Sternumfrakturen – Rippenfrakturen

*Simon Hackl
Markus T. Berninger
Christoph Erichsen
Michael Lang
Alexander Woltmann*

VNR: 2760512018154650410

DOI: 10.1055/s-0044-102023

Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2018; 13 (6): 571–592

ISSN 1611-7859

© 2018 Georg Thieme Verlag KG

Unter dieser Rubrik sind bereits erschienen:

Sagittale Balance und posttraumatische Kyphose A. Pingel, J. Franke, F. Kandziora Heft 2/2018

Nicht spezifischer Rückenschmerz H. Bork Heft 6/2017

Assessment und multimodale Schmerztherapie beim chronischen Rückenschmerz H.-R. Casser Heft 6/2017

Akutrehabilitation querschnittverletzter Patienten F. Högel, R. Patrick Esser, V. Bühren Heft 5/2017

Verletzungen des Rückenmarks – Akutbehandlung F. Högel, J. Vastmans, M. Vogel, V. Bühren Heft 6/2016

Der lumbale Bandscheibenvorfall H. Mayer, F. Heider Heft 6/2016

Die AOSpine-Klassifikation thorakolumbalen Verletzungen F. Kandziora, P. Schleicher, M. Reinhold, K. Schnake, M. Scholz Heft 5/2016

Untersuchung der Halswirbelsäule C. Josten, C. Heyde, J.-S. Jarvers Heft 1/2016

Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule M. Scholz, P. Schleicher, F. Kandziora Heft 6/2015

Intraspinalen Raumforderungen M. Wostrack, B. Meyer Heft 6/2015

Untersuchungen der Brust- und Lendenwirbelsäule F. Heider, C. Siepe Heft 6/2015

Die Skoliose im Wachstumsalter P. Bernstein, J. Seifert Heft 4/2015

Multimodale interdisziplinäre Therapie beim chronischen Rückenschmerz J. Mallwitz, T. Dörner, M. Richter Heft 6/2014

Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule O. Gonschorek, V. Bühren Heft 6/2014

Die lumbale Spinalkanalstenose U. Liljenqvist Heft 2/2014

Diagnostik und konservative Therapie von lumbalen Rückenschmerzen W. Beyer Heft 6/2013

Frakturen der unteren Lendenwirbelsäule K. Schnake, F. Kandziora Heft 4/2013

Spondylitis und ihre Differenzialdiagnosen R. Erlemann, A. Hoogeveen Heft 4/2013

Verletzungen und Erkrankungen der oberen HWS (C0–C2) J. Madert, K.-H. Frosch, T. Niemeyer Heft 2/2013

Bandscheibenendoprothetik und andere bewegungserhaltende Stabilisierungsverfahren der Lendenwirbelsäule – klinische Aspekte W. Käfer, H.-J. Wilke, B. Cakir Heft 2/2012

Infektionen der Wirbelsäule S. Mörk, R. Kothe, C. Ulrich Heft 5/2011

Injektionstherapie an der Wirbelsäule J. Artner, P. Nichterlein, B. Cakir, H. Reichel Heft 4/2011

Subaxiale degenerative Instabilität und spondylotische Myelopathie O. Meier, J. Zenner, L. Ferraris, A. Hempfing, H. Koller Heft 2/2011

Die Therapie der hochgradigen Spondylolisthese und Spondylolipose A. Hempfing, H. Koller, L. Ferraris, J. Völpel, O. Meier Heft 6/2010

Primäre Tumoren der Wirbelsäule U. Liljenqvist, V. Bullmann Heft 5/2010

Operative Behandlung von Wirbelsäulenmetastasen V. Bullmann, U. Liljenqvist Heft 4/2010

Isthmische Spondylolyse und Spondylolisthese F. Kandziora, K. Schnake Heft 3/2010

Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter C. Nau, S. Rose, H. Laurer, I. Marzi Heft 1/2010

Verletzungen des Rückenmarks J. Vastmans, M. Vogel, F. Högel, V. Bühren Heft 6/2009

