

Redaktion

R. Kollmar, Darmstadt
G. Matthes, Berlin
G. Rücker, Rostock
R. Somasundaram, Berlin
U. Zeymer, Ludwigshafen



3 Punkte sammeln auf...

springermedizin.de/ eAkademie

Teilnahmemöglichkeiten

Diese Fortbildungseinheit steht Ihnen als e.CME und e.Tutorial in der Springer Medizin e.Akademie zur Verfügung.

- e.CME: kostenfreie Teilnahme im Rahmen des jeweiligen Zeitschriftenabonnements
- e.Tutorial: Teilnahme im Rahmen des e.Med-Abonnements

Zertifizierung

Diese Fortbildungseinheit ist mit 3 CME-Punkten zertifiziert von der Landesärztekammer Hessen und der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung und damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Für Rettungsassistenten und -sanitäter ist diese Fortbildungseinheit von der Akademie für Rettungsdienst und Gefahrenabwehr der Landesfeuerwehrschule Hamburg sowie der Feuerwehr München mit 3 Stunden Fortbildung zertifiziert und damit bundesweit anerkennungsfähig.

Hinweis für Leser aus Österreich und der Schweiz

Gemäß dem Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) der Österreichischen Ärztekammer werden die in der e.Akademie erworbenen CME-Punkte hierfür 1:1 als fachspezifische Fortbildung anerkannt.

Kontakt und weitere Informationen

Springer-Verlag GmbH
Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
E-Mail: kundenservice@springermedizin.de

CME Zertifizierte Fortbildung

S. Schulz-Drost · G. Matthes · A. Ekkernkamp

Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie, Unfallkrankenhaus Berlin, Berlin, Deutschland

Erstversorgung des Patienten mit schwerem Thoraxtrauma

Zusammenfassung

Thoraxverletzungen treten im Rahmen eines Polytraumas bei 60 % aller Patienten auf und führen in 25 % der Fälle zum Tod. Der Thorax enthält zahlreiche lebenswichtige Organe, deren physiologische Funktion durch die Unfallgewalt und durch kombinierte Verletzungen von Organsystemen lebensbedrohlich gestört werden kann. Unterschieden wird zwischen 6 unmittelbar lebensbedrohlichen und 8 weiteren Verletzungen mit potenzieller Lebensbedrohung. Diese müssen im Rahmen einer prioritätenorientierten Versorgung sicher identifiziert und behandelt werden. Eine Grundlage hierfür stellt das weltweit anerkannte ABCDE-Schema, ergänzt durch apparative Diagnostik in Form von bildgebenden Verfahren (Sonographie, Röntgen und Computertomographie), dar. Auch Kinder und alte Menschen werden nach diesem Schema behandelt, jedoch sind einige altersspezifische Besonderheiten zu beachten. Schwere Thoraxtraumen können mit höchster Versorgungsqualität in einem überregionalen Traumazentrum behandelt werden.

Schlüsselwörter

Thoraxverletzung · „Primary care“ · „Secondary care“ · Diagnostische bildgebende Verfahren · „Advanced-trauma-life-support“-Versorgung

Das Thoraxtrauma stellt im deutschen Raum die zweithäufigste traumabedingte Todesursache dar

Thoraxtraumen machen einen etwa 10- bis 15%igen Anteil aller unfallbedingten Krankenhausaufnahmen aus

Lernziele

Nach der Lektüre des Beitrags ...

- kennen Sie die Epidemiologie des schweren Thoraxtraumas.
- können Sie die Pathophysiologie des schweren Thoraxtraumas beschreiben.
- ist Ihnen das diagnostische Vorgehen bekannt.
- wissen Sie, wie eine leitliniengerechte, prioritätenorientierte Therapie durchzuführen ist.

Grundlagen

Epidemiologie

Im deutschen Raum stellt das Thoraxtrauma die zweithäufigste traumabedingte Todesursache nach dem Schädelhirntrauma dar [1, 2]. Betrachtet man die Verletzungsschwere der betroffenen Organsysteme eines polytraumatisierten Patienten, wie Schädel, Thorax, Abdomen, Becken und Extremitäten, so versterben 25% dieser Patienten an den Folgen eines Thoraxtraumas.

Im inzwischen über 20-jährigen Erfassungszeitraum des **Traumaregisters** der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e. V. (DGU) weisen polytraumatisierte Patienten mit einer Gesamtverletzungsschwere einen relativ konstanten Anteil von Thoraxtraumen, etwa 60%, auf (Injury Severity Score, ISS \geq 16 Punkte; [3]).

Im Gegensatz hierzu machen Thoraxtraumen einen etwa 10- bis 15%igen Anteil aller unfallbedingten Krankenhausaufnahmen und hinsichtlich der Gesamtmenge aller ärztlich – auch ambulant – behandelte Unfallfolgen etwa 8–10% aus [4].

Unfallgenese

Die weitaus häufigste Ursache für Thoraxtraumen sind hierzulande mit über 90% **stumpfe Traumata**, dementsprechend nur selten penetrierende Verletzungen [3].

Anatomie

Der Thorax wird den großen Körperhöhlen zugeordnet. In seiner Einzigartigkeit enthält er Strukturen mit **lebenswichtigen Organen** des luftleitenden, gasaustauschenden und kreislaufferzeugenden Systems. Der Brustkorb ist nach oben hin durch den Schultergürtel mit den angrenzenden Schlüsselbeinen und dem Übergang zum Hals begrenzt. Nach unten hin grenzt das Zwerchfell, der wich-

Primary treatment of patients with severe chest injuries

Abstract

Chest injuries occur in approximately 60% of patients with multiple trauma and lead to death in 25% of the cases. Numerous important organs are situated within the thoracic cavity. Their function can be severely disrupted due to trauma to one single organ or to a combination of different organ systems. Potential injuries can be divided into two groups, the “lethal six” and another eight potentially life-threatening injuries. Hence, a secure diagnosis and management strictly following prioritization is necessary. One possibility is the ABCDE algorithm, which is very commonly used worldwide and completed by the use of adjunct diagnostics in the form of imaging procedures, such as ultrasound, X-ray and computed tomography (CT) scanning. Children and the elderly are best treated following the same algorithm while keeping in mind some age-specific features. Severe chest trauma is best managed in a level 1 trauma center.

Keywords

Chest injury · Primary care · Secondary care · Diagnostic imaging · Advanced trauma life support care

tigste Atemmuskel, die Thoraxräume vom Bauchraum ab. Die äußere Begrenzung des Thorax wird durch die Brustwand gebildet. Diese besteht aus Haut, Muskelschichten und den knöchernen Anteilen der Brustwand. Im vorderen Bereich liegt das Brustbein als schützender Knochen vor den Thoraxorganen, daran seitlich angrenzend und bogenförmig bis nach hinten reichend die Rippen und schließlich im hinteren Bereich die Brustwirbelsäule (BWS). Diese ist aus 12 Brustwirbeln gebildet. Daran angrenzend entspringen jeweils die rechte und linke Rippe eines Rippenpaars. Die Rippen I–VII haben in der Regel direkte Verbindung zum Sternum und werden als **echte Rippen** bezeichnet. Die Rippen VIII, IX und X vereinigen sich beidseits im vorderen bis seitlichen Bereich zum Rippenbogen und münden schließlich in den Ansatz der Rippe VII. Die Rippen XI und XII enden frei im Weichteilgewebe.

Im oberen Bereich der knöchernen Brustwand setzt unmittelbar der Schultergürtel mit Schlüsselbein, Schulterblatt und Oberarm sowie der dazugehörigen, reichhaltigen Muskulatur an. Die einzige knöcherne Verbindung der Arme zum Körper liegt im Gelenk zwischen Brustbein und Schlüsselbein, im sog. Sternoklavikulargelenk. Im Inneren des Brustkorbs sind 3 wesentliche Räume voneinander abgegrenzt. Im Zentrum des Thorax, hinter dem Brustbein und vor der Wirbelsäule findet sich das **Mediastinum** (der Mittelfellraum), das lebenswichtige Organe, wie Luftröhre und Hauptbronchien, Herz und die großen Gefäße sowie Speiseröhre, Ductus thoracicus und wichtige Nerven beinhaltet. Je links und rechts davon wird eine Pleurahöhle abgegrenzt, in der sich die beiden Lungenflügel befinden (▣ **Abb. 1a, b**). Der linke Lungenflügel ist in einen Ober- und einen Unterlappen, der rechte Lungenflügel in Ober-, Mittel- und Unterlappen unterteilt. Diese sind jeweils mit dem Mediastinum über den sog. Lungenhilus verbunden. Über diesen Weg gelangt das luftleitende System in die Lungen und schließlich über feinste Aufästelungen der Bronchien in die Alveolen; hier wird der Gasaustausch mit dem Blutsystem ermöglicht. Auch dieses gelangt über den Lungenhilus und feinste Aufästelungen ins Lungenparenchym, wobei die beiden Lungenarterien und die 4 Lungenvenen den Hauptlungenkreislauf bilden. Daneben benötigen die Lungen eine eigene Durchblutung ihrer Zellen, die durch die sog. **Vasa privata**, arterielle Gefäße aus dem Körperkreislauf, gewährleistet wird.

Physiologie

Die Atemluft gelangt durch die **luftleitenden Wege** Trachea, Bronchien und Bronchiolen letztlich in die Alveolen. Durch die elastische Aufspannung der Knorpelspangen an Trachea und Bronchien bleiben die Luftwege offen.

Luft strömt durch einen im Thoraxraum erzeugten Unterdruck in die Lungen ein. Dieser wird durch eine Ausdehnung des innerthorakalen Raums erzeugt. Hierbei heben sich die Rippen, vermittelt durch die Zwischenrippen- sowie Atemhilfsmuskulatur, und gleichzeitig senkt sich das kuppelförmig im Körper einliegende Zwerchfell in Richtung Bauchraum. Die gesunden Lungen kleben gewissermaßen an der Brustwand, da sie von einer luftdichten, serösen Hülle umgeben werden, der **Pleura visceralis** (Lungenfell), die an der ebenso glatten inneren Begrenzung der knöchernen Brustwand, der **Pleura parietalis** (Rippenfell), klebt. Somit bewirkt jede Ausdehnung des Brustkorbs eine passive Dehnung der Lungen und auf diesem Weg einen unterdruckvermittelten Atemlufteinstrom. Zwischen den beiden Pleurablättern, im **Pleuraspalt**, herrschen absolute Luftleere und ein Unterdruck.

