reperfusionsoedem 122
 Resektatberechnung 149
 Resektionskriterien 147 ff
 Reservevolumen
 – expiratorisches (ERV) 82, 84
 – inspiratorisches (IRV) 82, 84
 Residualkapazität, funktionelle (FRC) 17, 39, 82, 83, 84
 Residualvolumen (RV) 18, 39, 82, 83
 Resistance (R_L) 19, 83, 84, 88
 Resorptionsatelektasen 295

respiratorische Bronchiolitis mit interstitieller Lungen-
 erkrankung (RB-ILD) 55
 respiratorischer Quotient (R) 25
 respiratorisches Versagen 289 ff
 – hyperkapnisches 306
 – hypoxisches 306
 – Pathophysiologie 306
 – Prädiktoren 291 ff
 Restfunktion, postoperative 90, 147 ff
 Restrelaxation 163
 Restriktion
 – bodyplethysmographische Schweregrade 88
 – Diagnostik mittels Bodyplethysmographie 87
 – Diagnostik mittels Spirometrie 87
 – Veränderung der Lungenfunktionsparameter 86 f
 restriktive Erkrankungen 51 ff
 Rethorakotomie, Indikationen 261
 Rezeptoren 6
 Rippenfraktur 125
 – Begleitverletzungen 125
 Rippenserienfraktur 125
 – instabiler Thorax 125 f
 – Physiotherapie 269
 Risikoabschätzung vor Pneumonektomie 147 ff
 – Algorithmus 149
 Risikostratifizierung, perioperative
 – mittels FEV₁ 89
 – mittels TLCO 89
 – mittels VO₂max 89
 Robertshaw-Doppellumentubus 165, 166, 188
 – für Kinder 218
 Rocuronium 179, 180
 Röntgendiagnostik
 – bei Notfalleingriffen 93
 – bei Routineeingriffen 93
 – „rechtfertigende Indikation“ 93
 Ropivacain 250, 251, 260
 Rotations-Thrombelastographie 225
 Rückenlage, Auswirkungen auf den Gasaustausch 189
 Ruhedehnungskurve 17, 18

S

Salbutamol 46, 152
 Salmeterol 46, 152
 Sarkoidose 56 ff
 – röntgenologische Klassifikation 57
 Sauerstoffaufnahme, maximale (VO₂max) 89, 147, 148
 – zur Abschätzung des perioperativen Risikos 89
 Sauerstoffpartialdruck (pO₂) 83, 91
 – alveolärer (pAO₂) 25, 190
 – arterieller (paO₂) 21, 22, 23, 25, 146, 158, 190, 191, 192, 193, 194, 209, 258, 301
 – gemischt-venöser (pvO₂) 25, 190
 – periphere Chemorezeptoren 21
 Sauerstoffsättigung 83
 – arterielle (SaO₂) 160, 192, 194, 301
 – gemischtvenöse (SvO₂) 160, 258
 – pulsoxymetrische (SpO₂) 157 f, 159, 299
 Säure-Basen-Haushalt, Chemorezeptoren 21