Sagittale Balance und posttraumatische Fehlstellungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Teil 1 H. Koller, J. Zenner, L. Ferraris, O. Meier Heft 5/2009

ALLES ONLINE LESEN

Mit der eRef lesen Sie Ihre Zeitschrift: online wie offline, am PC und mobil, alle bereits erschienenen Artikel. Für Abonnenten kostenlos! <https://eref.thieme.de/ou-u2d>

JETZT FREISCHALTEN

Sie haben Ihre Zeitschrift noch nicht freigeschaltet? Ein Klick genügt: www.thieme.de/eref-registrierung

Sternumfrakturen – Rippenfrakturen

Simon Hackl, Markus T. Berninger, Christoph Erichsen, Michael Lang, Alexander Woltmann

Knöcherne Verletzungen der Rippen sind häufige Verletzungen des Brustkorbs und werden meist, wie etwa bei Verkehrsunfällen, durch eine direkte und stumpfe Gewalteinwirkung hervorgerufen. Demgegenüber sind Sternumfrakturen ohne begleitende Rippenfrakturen, wie etwa bei polytraumatisierten Patienten, mit ca. 4% selten, wobei sie in Kombination mit Rippenfrakturen in bis zu 21% auftreten können.

ABKÜRZUNGEN

AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese
ATLS®	Advanced Trauma Life Support
BWK	Brustwirbelkörper
BWS	Brustwirbelsäule
eFAST	Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma
FEV ₁	Forced expiratory Pressure in 1 Second (Einsekundenkapazität)
GUV	Gesetzliche Unfallversicherung
MdE	Minderung der Erwerbsfähigkeit
p _a CO ₂	arterieller Kohlendioxidpartialdruck
p _a O ₂	arterieller Sauerstoffpartialdruck
S _p O ₂	pulsoxymetrisch gemessene Sauerstoffsättigung

Die Form des Brustkorbs ist neben individuellen Unterschieden vor allem alters- und geschlechtsabhängig. Beim Säugling ist die Stellung der Rippen annähernd horizontal, welche sich mit steigendem Lebensalter absenken, wobei dann eine Abflachung des Thorax in sagittaler Ebene mit gleichzeitiger Verkleinerung der unteren Thoraxapertur resultiert. Des Weiteren ist der weibliche Brustkorb meist schmaler und kürzer als der männliche.

Die Rippen sind durch Bänder sowie echte und unechte Gelenke beweglich miteinander verbunden und zusätzlich durch die Zwischenrippenmuskulatur (Mm. intercostales) stabilisiert. Jedes Rippenpaar ist bilateral symmetrisch ausgebildet, jedoch in den einzelnen Segmenten unterschiedlich geformt. So artikulieren die ersten 7 Rippen ventral meist direkt mit dem Sternum (Brustbein-Rippen-Gelenke bzw. Articulationes sternocostales) und werden als echte Rippen (Costae verae) bezeichnet. Ein Gelenkspalt ist in der Regel nur bei der 2.–5. Rippe vorhanden, wohingegen die 1., 6. und 7. Rippe synchondrotisch mit dem Sternum verbunden sind (► **Abb. 2**).

Zur weiteren Stabilisierung verlaufen Bänder (Ligg. sternocostalia radiata) vom Perichondrium des Rippenknorpels zur Vorderseite des Sternums und verflechten sich mit dem Periost zu einer dichten Bindegewebeplatte (Membrana sterni). Die sich anschließenden Rippen 8–12 (Costae spuriae) sind ventral nur indirekt mit dem Sternum verbunden, indem sich ihre Rippenknorpel der nächsthöheren Rippe anlegen. Die kaudalsten 2 Rippen enden im Normalfall ohne Kontakt zum Sternum frei zwischen den Muskeln der lateralen Bauchwand (Costae fluctuantes).