Das **Herz** ist ein gekammerter Hohlmuskel, dessen Durchblutung durch die Herzkranzgefäße gewährleistet und das vom Herzbeutel nach außen umschlossen sowie geschützt wird. Durch einen immerwährenden rhythmischen Herzschlag von etwa 60–80 Schlägen/min bei einem gesunden Erwachsenen wird die normale Kreislauffunktion aufrechterhalten. Eine entscheidende Rolle spielen hier physiologische Druckverhältnisse im Thorax und die Unversehrtheit der aufgezeigten Strukturen.

Gewalteinwirkung auf den Brustkorb kann die beschriebenen anatomischen Gegebenheiten nachhaltig schädigen und somit zu akuter Lebensbedrohung führen. Ein Thoraxtrauma kann die Schädigung mehrerer Organsysteme verursachen. Nach den gültigen und weltweit anerkannten Inhalten des Protokolls Advanced Trauma Life Support (ATLS®) werden in **prioritätenorientierter Reihenfolge** Störungen des Atemwegs, der Atemfunktion und Belüftung, des Kreislaufs, der neurologischen Funktion und der Umgebungsbedingungen zu einer ABCDE-Regel zusammengefasst (▣ **Tab. 1**).

Mögliche Atemwegsstörungen können durch Verletzungen oder Verlegung der luftleitenden Wege (Trachea und Bronchien) entstehen. Als Verletzung ist eine Zerreißen oder gar Durchtrennung

Die Brustwirbelsäule wird aus 12 Brustwirbeln gebildet

Die einzige knöcherne Verbindung der Arme zum Körper liegt im Sternoklavikulargelenk

Lungenarterien und die 4 Lungenvenen bilden den Hauptlungenkreislauf

Luft strömt durch einen im Thoraxraum erzeugten Unterdruck in die Lungen ein

Physiologische Druckverhältnisse im Thorax spielen eine entscheidende Rolle für die Kreislauffunktion

Ein Thoraxtrauma kann die Schädigung mehrerer Organsysteme verursachen

Als Verletzung ist eine Zerreißen oder Durchtrennung ebenso denkbar wie eine Knorpelspangenfraktur

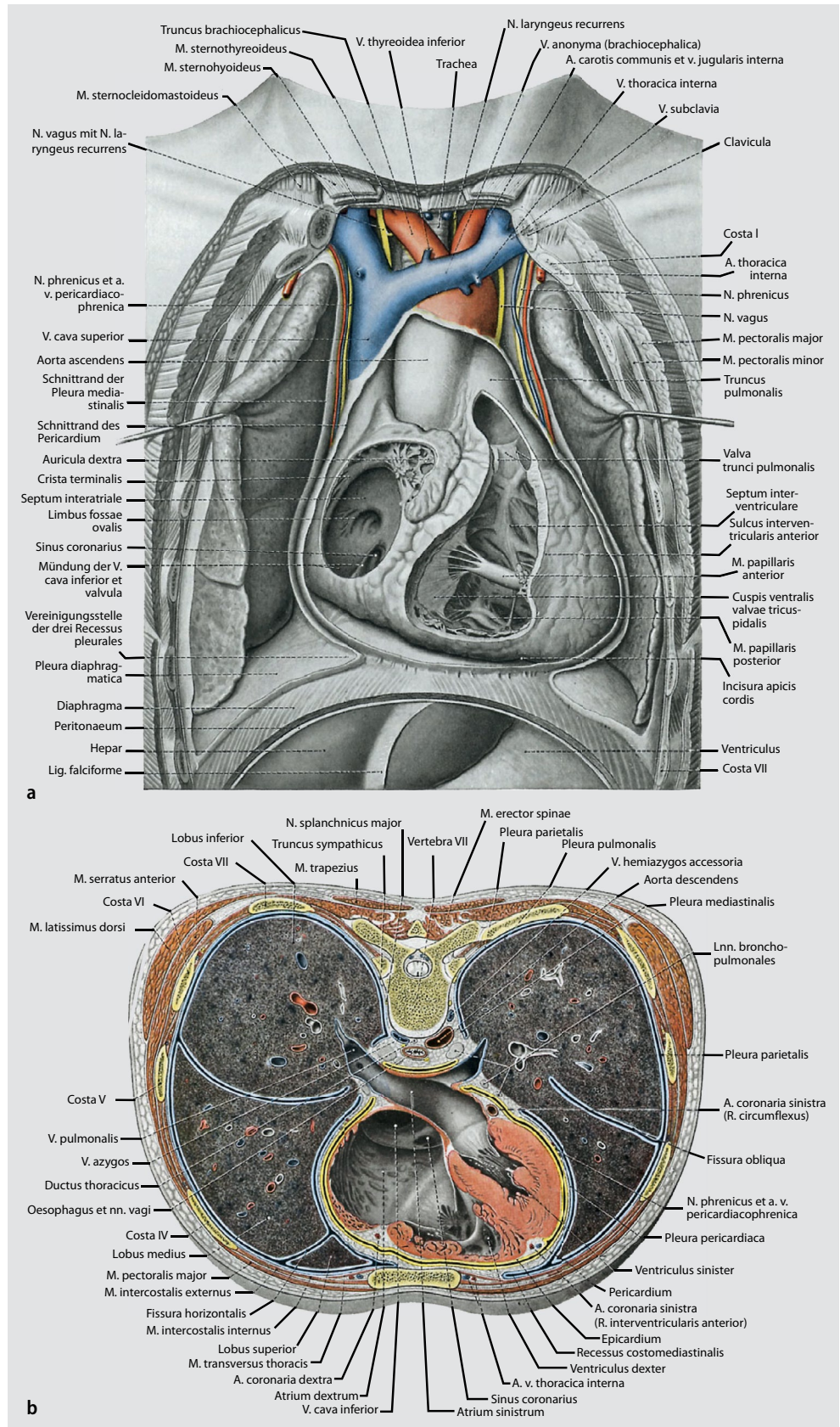


Abb. 1 ▲ a Thorakale Organe in Frontalansicht, b Horizontalschnitt in Höhe der 7. Rippe. (Aus [5])

Tab. 1 ABCDE-Regel gemäß ATLS®

A	„Airway“	Sichern des Atemwegs und Immobilisierung der HWS
B	„Breathing“	Sicherstellung der Ventilation und Oxygenierung
C	„Circulation“	Blutungen stoppen, Stabilisierung des Kreislaufs
D	„Disability“	Neurologische Funktion: GCS und Pupillen
E	„Exposure, environment“	Entkleiden, Wärmeerhalt, Reevaluation der Situation

ATLS Advanced Trauma Life Support, GCS Glasgow Coma Scale, HWS Halswirbelsäule.

ebenso denkbar wie eine Knorpelspannenfraktur. Eine **Verlegung** der Atemwege kann folgende Ursachen haben:

- intrinsisch:
 - Verlust der Schutzreflexe (z. B. bei Bewusstseinsstörungen),
 - Schwellung (z. B. nach thermischem Inhalationstrauma),
 - Aspiration von Flüssigkeiten, z. B. Blut und Sekret,
 - Aspiration von Fremdkörpern, beispielsweise ausgeschlagene Zähne,
- extrinsisch in Form einer Kompression durch:
 - umgebende Hämatome, wie sie bei Einblutung in Hals und mediastinale Weichteile beobachtet werden,
 - Intrusion von Fremdkörpern wie Pfählungsverletzung, Stich- oder Schusswaffen, dislozierende Knochen wie z. B. einer hinteren Sternoklavikulargelenkluxation.

Störungen der Belüftung der Lungen und somit der **Oxygenierung** des Blutes können prinzipiell durch Störungen der Atemmechanik und des Atemantriebs oder deren Kombinationen verursacht werden. Verletzungen des Lungenparenchyms an sich, z. B. Einrisse, Kontusionen oder Inhalationstraumata, können die Atemmechanik beeinträchtigen. Hier stellt der Pneumothorax, also der Luft eintritt in den sonst luftleeren Pleuraspalt, die häufigste Verletzung dar. Sammelt sich diese Luft bei fortlaufender Atemtätigkeit oder Beatmung, wird sich ein Spannungsverhältnis aufbauen und Druck auf die umliegenden Organe ausüben. Es entsteht also ein lebensbedrohlicher **Spannungspneumothorax**.

Auch Durch Einblutung in eine Thoraxhälfte kann die Lunge komprimiert und am Gasaustausch gehindert werden. Des Weiteren kann bei einer Zwerchfellverletzung eine Verlagerung von Bauchorganen in den Brustkorb erfolgen, die **Enterothorax** genannt wird. Auch hierdurch wird die betreffende Lunge komprimiert. Letztlich ist ebenso ein genereller Zwerchfellhochstand aufgrund einer Lähmung oder einer abdominellen Begleitverletzung mit dortiger Druckerhöhung (**abdominelles Kompartmentsyndrom**) für eine Einschränkung der Atemfunktion in Betracht zu ziehen.

Atemlähmungen können im Rahmen einer Querschnittslähmung bei hohen Brust- oder Halswirbelläsionen auftreten, ebenso wie bei direkter Schädigung des N. phrenicus und bei Zwerchfellverletzungen.