- Säure-Basen-Status, Parameter 83
 Schlagvolumenvariabilität 158 f
 Schmerzen
 – Chronifizierung 241, 242 f
 – Hyperalgesie 242
 – neuropathische 242
 – Nozizeption 241
 – postoperative 242 f
 – Ursachen 268
 Schmerzmessung 246
 Schmerzreaktionen 268
 Schmerzsensibilität, genetische 243
 Schmerztherapie 241 ff, 259
 – Algorithmus 251 f
 – bei kardiopulmonalem Bypass 234
 – bei Lungentransplantation 232
 – bei tracheobronchialer Resektion/Rekonstruktion 236
 – Kriterien für das Analgesieregime 245
 – organisatorische Voraussetzungen 245 f
 – Stufenkonzept 245
 – Zielsetzung 245
 Schutzreflexe 21
 SCLC siehe Bronchialkarzinom, kleinzelliges
 Segmentbronchien, Nomenklatur 3
 Segmentresektion 113
 Seitenlagerung, Auswirkungen auf den Gas-
 austausch 189
 Seitentrennung der Atemwege siehe Lungenseparation
 Sekretolytika 49
 1-Sekunden-Kapazität siehe FEV₁
 Sensibilisierung, zentrale 241, 242
 Sevofluran 179, 180, 181, 191, 231, 235, 236
 – präkonditionierender kardioprotektiver Effekt 211
 Shunt siehe Rechts-Links-Shunt
 Shuntvolumen, erhöhtes 23
 Siderose 60
 Sildenafil 151, 281
 Silikose 59 f
 SIMV (Synchronized Intermittent Mandatory
 Ventilation) 302
 SMI-Trainer (Sustained Maximal Inspiration) 271
 Sonographie des Thorax 96
 – bei Perikarderguss 129
 – bei Pleuraempyem 135
 – interoperative 113
 Spannungshämatothorax 285
 Spannungspneumoperikard 227
 Spannungspneumothorax 127, 227, 262, 264
 – Nadeldekompression 127
 – postoperativer 262, 264
 – Symptome 264
 Sperrarterien 17
 Spiroergometrie 89
 Spirogramm 84
 Spirometrie 82, 83 f
 – Indikationen und Kontraindikationen 83
 Spontanpneumothorax 135
 Staging, endoskopisches 98
 Standardbikarbonat 83, 91
 Staphylokokken 64, 67, 310, 315
 – Methicillin-resistente (MRSA) 67, 313, 315
 Staphylokokken-Pneumonie 67
 Sternotomie, mediane 111
 Sternumfraktur 126
 Stickoxydul (N₂O, Lachgas) 180, 181, 202, 211, 225
 Stickstoffmonoxid (NO) 191, 281
 Stressreaktion, chirurgische 243 f
 Strömungswiderstand 19
 Stunning 210
 Succinylcholin 179, 231
 Sufentanil 179, 191, 248
 – für die Epiduralanalgesie 250, 260
 Surfactant 7, 19
- T**
- Tachykardie 320 ff
 – atriale 320 f
 – – Akuttherapie 321, 322
 – – Diagnostik 321
 – Kammertachykardie 326 f
 – – Akuttherapie 327
 – – Diagnostik 327
 Tacrolimus 121
 Terbutalin 46
 Theophyllin 48
 Thermovolumen, intrathorakales (ITTV) 161
 Thiopental 179, 180, 224
 Thorakoskopie 200 ff
 – Anästhesie 202
 – CO₂-Insufflation, intrapleurale 202
 – Durchführung 200 f
 – Extubation 203
 – Indikationen 200
 – Komplikationen 201, 202
 – Konversion in offene Thorakotomie 201
 – mechanische Beatmung 203
 – Monitoring 202
 – Vorbereitung des Patienten 201
 Thorakotomie
 – anterolaterale 109 f
 – bilaterale 119
 – posterolaterale 109
 Thoraxchirurgie 107 ff
 – bei Kindern 131 ff
 – Eingriffe an der Brustwand 116
 – Eingriffe an der Lunge 112 ff
 – Eingriffe bei Mediastinaltumoren 116
 – Komplikationen 260 ff
 – Mediastinoskopie 116
 – Standardtechniken 109 ff
 – Zugangswege 109 ff
 Thoraxdrainage 111, 115, 259
 – 3-Kammer-System 259
 – offenes Vorgehen 126 f
 – Unterdruck 259
 Thoraxtrauma 125 ff, 222 ff
 – Atemhubvolumen 224
 – Doppellumentubus 224