Anatomie

Brustkorb

Anatomisch setzt sich das knöcherne Gerüst des Brustkorbs (Thorax) aus der Brustwirbelsäule, den 12 Rippenpaaren (Costae) und dem Brustbein (Sternum) zusammen. Der Thorax stellt zusammen mit der muskulären Wandstruktur die Schutzhülle für die Lunge sowie die im Mediastinum gelegenen Strukturen wie Herz, Thymus und Aorta thoracalis dar und ermöglicht funktionell die physiologische Atembewegung. Kranial bildet die Apertura thoracis superior (obere Thoraxapertur) mit dem 1. Brustwirbelkörper, dem 1. Rippenpaar und dem kranialen Ende des Sternums den oberen Abschluss des Thorax. Kaudal geht der Brustkorb durch die Apertura thoracis inferior (untere Thoraxapertur) auf Höhe des 12. Brustwirbelkörpers ins Abdomen über (► **Abb. 1**).

► **Abb. 1** Aufbau des knöchernen Brustkorbs. Quelle: Schünke M, Schulte E, Schumacher U et al. 1.18 Brustbein und Rippen. In: Schünke M, Schulte E, Schumacher U et al., Hrsg. Prometheus LernAtlas – Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2014. doi:10.1055/b-004-129726

a Ansicht von vorn.

b Seitliche Ansicht.

c Ansicht von hinten.

Dorsal sind alle 12 Rippen über die Rippenwirbelgelenke, bestehend aus Rippenkopfgelenk (Articulationes capituli costarum) und Rippenhöcker-Wirbelquerfortsatz-Gelenk (Articulatio costotransversaria), mit den Brustwirbelkörpern verbunden. Ausnahmen bilden die 11. und 12. Rippe, welche keine Rippenhöckergelenke aufweisen.

Die Bewegungsachse der kranialen Rippen ist nach Karpandji eher frontal und die der kaudalen Rippen eher sagittal ausgerichtet, wodurch die Hebung der Rippen kranial zu einer Vergrößerung des sagittalen und kaudal zu einer Vergrößerung des transversalen Durchmessers führt. Die hieraus resultierende Volumenveränderung des Brustkorbs spielt bei der sternokostalen Atmung (Brust- bzw. Rippenatmung) vor allem bei körperlicher Anstrengung eine wichtige Rolle, wohingegen in Ruhe die für die Ventilation erforderlichen Volumenänderungen fast ausschließlich durch die Senkung des Zwerchfells (kostodiaphragmale Atmung bzw. Bauchatmung) erreicht werden.

Sternum

Das Sternum ist ein flacher, leicht konvexer Knochen, welcher seitlich mehrere (Incisurae costales) und kranial eine Einbuchtung, die gut tastbare Drosselgrube (Incisura jugularis), aufweist und von kranial nach kaudal aufgebaut ist

- Handgriff (Manubrium sterni),
- Körper (Corpus sterni),
- Schwertfortsatz (Processus xiphoideus).

Diese Strukturen sind bis ins junge Erwachsenenalter noch durch Knorpelgewebe (Synchondrosis manubriosternalis und xiphosternalis) verbunden, im fortschreitenden Alter verknöchern sie vollständig.

Das Manubrium artikuliert mit der Klavikula (Incisura claviculae) und der 1. Rippe (Incisura costalis I). Die Gelenkfläche für die 2. Rippe (Incisurae costalis II) liegt am Übergang Manubrium und Corpus sterni. An dieser Stelle ist der kaudale Anteil des Sternums auch meist etwas nach dorsal abgekippt und bildet den Brustbeinwinkel (Angulus sterni bzw. Angulus Ludovici) aus. Der Processus xiphoideus ist sehr variabel ausgestaltet mit teils gegabelter oder perforierter Form und kann auch beim Erwachsenen noch knorpelige Anteile aufweisen (► Abb. 3).

Rippe

Die Rippe, ausgehend vom Rippenwirbelgelenk, ist unterteilt in

- Kopf (Caput costae),
- Hals (Collum costae) mit Tuberculum costae und
- Körper (Corpus costae).