Eine weitere große Gruppe bilden die Verletzungen der knöchernen Brustwand, des Sternums und der Rippen, die durch schmerzhafte oder instabile Frakturmuster zur Atemeinschränkung führen können. Bei einzelnen Rippenbrüchen und Rippenserienbrüchen ohne relevante Instabilität liegt der Fokus in einer suffizienten Schmerztherapie. Davon abzugrenzen sind Verletzungen mit Instabilität des Brustkorbs, die zur respiratorischen Insuffizienz und in der Folge zur **Beatmungspflichtigkeit** führen können. Bei Auftreten von mehrfragmentären Rippenbrüchen an mindestens 3 benachbarten Rippen entsteht ein **instabiles Brustwandsegment**, das nicht der normalen Atemmechanik folgt und eine paradoxe Atmung, also ein Einsinken der Brustwand bei Inspiration und ein Hervorwölben bei Expiration, verursacht. Tritt diese schwere Verletzung beidseitig auf, ist sie akut lebensbedrohlich. Infolge der damit verbundenen Störungen der Atemmechanik droht eine unmittelbare respiratorische Insuffizienz.

Probleme der Kategorie C (■ Tab. 1), Störungen der Kreislauffunktion, können ebenso durch Druckerhöhung im Brustkorb, also einen Spannungspneumothorax, wie auch eine **Perikardtamponade** (durch in den Herzbeutel eintretendes Blut mit folgender Herzkompensation) auftreten und zur Minderung der Pumpfunktion des Herzens führen. Verletzungen des Herzens wie Kontusion, Ruptur der inneren Strukturen mit Riss von Klappensegeln oder dem Septum bewirken ebenso wie eine perforierende Herzverletzung Einschränkungen oder Versagen der Pumpfunktion. Die größ-

Der Pneumothorax stellt die häufigste Verletzung dar

Durch Einblutung in eine Thoraxhälfte kann die Lunge komprimiert werden

Instabile Frakturmuster können zur Atemeinschränkung führen

Die größte und häufigste Gruppe der C-Probleme bilden akute Blutungen

Tab. 2 Lebensbedrohliche Verletzungen

Unmittelbar lebensbedrohliche Verletzungen („lethal six“)	Potenziell lebensbedrohliche Verletzungen
Atemwegsobstruktion	Einfacher Pneumothorax
Spannungspneumothorax	Hämatothorax
Offener Pneumothorax	Lungenkontusion
Instabiler Thorax und Lungenkontusion	Verletzungen des Tracheobronchialsystems
Massiver Hämatothorax	Stumpfe Herzverletzung
Herzbeutelamponade	Traumatische Aortenruptur
	Traumatische Zwerchfellruptur
	Ösophagusruptur
⇒ Identifikation im „primary survey“	⇒ Identifikation im „secondary survey“

te und häufigste Gruppe der C-Probleme bilden jedoch die akuten Blutungen. Bei Verletzungen des Herzens und der großen Gefäße, insbesondere der Aorta und großer Lungengefäße, kann es zum abrupten **Massenblutverlust** kommen, der eine unmittelbare lebensbedrohliche Situation darstellt. Auch Verletzungen sonstiger Gefäße, wie der A. subclavia, Interkostalarterien, A. thoracica interna, V. azygos u.v.m., stellen ernst zu nehmende bis kritische Verletzungen dar. Die schwere Blutung führt unbehandelt rasch zum **hämorrhagischen Schock** und soll daher schnellstmöglich identifiziert und gestillt werden.

Diese Übersicht veranschaulicht eindrucksvoll, welche komplexen Störungen der physiologischen Funktionen durch ein Thoraxtrauma verursacht werden können. Um die entstehende Lebensgefahr abzuwenden und richtig intervenieren zu können, müssen diese Störungen zunächst im Rahmen einer körperlichen Untersuchung korrekt identifiziert und dann suffizient behandelt werden [6]. Hier hat sich ebenfalls, nach internationalem Standard anerkannt, ein prioritätenorientiertes Konzept durchgesetzt. Dieses wird in weltweit gültigen Kursformaten für die präklinische Schwerverletztenversorgung, z. B. Pre Hospital Trauma Life Support (PHTLS), und innerklinisch nach dem ATLS-Standard gelehrt [7, 8].

Die unmittelbar und die darüber hinaus potenziell lebensbedrohlichen Verletzungen werden in **Tab. 2** zusammengefasst.

„Primary survey“

Zunächst sind die Symptome der unmittelbar lebensbedrohlichen Verletzungen zu identifizieren; dies geschieht im Rahmen der Ersteinschätzung des Patienten, dem Primary survey. Erst nach Beseitigung dieser unmittelbaren lebensbedrohlichen Situationen erfolgt die gezielte Suche nach Verletzungen durch eine gründliche Ganzkörperuntersuchung mit Reevaluation der bisherigen Maßnahmen im Rahmen des „secondary survey“ [8].

Das prioritätenorientierte Vorgehen der Ersteinschätzung wird im Algorithmus (**Abb. 2**) übersichtlich dargestellt.

Atemweg und Belüftung

Gemäß den prioritätenorientierten Maßnahmen beginnt die Ersteinschätzung mit:

- Überprüfung der Atemwege und
- Verabreichung von Sauerstoff.

Eine freie Mund- und Rachenhöhle ist ebenso zu überprüfen wie ein intaktes Kehlkopfgerüst und eine normale Trachea ohne Verlagerung oder Luftaustritt. Fallen zu diesem Zeitpunkt bereits Hinweise für einen Spannungspneumothorax oder – seltener – ein mediastinales Emphysem auf, sind diese unverzüglich zu entlasten. Dies geschieht mit der besten Effizienz durch die sofortige Einlage einer Saugdrainage in den betreffenden Raum. Als überbrückende Sofortmaßnahme kann auch die **Entlastungspunktion** der Pleurahöhlen in Monaldi-Position mit einer großlumigen Kanüle erfolgen, gefolgt von der Drainagenanlage (**Abb. 3, 4, 5**). Häufig wird diese Technik jedoch als nicht effizient diskutiert [6, 8]. Alternativ kann die Pleura auch einfach chirurgisch mittels Finger-Minithorakotomie eröffnet

Im Rahmen der Ersteinschätzung werden unmittelbar lebensbedrohliche Verletzungen identifiziert

Ein Spannungspneumothorax ist durch sofortige Einlage einer Saugdrainage unverzüglich zu entlasten

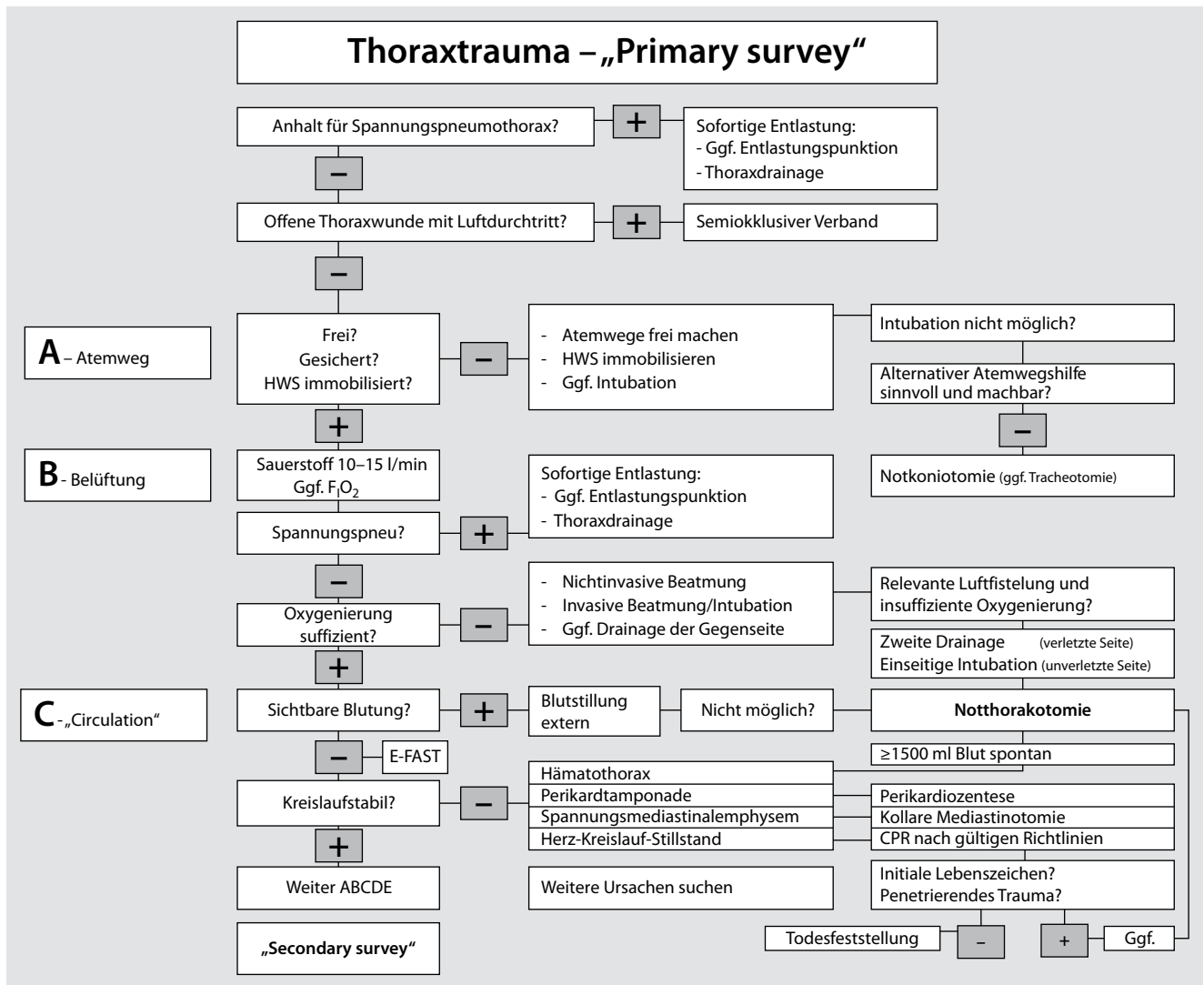


Abb. 2 ▲ Behandlungsalgorithmus des „primary survey“ Er beinhaltet auch die frühzeitige, fokussierte Notfallsonographie, z.B. *E-FAST* extended focussed assessment sonography in trauma, *CPR* kardiopulmonale Reanimation, F_iO_2 inspiratorische Sauerstofffraktion, *HWS* Halswirbelsäule

werden, ebenfalls gefolgt von der Anlage einer Thoraxdrainage. Ein eventuell erst mittels Notfalldekompression geschaffener Pneumothorax ist im Verlauf ggf. mittels Thoraxdrainage zu entlasten [6].