- Thoraxtrauma
 – Gasaustauschstörungen 223 ff
 – Hypnotika 224
 – intraoperative Analgesie 225
 – „Lethal Six“-Diagnosen 224
 – Monitoring 225
 – Open-Lung-Konzept 224 f
 – PEEP 225
 – Ventilations-Perfusions-Verhältnis 223
 – Verletzungen
 – – Aortenruptur 129 f
 – – Contusio cordis 128 f
 – – Lungenkontusion 128
 – – Perikarderguss 129
 – – Pneumothorax 126 ff
 – – Rippenfraktur 125
 – – Rippenserienfraktur 125
 – – Sternumfraktur 126
 – Volumetherapie 225
 Thoraxverschluss 111
 Thoraxwand 12
 – Deformitäten 137 f
 Thrombektomie 283
 Thrombendarteriektomie, pulmonale 234 f
 Tidalvolumen (V_T) 82, 84, 294
 – bei Kindern 220
 – Monitoring 156
 Tigecyclin 315
 Tiotropium 47, 152
 TLCO siehe Diffusionskapazität
 Torsade de pointes 328 f
 – Akuttherapie 329
 – Diagnostik 329
 – Medikamente als Ursache 328
 Totalatektase 285
 Totraum
 – anatomischer 24
 – physiologischer 24
 Totraumventilation 22, 24
 Toxoplasma 68
 Trachea 3, 14
 – Durchmesser im a. p. Röntgenbild 167
 Trachealepithel 15
 Trachearuptur 235
 tracheobronchiale Resektion/Rekonstruktion 235 f
 – Anästhesie 235
 – Atemwegssicherung 235 f
 – Komplikationen 236
 – Narkoseeinleitung 235
 – Schmerztherapie 236
 – Standardüberwachung 235
 tracheobronchiale Verletzungen, Bronchoskopie 100
 Tracheotomie 302
 TRALI (Transfusion-Related Acute Lung Injury) 293
 Tramadol 248
 Transferkoeffizient (KCO) 83, 85
 Trichterbrust 137 f
 – chirurgische Korrektur 137
 – Korrektur mit MIRPE 137
 Triflo (Atemtrainer) 272
 Trigger-Bird (Atemtrainer) 270, 271
 T-Stück 302
 Tubusgrößen 166 f
 – für Kinder 172, 219
 Tuberkulinreaktion 73
 Tuberkulose 73 f
 – Chemotherapie 74
 – Definition 73
 – Klinik 74
 – mikrobiologische Diagnostik 74
 – Röntgenbefund 74, 75
 – Übertragung 73
 – Verlauf 73
 Tubuskontrolle, fiberoptisch-bronchoskopische 98, 169 f, 188
 Tubuswechselkatheter 174
 Tumoren 29 ff
- U**
- Überblähung
 – Schweregradbestimmung 88
 – Veränderung der Lungenfunktionsparameter 86 f
 Ultraschall
 – EBUS (endobronchialer Ultraschall) 98, 102 f
 – EUS (endoösophagealer Ultraschall) 98, 103
 Ultraschallbronchoskop 103
 Univent-Tubus 172, 209
 – Einsatz bei Kindern 218, 219
 Usual Interstitial Pneumonia (UIP) 53 f
- V**
- Vagolytika 47
 VALI (Ventilator Associated Lung Injury) 289, 304, 306
 Vancomycin 313
 Vasa privata 16
 Vasodilatation 17
 Vasokonstriktion 17
 Vasokonstriktion, hypoxisch-pulmonale (HPV) 23, 181, 189, 190 f, 223 f
 – Einflussfaktoren 191
 – intrapulmonaler Shunt 190
 – Maximum 190
 – Perfusionsabnahme 190
 VATS siehe Video-Assisted Thoracic Surgery
 Vena-cava-Filter 283
 Vent, linksventrikulärer 206
 Ventilation siehe Beatmung
 Ventilations-Perfusions-Verhältnis 22 f
 – bei Thoraxtrauma 223
 Ventilationsstörung, restriktive 51
 Verapamil 321, 322, 323, 325, 327
 Video-Assisted Thoracic Surgery (VATS) 111 f, 200 ff
 – Anästhesie 202
 – bei Kindern 131
 – Durchführung 200 f
 – Extubation 203
 – Indikationen 200
 – intrapleurale CO₂-Insufflation 202

- Komplikationen 201, 202
- Konversion in offene Thorakotomie 201
- mechanische Beatmung 203
- Monitoring 202
- Regionalanästhesie 202
- Vorbereitung des Patienten 201
- VIGILEO-System 209
- VILI (Ventilator Induced Lung Injury) 195, 289, 292
- Viruspneumonie 67
- Vitalkapazität (VC) 82, 84
 - bei Restriktion 87, 88
 - forcierte (FVC) 82, 88
- VO₂max siehe Sauerstoffaufnahme, maximale
- Vogelhalterlunge 58, 59
- Voldyne (Atemtrainer) 271
- Volumen pulmonum auctum 39
- volumenassistierte Ventilation 300
- Volumenbedarf, Einschätzung 160
- Volumengabe 159, 160, 161
- Volumenmessung
 - extravaskuläres Lungenwasser (EVLW) 161
 - gesamtenddiastolisches Volumen (GEDV) 161
 - gesamtes intrathorakales Volumen (ITTV) 161
 - intrathorakales Blutvolumen (ITBV) 161
- Volumenparameter, transpulmonale Messung 161
- Volumentherapie
 - bei Rechtsherzversagen 280

- bei Thoraxtrauma 225
- Volutrauma 306
- Vorhofflattern 324 f
 - Akuttherapie 325
 - Diagnostik 325
- Vorhofflimmern 325 f
 - Akuttherapie 325, 326
 - Diagnostik 326
- Vorlast 158, 159, 160, 161
- VRP1-Desitin („Flutter“, Atemtrainer) 271

W

- Weaning siehe Entwöhnung
- Wundinfektionen 315 f
 - antibiotische Therapie 315, 316
 - Diagnostik 315

Z

- zentraler Venendruck 160
- zentraler Venenkatheter 160
- Zwerchfell 12, 13
- Zwerchfellherniation 227
- Zyanose 145, 146
- Zytomegalievirus 68