Die Rippenkörper weisen unregelmäßige Krümmungen auf. Sie sind um ihre Längsachse verdreht, wodurch die Außenfläche der Rippe dorsal etwas nach kaudal und

► **Abb. 2** Horizontale Ansicht auf den knöchernen Brustkorb, bestehend aus Brustwirbelkörper, Rippe und Brustbein. Quelle: Schünke M, Schulte E, Schumacher U et al. 1.18 Brustbein und Rippen. In: Schünke M, Schulte E, Schumacher U et al., Hrsg. Prometheus LernAtlas – Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2014. doi:10.1055/b-004-129726

ventral etwas nach kranial geneigt ist. Die 7. Rippe ist am längsten. Die 2.–10. Rippe weisen auf ihrer Unterseite eine Einbuchtung (Sulcus costae) auf, in der die Interkostalnerven und -gefäße geschützt verlaufen. Kranial liegt hierbei die Interkostalvene, gefolgt von der Interkostalarterie und kaudal vom Interkostalnerv.

PRAXISTIPP

Zur Schonung der Interkostalgefäße und -nerven sollte eine Thoraxdrainage immer am Oberrand der Rippe angelegt werden.

Cave

In etwa 2–8% aller CT-Untersuchungen des Thorax kann ein Foramen sternale im Corpus sterni, als Zeichen einer inkompletten embryonalen Verschmelzung der Sternalleisten, gefunden werden. Dies sollte vor allem bei Punktionen im Bereich des Sternums in Betracht gezogen werden, da es hierdurch zur Verletzung des Herzens kommen kann.

► **Abb. 3** Sternum. Quelle: Schünke M, Schulte E, Schumacher U et al. 1.18 Brustbein und Rippen. In: Schünke M, Schulte E, Schumacher U et al., Hrsg. Prometheus LernAtlas – Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2014. doi:10.1055/b-004-129726

a Frontale Ansicht des Brustbeins.

b Seitliche Ansicht.

Epidemiologie und Ätiologie

Rippenfrakturen

Rippenfrakturen sind die häufigste Thoraxverletzung. Etwa 50% der polytraumatisierten Patienten erleiden eine Verletzung der knöchernen Brustwand mit Rippenbeteiligung. Hiervon weisen $\frac{2}{3}$ der Patienten Rippenfrakturen und $\frac{1}{3}$ instabile Rippenmehrfragmentfrakturen im Sinne eines instabilen Thorax (Flail Chest) auf [1].

Rippenfrakturen treten durch lokale Anpralltraumata, wie etwa der Sturz gegen eine Tischkante, oder durch stumpfe Gewalteinwirkung mit Impression oder Kompression des Thorax auf. In bis zu 70% [2] sind Verkehrsunfälle die Ursache. Durch Bagateltraumata, wie etwa einen forcierten Hustenstoß, können die deutlich selteneren pathologischen Frakturen auftreten, die durch Osteoporose oder Tumorleiden bedingt sind.

Merke

Je jünger der Patient, desto elastischer der knöcherne Thorax. Im Kindes- und Jugendalter sind daher schwere Verletzungen der thorakalen Organe ohne Rippenfrakturen häufig [3].

Am häufigsten betroffen sind die 4.–9. Rippe, wobei die Fraktur sowohl parasternal, ventral, lateral und dorsal lokalisiert sein kann. Bei parasternalen oder ventralen Frakturen mehrerer benachbarter Rippen ist häufig das Sternum mitbetroffen.

Sternumfraktur

Die bei 3–8% aller stumpfen Thoraxtraumata auftretenden, deutlich selteneren Sternumfrakturen resultieren meist durch frontale, direkte Krafteinwirkung auf den Brustkorb, wie sie beispielsweise bei Pkw-Unfällen durch den Anprall des Thorax am Lenkrad, Airbag oder den Zug des Sicherheitsgurts vorkommen und für 80% der Sternumfrakturen verantwortlich sind [4]. So kam es seit

Einführung des Sicherheitsgurts zu einer weiteren Zunahme der Sternumfrakturen.