Ist der Atemweg verlegt oder ist die Verlegung zu erwarten, z. B. durch zunehmende Schwellung oder Erlöschen der Schutzreflexe im Rahmen einer Bewusstlosigkeit, muss dieser definitiv gesichert werden; dies sollte durch einen geblockten, bevorzugt oral eingeführten, Endotrachealtubus durchgeführt werden. In diesem Zug ist unbedingt auf eine ausreichende **Halswirbelsäulenstabilisierung** des Traumpatienten zu achten. Mögliche externe Kompressionen der luftleitenden Wege sollten, wenn irgend möglich, beseitigt werden. Dies kann ausnahmsweise die Entfernung von eingedrungenen Fremdkörpern bei perforierender Verletzung oder die akute Reposition einer dorsalen Sternoklavikulargelenkluxation bedeuten, um den Druck von der Trachea zu beseitigen.

Nach Sicherung und Überprüfung des Atemwegs wird die **Atemtätigkeit** untersucht. Der Brustkorb wird auf offene Wunden und pathologische Atemmuster inspiziert sowie bezüglich Instabilitäten und Krepitation palpirt. Auch hier ist auf das Vorliegen eines möglichen Hautemphysems, das ein Indikator für einen Spannungspneumothorax sein kann, besonders zu achten.

Im Anschluss erfolgen die **Auskultation** beider Lungenfelder und wiederum bei klinischem Hinweis auf einen Spannungszustand die oben genannten Drainagemaßnahmen. Zeigt sich eine manifeste oder drohende respiratorische Insuffizienz, ist eine Beatmung durchzuführen. Unter kontrollierten Bedingungen kann diese durch eine nichtinvasive Maskenbeatmung („non-invasive Venti-

Die definitive Atemwegsicherung sollte durch den Endotrachealtubus erfolgen

Auf das Vorliegen eines Hautemphysems ist zu achten

Bei respiratorischer Insuffizienz ist eine Beatmung durchzuführen

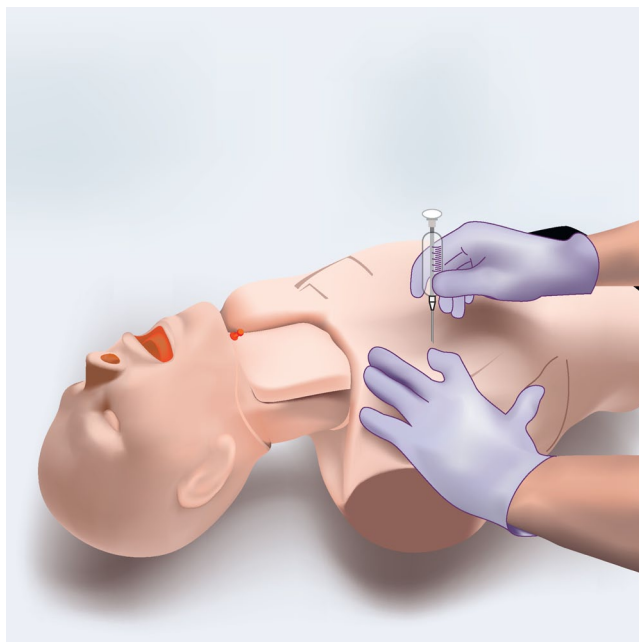


Abb. 3 ◀ Nadeldekompression im 2. bis 3. Interkostalraum in der Medioklavikularlinie

lation“, NIV) vorgenommen werden. Im Notfall werden jedoch eine Intubation und **kontrollierte Beatmung** erforderlich werden. Tritt über die etablierte Thoraxdrainage eine große Menge von Luft aus, ist von einer sog. Fistelung, meist basierend auf dem Einriss von Lungenparenchym, auszugehen. Wenn durch die Drainage keine suffiziente Oxygenierung erreicht werden kann, ist eine zweite Thoraxdrainage zu etablieren und ebenfalls mit Sog zu konnektieren.

Reicht auch diese Maßnahme nicht aus, wird die operative Intervention mit **Leckage-Verschluss** erforderlich werden. Hierzu bedarf es der thoraxchirurgischen Expertise. Als überbrückende Maßnahme kann präklinisch bei Vorhandensein eines intakten Lungenflügels auf der Gegenseite die einseitige Intubation dieser Seite oder innerklinisch eine **seitengetrennte Beatmung** erwogen werden. Diese Maßnahmen bedürfen jedoch einer hohen Expertise; und ihre Therapieerfolgchancen müssen gründlich bedacht werden.

Generell wird die lungenprotektive Beatmung mithilfe druckkontrollierter Beatmungsform, einem Atemzugvolumen um die 6 ml/kgKG sowie einem an Oxygenierung und Hämodynamik angepassten positiven endexpiratorischen Druck („positive end-expiratory pressure“, PEEP) und einem inspiratorischen Sauerstoffanteil angestrebt. Dabei sind u. a. mithilfe des **kontinuierlichen Monitorings** der Herzfrequenz, des Blutdrucks und der pulsoxymetrisch gemessenen Sauerstoffsättigung (S_pO_2) auch der endtidale Kohlenstoffdioxidanteil (etCO₂) zu überwachen und die Beatmung ggf. entsprechend anzupassen. Der Patient ist unter Kontrolle der Kreislaufparameter zu analgesieren.

„Circulation“

Die Evaluation der Kreislaufparameter gibt Auskunft über die aktuelle Kreislauffunktion. Mit dringlicher Priorität sind akute Blutungsquellen zu suchen. Hierbei wird nach externem Blutaustritt gesucht. Thorakale Wunden werden mit einem 3-seitig verschlossenen Folienverband steril abgedichtet, um thorakale Luft entweichen lassen zu können. Des Weiteren sind folgende 4 wichtige Räume beim Schwerverletzten auf das Vorliegen einer akuten Blutung zu inspizieren:

- beidseitige Pleurahöhlen,
- Bauchraum,
- Becken und
- Oberschenkel.

Im Rahmen eines Thoraxtraumas sind beide Pleurahöhlen und der (Ober-)Bauch zu untersuchen. Die reine klinische Untersuchung sollte den Verdacht einer Blutung bei hochgradiger thorakaler In-

Die lungenprotektive Beatmung wird angestrebt

Mit dringlicher Priorität sind akute Blutungsquellen zu suchen

Die klinische Untersuchung sollte den Verdacht einer Blutung bei hochgradiger thorakaler Instabilität und externen Kontusionsmarken stellen

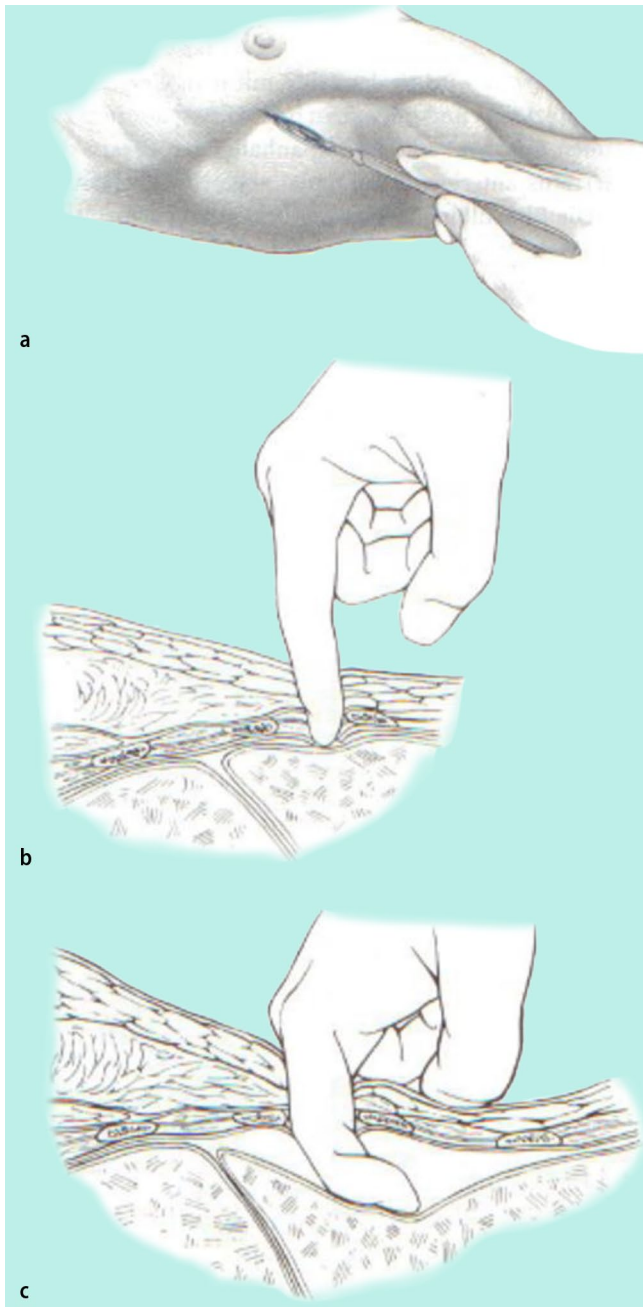


Abb. 4 ◀ Anlage einer Thoraxdrainage in Büllau-Position über Minithorakotomie. **a** Hautschnitt, **b** stumpfe Perforation der Pleura, **c** Austasten, gefolgt von Einlage der Drainage. (Aus [9])

stabilität und externen Kontusionsmarken stellen. Ergänzend zur Auskultation können Sonographie und Perkussion der Lungenfelder hilfreich sein. Während bei Luftansammlungen im Thorax ein eher hypersonorer Klopfeschall zu hören sein wird, lässt sich beim **Hämatothorax** eher ein gedämpfter, tympanitischer Klopfeschall vernehmen. Bei Hinweisen auf das Vorliegen eines Hämatothorax ist ebenfalls eine Thoraxdrainage an der betreffenden Lokalisation anzulegen. Fördert diese Drainage initial mehr als 1500 ml Blut oder über einen Zeitraum von 3 weiteren Stunden Blutvolumina von je 200 ml, kann eine Thorakotomie zur Blutstillung erforderlich werden. Auch bei einer Blutung sollte an die etablierte Thoraxdrainage ein Sog von ca. 20 cm Wassersäule in Kombination mit einer Überdruckbeatmung angelegt werden, um die Lungen möglichst rasch vollständig zu entfalten und die Blutung wirksam tamponieren zu können. Keinesfalls sollte die Drainage bei Austritt von größeren Mengen Bluts abgeklemmt werden.

Liegt eine Verminderung der Herzleistung vor, obwohl keine offensichtliche Blutung zu detektieren ist, muss eine Perikardtamponade gefunden oder ausgeschlossen werden; in der Regel geschieht

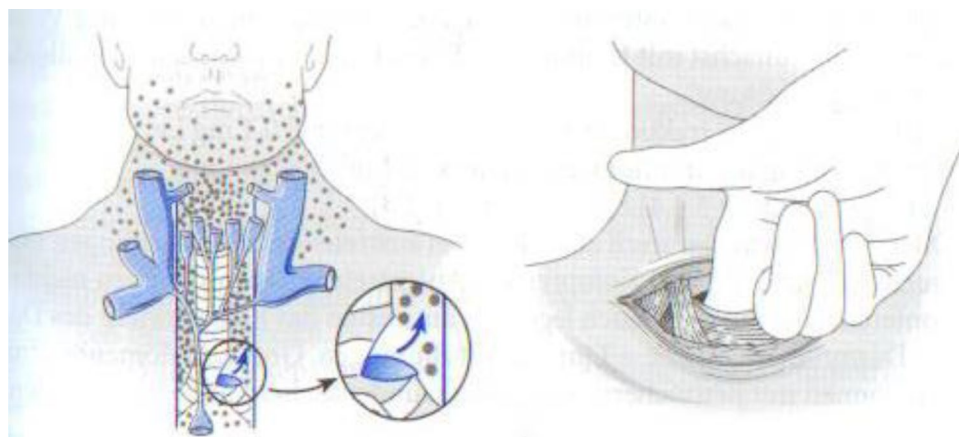


Abb. 5 ▲ Links Mediastinalempysem, rechts kollare Mediastinotomie. (Quelle: [10] Elsevier/Urban&Fischer)

Die suffiziente Entlastung des Herzens kann durch eine Perikardiotomie erzielt werden

Bei instabilen Kreislaufverhältnissen sind unverzüglich Blutprodukte zur Transfusion bereitzustellen

Der Patient hat vollständig entkleidet zu sein

dies ebenfalls mithilfe der Sonographie. Liegt diese vor, muss unverzüglich eine Entlastung des Perikards und somit des Herzens erfolgen. Diese kann nur suffizient durch eine chirurgische Intervention in Form einer Perikardiotomie erzielt werden. Ist diese nicht unmittelbar durchführbar, kann als erste Maßnahme eine **Perikardpunktion** mit einer großlumigen Nadel erfolgen, um den intraperikardialen Druck temporär zu entlasten. Im Weiteren wird jedoch eine chirurgische Intervention durch Perikardiotomie erforderlich werden. Abhängig von der Verletzungssituation wird diese über eine Sternotomie oder eine anterolaterale linksseitige Thorakotomie durchzuführen sein. Standardzugang beim Trauma ist die **anterolaterale Thorakotomie** der führend verletzten Seite. Diese kann bei Notwendigkeit über das Sternum hinaus auf die Gegenseite zur bilateralen Thorakotomie („clamshell“) erweitert werden und ermöglicht eine adäquate Übersicht für die Therapie der entsprechenden Organverletzungen, auch bei Verletzungen der Herzhinterwand [11]. Herzverletzungen, insbesondere mit Zerstörung innerer Strukturen, wie der Klappen oder der Herzscheidewand, bedürfen der sofortigen Versorgung durch Ärzte mit herzchirurgischer Expertise an einem entsprechenden Zentrum.

Liegen instabile Kreislaufverhältnisse vor oder drohen diese einzutreten, ist unverzüglich die Bereitstellung von Blutprodukten zur Transfusion gemäß dem Protokoll des jeweiligen Krankenhauses erforderlich. Dieses sollte auf den europäischen Leitlinien zum Management bei Blutung und Koagulopathie Schwerverletzter basieren. Oberstes Gebot muss die **sofortige Blutungsstillung** sein.

Eine Thorakotomie kann beim hochgradig instabilem bzw. reanimationspflichtigen Patienten erwogen werden, wenn Lebenszeichen, wie z. B. eine pulslose elektrische Aktivität des Herzens, vorliegen. In der Regel besteht die Indikation beim **penetrierendem Trauma**, seltener beim stumpfen Trauma, da in der Literatur für diese Verletzungen eine geringere Erfolgsquote von Notfallthorakotomien, sog. resusitativen Thorakotomien, beschrieben wird. Dies gilt ebenso bei allen Patienten ohne Vitalzeichen. Insofern wird in solchen Extremsituationen stets die Einzelfallentscheidung des erfahrenen Chirurgen für die Indikationsstellung maßgeblich sein.

Secondary survey

Nachdem der Patient im Rahmen der Erstmaßnahmen stabilisiert werden konnte, hat die gründliche **Ganzkörperuntersuchung** zu erfolgen. Diese schließt sich stets an das oben geschilderte Primary survey an. Der Patient hat dafür vollständig entkleidet zu sein. Üblicherweise wird diese gründliche Ganzkörperuntersuchung im Rahmen des **innerklinischen Schockraummanagements** durchgeführt. Der verunfallte Patient sollte präklinisch mit den notwendigsten Maßnahmen stabilisiert und in die Klinik verbracht werden. In der Klinik erfolgen die stabilisierenden Maßnahmen, wie oben geschildert. Zwingen instabile Vitalparameter zum Abbruch des Schockraummanagements und zur sofortigen Operation, sind nach Operationsende eine Evaluation des Primary survey und nach Abschluss desselben die detaillierte Ganzkörperuntersuchung vorzunehmen. Während und nach der Operation erfolgt die wiederholte **Reevaluation** nach der ABCDE-Regel.

Thorax

Die Untersuchung des Thorax beginnt mit der **Halsregion** mit seinen luftleitenden Wegen. Hier wird auf die Mittelständigkeit der Trachea sowie umliegende Schwellungen, die durch Einblutungen oder Luftaustritt verursacht werden können, besonders geachtet. Die Inspektion des Halses und des Brustkorbs sucht ebenso nach Prellmarken, offenen Wunden und sonstigen äußerlich sichtbaren Hautauffälligkeiten. Im Rahmen der Ganzkörperuntersuchung ist von Kopf bis Fuß zu untersuchen.

Bei Vorliegen eines Thoraxtraumas ist explizit die Kopfregion gesondert in Augenschein zu nehmen. Punktblutungen oder flächenhafte Einblutungen in Schleimhäuten und Skleren der Augen sowie Bindehäuten können Hinweise auf eine Stauungsblutung geben, die durch einen erhöhten thorakalen Druck verursacht sein könnte. Dieser tritt im Rahmen von „Crush“-Verletzungen, Einklemmungen oder Würgeunfällen auf und kann petechiale Blutungen im Rahmen eines **Perthes-Syndroms** auslösen. Hiermit verbunden können Schwellungen des Gehirns mit konsekutiver Bewusstseinsstörung sein. Die Inspektion des Thorax wird durch das „**Logrolling**“, also einer inlinestabilisierten Umwendung des Patienten, mit Einsicht auf die Rückenregion komplettiert.

In diesem Zusammenhang wird der **Rücken** des Patienten ausgetastet. Die Wirbelsäule wird auf ihr Gefüge und die hinteren Rippen sowie die Schulterblattanteile auf ihre Stabilität oder das Vorliegen eines Emphysems überprüft. Jegliche offene Wunden werden wie oben eingangs beschrieben, steril abgedeckt, idealerweise mit einem 3-seitig okklusiven Folienverband, der das Entweichen von thorakaler Luft nach außen ermöglicht, aber von außen nach innen abdichtet. Es folgen die Überprüfung der Stabilität des Brustkorbs und das Austasten des Schultergürtels, um die Klavikulastabilität und die Artikulation zum Sternum zu prüfen, sodann die Überprüfung der sternalen Stabilität in den Bereichen Manubrium, Korpus und Xiphoid sowie im Weiteren die Überprüfung der 12 Rippenpaare. Auch in diesem Zusammenhang wird noch einmal besonderes Augenmerk auf Veränderungen der Brustwand gerichtet, wie z. B. durch Vorliegen einer instabilen Brustwandregion, Einblutungen und Luftansammlungen, Emphysem genannt.

Anschließend erfolgt noch einmal die Auskultation der Lungenfelder, um Belüftungsstörungen zu detektieren und eine mögliche Seitendifferenz des Atemgeräusches feststellen zu können. Diese wäre u. U. ein Hinweis auf einen Pneumothorax, der entlastet werden müsste. Auch **Lungenkontusionen** können eine Änderung des Atemgeräusches im Sinne einer Dämpfung verursachen und bedürfen des besonderen Augenmaßes in der Reevaluation der respiratorischen Leistung. Die Herzgeräusche werden an den üblichen 5 Punkten auskultiert. Hier werden insbesondere Rhythmus, Pulsfortleitung in die Peripherie und Reinheit der Herztöne kontrolliert. Neu aufgetretene Strömungsgeräusche können auf eine Herzklappenveränderung, z. B. durch eine Verletzung wie Abriss der Segelklappen, hindeuten. Des Weiteren sind maschinenartige Reibegeräusche pathognomonisch für eine Perikardtamponade. Hier hilft das **Elektrokardiogramm (EKG)**, den Herzrhythmus regelrecht einzuschätzen und möglicherweise auftretende Repolarisationsstörungen mithilfe des 12-Kanal-EKG zu detektieren. Diese könnten Hinweis auf eine Kontusion des Herzens oder auch auf eine strukturelle Schädigung sein. Eine häufige, im Verlauf zunehmende Niedervoltage wird als pathognomonisch für eine Perikardtamponade beschrieben, umgekehrt kann ihr Fehlen eine Perikardtamponade nicht ausschließen. Daher wird die wiederholte Sonographie empfohlen.

Die Perkussion des Brustkorbs kann bei Abwesenheit von anderen diagnostischen Geräten wertvolle Hinweise zur Belüftungssituation der Lungenfelder geben. Üblicherweise wird ein sonorer Klopfeschall über den Lungenfeldern zu perkutieren sein. Ist er jedoch eher hypersonor, spricht dies für eine Verdrängung des Lungenparenchyms und eine Spannungskomponente mit erheblicher Luftansammlung über dieser Region. Ist er hingegen gedämpft (**tympantischer Klopfeschall**), deutet dies auf eine Minderbelüftung des Lungenfelds, z. B. im Rahmen einer schweren Lungenkontusion oder einer Flüssigkeitsansammlung, am ehesten einem Hämatothorax entsprechend. Beide Veränderungen ziehen die unmittelbare Anlage einer Thoraxdrainage auf der betroffenen Seite, bei entsprechenden klinischen Symptomen, nach sich. Hier ist jedoch anzumerken, dass eine Perkussion häufig in der lauten Geräuschkulisse eines Notfallorts, präklinisch ebenso wie innerklinisch, und im Rahmen des Schockraummanagements schwierig zu deuten sein kann.

Auf Mittelständigkeit der Trachea und umliegende Schwellungen wird geachtet

Bei Vorliegen eines Thoraxtraumas ist die Kopfregion in Augenschein zu nehmen

Besonderes Augenmerk wird auf Veränderungen der Brustwand gerichtet

Maschinenartige Reibegeräusche sind pathognomonisch für eine Perikardtamponade

Die Perkussion des Brustkorbs kann wertvolle Hinweise zur Belüftungssituation der Lungenfelder geben

Durch frühzeitigen E-FAST-Einsatz können lebensbedrohliche Verletzungsfolgen rasch erkannt werden

Die Tubuslagekontrolle hat stets über eine Kapnographie zu erfolgen

Die Umgebungsbedingungen können mithilfe der CT detailliert beschrieben werden

Vitalparameter

An Vitalparametern werden die Atemfrequenz, die Sauerstoffsättigung, Beatmungsparameter, einschließlich CO₂-Rückstrom über die **Kapnographie** und Kreislaufparameter mit Blutdruck und Herzfrequenz reevaluiert.

Bildgebende Verfahren

Als zusätzliche Hilfsmittel können neben dem Standard-Monitoring bildgebende Verfahren zum Einsatz kommen.

Sonographie

Durch den frühzeitigen und ggf. parallelen Einsatz fokussierter Sonographie-Untersuchungsprotokolle, z. B. Extended Focussed Assessment with Sonography in Trauma (E-FAST) können (potenziell) akut-lebensbedrohliche Verletzungsfolgen rasch erkannt werden. Extended Focussed Assessment with Sonography in Trauma schließt die fokussierte Untersuchung von Thorax, Abdomen und Becken ein. Maßgebliche Verletzungsfolgen, wie beispielsweise Perikardtamponade, Pneumothorax, Hämatothorax und freie abdominelle Flüssigkeit, können schnell und sicher erkannt oder ausgeschlossen werden. Die fokussierte sonographische Beurteilung des Herzens in Kombination mit der V. cava inferior lässt Aussagen über Pumpfunktion und Volumenstatus zu, insbesondere bei auffälligen **Kreislaufverhältnissen** ohne äußerlich erkennbare Ursache. Die Sonographie ist daher heutzutage Bestandteil eines jeden Schockraummanagements, gibt wertvolle Hinweise bei der Erkennung von ABC-Problemen und wird deswegen beispielsweise nach ATLS im Primary Survey frühzeitig eingesetzt.

Im Secondary Survey liefert die Sonografie ein wertvolles Werkzeug zur Reevaluation und bei ggf. primär nicht indizierter CT-Diagnostik zur Detektion weiterer Verletzungen.

Thoraxröntgen

Eine Standarduntersuchung zur Ersteinschätzung ist die **Röntgenübersichtsaufnahme** des Thorax im Liegen beim schwerverletzten Patienten.

Diese liefert wertvolle Aussagen über die Lage der Atemwegshilfe, z. B. auch die Tubustiefe, kann in diesem Zusammenhang jedoch die tracheale Position nicht sicher bestätigen. Begleitend zu Auskultation und Standardmonitoring hat die Tubuslagekontrolle stets über eine Kapnographie zu erfolgen.

Die beiden Lungengfelder können hinsichtlich ihrer Transparenz, Belüftung und des Vorliegens eines Pneumo- oder Hämatothorax geprüft werden, des Weiteren Lage und Weite des Mediastinums, Lage und Konturschärfe des Zwerchfells und die Brustwand mit der Frage nach dislozierenden Frakturen, Luftansammlungen außerhalb der Lungengrenzen und Vorliegen von Fremdkörpern. In einigen Schockräumen Deutschlands ist diese Aufnahme als initiale Untersuchung direkt auf der Behandlungsliege schon während des Primary survey verfügbar; in anderen Krankenhäusern ist der Transfer des Patienten in die Röntgenabteilung notwendig. In diesem Zusammenhang dürfen keinesfalls Maßnahmen des Primary survey verzögert werden, im weiteren Verlauf wird eher ein schnittbildgebendes Verfahren zur genauen Statusabklärung indiziert sein. Ventrale Pneumothoraces können häufig nicht im anterior-posterioren Nativröntgen am liegenden Patienten dargestellt werden.

Computertomographie

Den Standard der bildgebenden Verfahren beim Polytraumatisierten stellt heutzutage die Computertomographie (CT) dar. Sie ist schnell verfügbar und weist eine hohe Sensitivität sowie Spezifität zur Detektion von Verletzungen der verschiedenen Organsysteme auf. Beim Polytrauma können mit ihrer Hilfe beispielsweise die korrekte Lage der Atemwegshilfe, auch eines geblockten Tubus in der Trachea, gesichert, Lungengfelder und -ausdehnung exakt beurteilt sowie deren Belüftungssituation eingeschätzt werden. Mithilfe der CT ist die Lage des Mediastinums beurteilbar, ein größerer Perikarderguss oder die Ruptur großer Gefäße mit konsekutiver mediastinaler Einblutung ist auffind- und einschätzbar. In den meisten Fällen kann das Zwerchfell regelrecht abgebildet werden, und es können Rupturen gezeigt oder ausgeschlossen werden. Schließlich sind die Umgebungsbedingungen mithilfe der CT besonders detailliert zu beschreiben. Fremdkörper, Luftansammlungen und Fraktur-

muster von knöchernen Brustwandverletzungen können sehr genau lokalisiert und beschrieben werden. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass eine CT nach erfolgreichem Abschluss des Primary survey durchgeführt werden kann und sollte. Muss der Primary survey aufgrund instabiler Vitalparameter des Patienten abgebrochen und eine Operation durchgeführt werden, darf diese keinesfalls durch die aufwendige CT-Diagnostik verzögert werden. Nach Durchführung der Notfallmaßnahmen im OP kann die CT im Rahmen des anschließenden Secondary survey, wie oben beschrieben, erfolgen.

Therapeutisches Vorgehen

Liegt ein während des Secondary survey diagnostizierter einfacher Pneumothorax vor, ist befundabhängig zu entscheiden, ob dieser entlastungswürdig ist oder zunächst beobachtet werden kann. Generell können kleinere Pneumothoraces, auch bis hin zum schmalen Mantelpneumothorax, zunächst beobachtet werden. Im Fall der Beatmung sollte jedoch aufgrund des Atemüberdrucks großzügig die Indikation zur Thoraxsaugdrainage gestellt werden.

Bei Vorliegen eines Hämatothorax ist ebenfalls zu erwägen, ob dieser entlastungswürdig ist. Im Fall instabiler Kreislaufverhältnisse wurde er bereits im Primary survey entlastet. Liegen nun stabile Kreislaufverhältnisse vor, kann eine Drainage etabliert werden, um das Hämatom zu entleeren und ein Monitoring der noch abgesonderten Blutmenge in den nächsten Stunden zu ermöglichen. Persistiert eine Blutung trotz adäquater Umfeldmaßnahmen, kann eine operative Versorgung erforderlich werden.

Das Vorliegen einer ausgedehnten Lungenkontusion oder auch einer instabilen Brustwand erfordert ein besonderes Augenmerk der Oxygenierung und die Beatmung mithilfe des PEEP. Hier ist eine regelmäßige klinische Prüfung der Atemfunktion, z. B. hinsichtlich einer suffizienten Atemmechanik, und der Oxygenierungsparameter erforderlich. Zusätzlich sollte eine technisch-apparative Reevaluation z. B. per **Blutgasanalyse** und entsprechendem Monitoring erfolgen. Hinweis ist das Vorliegen einer signifikanten Hypoxie mit Sättigungswerten $< 90\%$ unter Raumluft oder einem arteriellen Kohlenstoffdioxidpartialdruck (p_aO_2) < 65 mmHg [8].

Treten Verletzungen des Tracheobronchialbaums durch **fistelnden Luftaustritt** zutage, ist darüber zu entscheiden, ob es sich um „High-output“-Fisteln mit wirksamen Einschränkungen auf den Gasaustausch handelt oder um kleinere Fistelungen durch kleine Lungenläsionen, die eine stabile Oxygenierung nicht verhindern. Im ersten Fall wird die Indikation zu Operation und Leckage-Verschluss zu stellen sein. Betrifft diese Fistelung den Tracheobronchialbaum, ist typischerweise die Hinzuziehung eines Kollegen mit thoraxchirurgischer Erfahrung erforderlich.

Gleiches gilt für die oben erwähnte **stumpfe Herzverletzung**. Sind Anzeichen eines Herzpumpversagens, Arrhythmien und abnorme Beweglichkeit in der Herzwand im Ultraschall zu entdecken, besteht eine lebensbedrohliche Störung. Auch im EKG können Auffälligkeiten wie Herzrhythmusstörungen, Blockbilder und ST-Strecken-Veränderungen auftreten. Diese sollten als Alarmzeichen für das Vorliegen einer Herzkontusion mit drohendem Herzversagen gewertet werden. Hier ist differenzialdiagnostisch eine möglicherweise primär bestehende Herzerkrankung abzuklären, beispielsweise ein Herzinfarkt oder eine Kardiomyopathie, deren plötzlich auftretende Symptome als Auslöser des Unfalls in Betracht gezogen werden müssen. Die Hinzuziehung eines Kardiologen wird dringend empfohlen, und ein intensives Monitoring unter Ausschluss **struktureller Herzverletzungen** ist erforderlich. Liegen Letztere vor, z. B. Herzklappen- oder Herzscheidewandrisse, ist die Verlegung des Patienten in ein herzchirurgisches Zentrum erforderlich. In diesem Rahmen wird ebenfalls die arterielle Ausstrombahn aus dem Herzen, nämlich der **Aortenbogen**, eingehend untersucht. Insbesondere mithilfe der Kontrastmittel-CT ist die Aussage über die intakte Kontinuität der Aorta möglich. Hier ist gesondert auf Dissektionen der Aortenwand oder eine gedeckte Perforation zu achten. Wird eine solche detektiert, muss die Therapie ebenfalls an einem erfahrenen Zentrum erfolgen, entweder mithilfe eines endoluminalen Aorten-Stents, der über die Leistenarterie üblicherweise durch Gefäßchirurgen und Radiologen eingebracht werden kann, oder die direkte Aortenrekonstruktion unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine. Freie Aortenrupturen führen derart schnell zum Blutverlust, dass ein Überleben bis zum Eintreffen im Krankenhaus nicht zu erwarten ist.

Eine **Zwerchfellruptur** ist operativ zu verschließen. Solange keine Organe austreten, kann die Operation elektiv nach der Stabilisierung des Patienten erfolgen. Liegt jedoch ein Enterothorax mit

Kleinere Pneumothoraces können zunächst beobachtet werden

Auch unter stabilen Kreislaufverhältnissen kann ein Hämatothorax drainagewürdig sein

Ausgedehnte Lungenkontusionen erfordern die regelmäßige klinische Prüfung der Atemfunktion

Differenzialdiagnostisch ist eine primär bestehende Herzerkrankung abzuklären

Ein Enterothorax mit prolabierendem Darm und Magen ist schnellstmöglich zu versorgen

prolabierendem Darm und Magen vor, sollte die Versorgung schnellstmöglich nach Abschluss der Schockraumphase, erfolgen.

Operative Möglichkeiten

Kleinere Luftleckagen oder Hämatothoraces können mithilfe **videoassistierter Thorakoskopie** (VATS) sehr gut beherrscht werden. Mithilfe der Thorakoskopie ist die Durchmusterung der gesamten Pleurahöhle möglich; einliegende Koagel können ausgespült, Fisteln verschlossen und Verhalte drainiert werden. Somit wird einer chronisch entzündlichen Reaktion und einem Pleuraempyem wirksam vorgebeugt [12]. Im Fall einer akuten Blutung oder einer großen Fistelung wird die unverzügliche Thorakotomie in einer offenen Operation zur Revision der Organe erforderlich werden. Diese kann je nach Indikation, Lage der Organläsion und Erfahrung des Operateurs antero- oder posterolateral erfolgen. Luft-Leckagen werden gestoppt, ebenso Blutungen. Gefäße werden rekonstruiert. Es erfolgt die Exploration der gesamten Thoraxhöhle, insbesondere der Zwerchfellregion [13]. Eine instabile Brustwandverletzung bei seriellem Rippenstückbruch sollte operativ stabilisiert werden. Diese Operation ist insbesondere dann indiziert, wenn starke oder persistierende Schmerzen, eine respiratorische Insuffizienz in Abhängigkeit von mechanischer Beatmung, verschobene überlappende oder imprimierte Frakturen, Deformität oder Instabilität des Sternums, Nichtvereinigen von Frakturen über einen längeren Zeitraum oder eine körperliche Zwangshaltung durch eingeschränkte Beweglichkeit des Rumpfes bei schmerzhaften Rippenfrakturen vorliegen [14, 15].

Verschiedene Frakturmuster können zur bleibenden Instabilität oder Deformität des Brustkorbs führen. Zum Beispiel kann eine beidseitige Rippenserien- in Kombination mit einer Sternumfraktur zur komplett instabilen vorderen Brustwand, dem anterioren „flail chest“ und somit zu einer lebensbedrohlichen Verletzung führen, die zur Ateminsuffizienz führt. Eine mögliche **Osteosynthese** kann über weit offene oder limitierte Zugangswege erfolgen. Zur Stabilisierung der Rippen stehen verschiedene Implantate (winkelstabile Platten, intramedulläre Splints und rippenumgreifende Klammern) zur Verfügung. In jüngster Zeit werden zahlreiche Berichte von erfolgreichen Osteosynthesen und verbessertem Outcome publiziert, jedoch ist die endgültige Entscheidungsfindung zur operativen Stabilisierung von Brustwandverletzungen noch Inhalt der Diskussion der Fachgesellschaften.

Spezielle Altersgruppen

Die geschilderten Algorithmen gelten für alle Altersgruppen. Aufgrund von anatomischen oder physiologischen Besonderheiten soll jedoch auf einige Fallstricke aufmerksam gemacht werden.

Der kleine Brustkorb von Kindern bedarf auch kleiner Tuben und Drainagen mit geringeren Eindringtiefen bei jedoch gleichen Insertionsstellen. Die bei Kindern noch elastischen Rippen frakturieren nur bei extremer Gewalteinwirkung. Trotzdem ist eine schwerwiegende darunterliegende Lungenkontusion oder -zerreißen mit konsekutivem Pneumothorax möglich. Dieser wiederum wird von kleinen Kindern schwer toleriert und muss unverzüglich entlastet werden, um nicht zum Spannungspneumothorax zu werden. Das **unreife Lungengerüst** ist einem ungleich höheren Risiko für Lungenverletzungen durch stumpfe Gewalt und Barotrauma bei Beatmung ausgesetzt. In physiologischen Parametern ist grundsätzlich eine höhere Herz- und Atemfrequenz bei jedoch niedrigerem Atemzugvolumen, im Vergleich zu Erwachsenen, zu sehen. Kinder haben eine sehr geringe respiratorische Reserve und regulieren über die Atemfrequenz. Sie können jedoch sehr lange einen Schockzustand oder Atembeschwerden kompensieren, bevor sie endgültig dekompensieren.

Beim alten Menschen kehren sich die anatomischen Verhältnisse um. Das Lungengerüst ist u. U. durch Vorerkrankungen und altersbedingte Verminderung der Elastizität sehr vulnerabel. Die starren und häufig **osteoporotischen Rippen** neigen häufig zu Frakturen, auch bei Bagatelltraumen. Durch Dislokation können Rippenanteile in die Lungen einspießen und Fistelungen hartnäckiger Art verursachen, die unbedingt drainiert werden müssen. Der abnehmende Muskelmantel der Thoraxwand führt zum raschen Wärmeverlust und wenig Schutz bei Anpralltraumen. Physiologisch besteht beim alten Menschen eine geringe respiratorische Reserve im sonst kompensierten System. So ist eine rasche Dekompensation auch hier bei verhältnismäßig geringen Verletzungen möglich; deshalb sind diese aggressiv zu therapieren. Dies gilt insbesondere für die adäquate Oxygenierung, die Hilfestellung bei der Atmung und einer möglichen Brustwandstabilisierung bei instabilem Frak-

Eine instabile Brustwandverletzung bei seriellem Rippenstückbruch sollte operativ stabilisiert werden

Verschiedene Frakturmuster können eine bleibende Instabilität des Brustkorbs bedingen

Der Brustkorb von Kindern bedarf kleiner Tuben und Drainagen mit geringer Eindringtiefe

Kinder haben eine sehr geringe respiratorische Reserve

Beim alten Menschen kehren sich die anatomischen Verhältnisse um

Die rasche Dekompensation des alten Patienten ist bei verhältnismäßig geringen Verletzungen möglich

turmuster. Durch die ungleich unsichere **Mobilität** im hohen Alter ereignen sich häufiger Stürze, die auch zu schwerwiegenden Verletzungen führen können. Eine möglicherweise bestehende **Vor-medikation** kann adäquate Schockreaktionen maskieren, z. B. kann die Antiarrhythmikaeinnahme (z. B. β -Rezeptoren-Blocker) eine Frequenzstarre im normofrequenten bradykarden Bereich etablieren und somit eine Bedarfstachykardie maskieren. Antikoagulanzen führen häufig zu ausgeprägter und prolongierter Blutung, Herzvorerkrankungen aufgrund verminderter Pumpleistung zur raschen Dekompensation.

Traumazentren

Schwerverletzte Patienten, insbesondere bei Vorliegen eines Thoraxtraumas können nur suffizient behandelt werden, wenn sie in eine Einrichtung mit entsprechender Versorgungskapazität eingeliefert werden. Jeder im Rettungsdienst Tätige sollte die lokalen Strukturen genau kennen. Kliniken sollten ihrer Versorgungsstufe entsprechend nach **Voranmeldung** angefahren werden. Zu beachten ist, dass lokale Traumazentren keine thoraxchirurgische Expertise haben, regionale Traumazentren eine Erstversorgung übernehmen können, jedoch nicht standardmäßig einen Thoraxchirurgen vorhalten müssen und überregionale Traumazentren alle Fachdisziplinen zur Versorgung des Schwerverletzten anbieten können [16]. Die adäquate Versorgung kann daher primär idealerweise am **überregionalen Traumazentrum** 24 h täglich und an 7 Tagen der Woche durchgeführt werden.

Fazit für die Praxis

- Das schwere Thoraxtrauma stellt eine potenzielle Lebensbedrohung dar, bei der mehrere Organsysteme betroffen sein können. Daher erfolgt die Behandlung prioritätenorientiert nach dem ABCDE-Schema, bestenfalls in einem Traumazentrum.
- Zunächst werden akut bedrohliche Zustände („lethal six“) ausgeschlossen oder identifiziert und sogleich behandelt.
- Die Atemwegsicherung erfolgt durch orale endotracheale Intubation.
- Spannungspneumothoraces müssen umgehend detektiert und entlastet werden. Dies sollte mithilfe von Thorakostomie und Drainagenanlage erfolgen.
- Eine Perikardtamponade kann kurzfristig durch subxiphoidale Punktion entlastet werden, bedarf jedoch im Folgenden der chirurgischen Therapie.
- Blutungen müssen aktiv gesucht, gestillt oder ausgeschlossen werden.
- Die E-FAST-Sonographie ermöglicht eine frühzeitige Detektion von Flüssigkeiten in Bauch- und Thoraxhöhle ebenso wie Perikarderguss und Pneumothorax.
- Nach der Stabilisierung des Patienten erfolgt im Rahmen des Secondary survey die detaillierte Ganzkörperuntersuchung mit der gezielten Suche nach Verletzungen.
- Die Versorgungsprinzipien bei schwerem Thoraxtrauma sind für alle Altersgruppen gleich; altersabhängige anatomische und physiologische Unterschiede sind allerdings zu beachten.

Korrespondenzadresse



Dr. S. Schulz-Drost
Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie
Unfallkrankenhaus Berlin
Warener Str. 7, 12683 Berlin
stefan.schulz-drost@ukb.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. S. Schulz-Drost ist als Instruktor, G. Matthes als Kursdirektor und Board-Mitglied des nationalen ATLS Programms tätig. A. Ekkernkamp gibt an, dass kein Interessenkonflikt an.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Jeder im Rettungsdienst Tätige sollte die lokalen Strukturen genau kennen

Literatur

- Ziegler DW, Agarwal NN (1994) The morbidity and mortality of rib fractures. *J Trauma* 37(6):975–979
- El-Menyar A, Latifi R, AbdulRahman H, Zarour A, Tuma M, Parchani A, Peralta R, Al Thani H (2013) Age and traumatic chest injury: a 3-year observational study. *Eur J Trauma Emerg Surg* 39:397–403
- Traumaregister DGU®. Jahresbericht (2014) für den Zeitraum bis Ende 2013. Sektion NIS der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU)/AUC – Akademie der Unfallchirurgie. http://www.dguonline.de/fileadmin/published_content/5.Qualitaet_und_Sicherheit/PDF/2014_TR_DGU_Jahresbericht.pdf
- Matthes G, Ekkernkamp A (2010) Thoraxtrauma. In: Hachenberg T et al (Hrsg) *Anästhesie und Intensivtherapie in der Thoraxchirurgie*. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart, S 125–128
- Weigel B, Nerlich ML (2005) *Praxisbuch Unfallchirurgie*, 1. Aufl., Bd 1. Springer, S 78–79
- Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie und Orthopädie (2011) S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung, AWMF Register-Nr. 012/019. Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e. V.; Mitteilungen und Nachrichten. 33. Jahrgang. Heft 64. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart
- NAEMT (Hrsg) (2009) *Präklinisches Traumamanagement. Das PHTLS Konzept*. Elsevier GmbH, München. (ISBN 978-3-437-48620-3)
- American College of Surgeons, Committee on Trauma (2015) *Advanced Trauma Life Support ATLS*, 1. Deutsche Aufl. Elsevier/Urban & Fischer Verlag, München. (ISBN 978-1-880696-02-6)
- Weigel B, Nerlich ML (2005) *Praxisbuch Unfallchirurgie*, 1. Aufl., Bd. 1, Springer, S 83
- v. Hintzenstern U (2007) *Notarzteitfadens Abb. 11.4*, 5. Aufl. Elsevier/Urban & Fischer, München, S 391
- Boffard KD (2007) *Manual of definitive surgical trauma care*, 2. Aufl. Hodder Arnold, London, S 88–93
- Waydhas C, Nast-Kolb D (2006) *Thoraxtrauma, Teil II: Management von spezifischen Verletzungen*. *Unfallchirurg* 109:881–891
- Stahel PF, Schneider P, Buhr HJ, Kruschewski M (2005) Die Notfallversorgung des Thoraxtraumas. *Orthopäde* 34:865–879
- Lafferty PM, Anavian J, Will RE, Cole PA (2011) Operative treatment of chest wall injuries: indications, technique, and outcomes. *J Bone Joint Surg Am* 93(1):97–110
- Harston A, Roberts C (2011) Fixation of sternal fractures: a systematic review. *J Trauma* 71(6):1875–1879
- Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e. V. (2012) *Mitteilungen und Nachrichten*. 34. Jahrgang. Supplement 1. Georg Thieme Verlag, Stuttgart

e.Curriculum Orthopädie & Unfallchirurgie

Operationstechniken Schritt für Schritt

Neue Onlinekurse!

- Vertiefen Sie Ihr orthopädisch-unfallchirurgisches Fachwissen.
- Ideal als Facharzt-Refresher
- Bereiten Sie sich schnell auf eine Operation vor.
- Umfangreiches Bildmaterial
- Hinweise zu Fallstricken und Komplikationen
- Exklusiv für e.Med-Abonnenten und Abonnenten der Zeitschrift *Operative Orthopädie und Traumatologie*

 Springer Medizin



Jetzt
teilnehmen!

So nehmen Sie teil:

1. Mit Ihrem Springer Medizin Account auf www.springermedizin.de anmelden.
2. Kurs starten und Onlinekurs bearbeiten.
3. Quizfragen beantworten.

Für Ihre erfolgreiche Teilnahme erhalten Sie eine Bescheinigung.

www.springermedizin.de/ecurriculum-orthopaedie-unfallchirurgie



CME-Fragebogen

Bitte beachten Sie:

- Teilnahme nur online unter: springermedizin.de/eAkademie
- Die Frage-Antwort-Kombinationen werden online individuell zusammengestellt.
- Es ist immer nur eine Antwort möglich.

? Welchen Anteil hat das Thoraxtrauma an der Sterblichkeit polytraumatisierter Patienten?

- 90 %
 65 %
 50 %
 25 %
 10 %

? Mit welcher Häufigkeit werden Thoraxtraumen in Deutschland durch einen penetrierenden Unfallmechanismus verursacht?

- > 90 %
 65 %
 50 %
 25 %
 < 10 %

? Welche der folgenden Verletzung sollte im Primary Survey identifiziert werden?

- Atemwegsobstruktion
 isolierter Pneumothorax
 einseitiger Hämatothorax
 stumpfe Herzverletzung
 traumatische Zwerchfellruptur

? Bei welcher Verletzung ist unmittelbare Lebensbedrohung am wenigsten wahrscheinlich?

- Verletzung mit Atemwegsobstruktion
 beidseitige Rippenserienstückfraktur mit Instabilität
 Massiver Hämatothorax
 Pneumothorax
 Herzbeutelamponade

? Welche Zuordnung im ABCDE Schema stimmt nicht?

- Atmung
 Belüftung/Oxygenierung

- Kreislauffunktion
 Neurologische Funktion
 Vollständiges Entkleiden und Umweltbedingungen

? Welche Aussage zur körperlichen Untersuchung bei Thoraxtrauma ist richtig?

- Es soll prioritätenorientiert untersucht werden.
 Besonders wichtig ist eine Ganzkörperuntersuchung.
 Knistern der Haut ist ein harmloses Begleitphänomen.
 Eine Bauchverletzung kann keine Atembeschwerden verursachen.
 Eine Stauung der Halsvenen ist kein pathologischer Befund.

? Welche Maßnahme ist bei einem Verdacht auf Spannungspneumothorax sofort durchzuführen?

- Nachweis durch eine Röntgenuntersuchung
 Intensivmedizinisch Beobachtung
 Sofortige Entlastung
 Sofortige operative Versorgung
 Weitere Untersuchung im Secondary Survey

? Welche Beschreibung ist nicht charakteristisch für einen „flail chest“, also einen instabilen Thorax?

- Sternumfraktur und beidseitige Rippenserienfraktur
 Rippenserienfraktur 3-6. Rippe isoliert posterolateral
 Rippenserienstückfraktur links anterolateral 3.-8. Rippe
 Schmerzen und respiratorische Insuffizienz

- Atemsynchrone, paradoxe Bewegung der Brustwand

? Welche Aussagen zu Thoraxverletzungen bei Kinder sind richtig?

- Kinder haben häufig Rippenfrakturen.
 Kinder tolerieren einen Spannungspneumothorax besonders gut.
 Kinder atmen langsamer als Erwachsene.
 Kinder haben selten Lungenverletzungen wegen ihrer besonders elastischen Lungen.
 Kinder können erhebliche Lungenkontusionen in Abwesenheit von Rippenfrakturen haben.

? Welche Maßnahme ist bei Entleerung von 2000ml Blut nach Drainagenanlage und instabilem Kreislauf in Folge einer Stichverletzung der linken Thoraxhälfte am ehesten indiziert?

- Eine sofortige Thorakotomie.
 In dieser Situation wird die Thoraxdrainage sofort abgeklemmt.
 Es wird ein Computertomogramm gefahren.
 Prioritär soll jetzt eine Anxiolyse erfolgen.
 In dieser Situation wird abwartend behandelt, da die Prognose stets infaust ist.

Diese zertifizierte Fortbildung ist 12 Monate auf springermedizin.de/eAkademie verfügbar.

Dort erfahren Sie auch den genauen Teilnahmeabschluss. Nach Ablauf des Zertifizierungszeitraums können Sie diese Fortbildung und den Fragebogen weitere 24 Monate nutzen.



Für Zeitschriftenabonnenten ist die Teilnahme am e.CME kostenfrei