Ebenfalls häufig können Sternumfrakturen bei Sportarten wie American Football beobachtet werden. Meist kommt es hierbei zu einer Querfraktur von Manubrium oder Corpus. Selten kann jedoch auch eine Abrissfraktur des Manubriums oder des Processus xiphoideus beobachtet werden. Möglicher indirekter Verletzungsmechanismus ist eine forcierte Flexion oder Extension, wie sie beispielsweise bei einer extremen Biegebelastung der oberen Körperhälfte auftreten kann.

Merke

Hauptursache für eine Sternumfraktur ist bei Erwachsenen die direkte und bei Kindern die indirekte Gewalteinwirkung.

In Ausnahmefällen kann es, wie bei Rippenfrakturen auch, zu Insuffizienzfrakturen, wie beispielsweise bei Osteoporose, oder zu Stressfrakturen, wie etwa bei Kraftsportlern durch deren repetitives Training, kommen.

Cave

Axilläre oder posteriore Rippenreihenfrakturen sowie Sternumfrakturen von Kindern sind bei leerer Anamnese hoch verdächtig für eine Misshandlung. Eine Reanimation führt nie zu posterioren Rippenfrakturen.

Definition und Einteilung

Rippenfraktur

Solitäre Rippenfraktur

Unter einer solitären Rippenfraktur versteht man den Bruch einer einzelnen Rippe im knöchernen (häufig) oder knorpeligen Anteil (selten). Einen Sonderfall stellt die Rippenstückfraktur dar, bei der eine Rippe an mehreren Stellen gleichzeitig gebrochen ist.

Rippenreihenfrakturen

Als Rippenreihenfrakturen werden Frakturen von ≥ 3 benachbarten Rippen bezeichnet.

Instabiler Thorax (Flail Chest)

Sind bei einer Rippenreihenfraktur die Rippen jeweils in 2 oder mehr Fragmenten frakturiert, spricht man von einem instabilen Thorax (Flail Chest).

Sternumfraktur

Die Frakturlinie verläuft meist als Querfraktur horizontal im Angulus sterni zwischen Manubrium sterni und Corpus sterni. Seltener liegt die Fraktur im mittleren oder unteren Drittel des Sternums.

Isolierte Sternumfraktur

Unter einer isolierten Sternumfraktur versteht man eine Sternumfraktur ohne begleitende Thoraxverletzungen, wie beispielsweise Rippenfrakturen, Herzkontusion und Hämato- oder Pneumothorax.

Manubriosternale Luxation

Die manubriosternale Luxation stellt eine Rarität dar und wird nach Dastgeer und Mikolich in 2 Typen eingeteilt:

- Beim häufigeren Typ I luxiert das Corpus sterni nach dorsal.
- Beim Typ II luxiert das Corpus sterni nach ventral.

Prädisponierend für eine manubriosternale Luxation ist eine fortgeschrittene thorakale Kyphose [5].

Symptomatik und mögliche Begleitverletzungen

Rippenfraktur

Patienten mit einfachen Rippenfrakturen beklagen häufig atemabhängige Schmerzen, welche sich beim Husten, tiefer Inspiration oder Lagewechsel noch verstärken. Zudem besteht ein lokaler Druck- und Kompressionschmerz am Brustkorb. Je nach Muskel- und Weichteilmantel kann auch eine Krepitation ertastet werden. Klinisch können Prellmarken und Hämatome auftreten.

Merke

Bei lokaler Gewalteinwirkung kann es insbesondere bei jungen Patienten auch zu Frakturen im knorpeligen Anteil der Rippen kommen, die jedoch nativ-radiologisch nicht nachweisbar sind.

Bei älteren Patienten mit Osteoporose hingegen führt häufig bereits ein geringes Anpralltrauma zu Rippenfrakturen. Differenzialdiagnostisch ist hier auch an eine pathologische Fraktur (z.B. Plasmozytom oder Metastasen bei Lungen-, Mamma- oder Prostatakarzinom) zu denken.

Rippenreihenfrakturen führen häufig durch den Verlust der mechanischen Integrität des Thorax zu einer massiven Störung der Atemmechanik mit bis zu paradoxer Atemexkursion (s. Infobox) des Thorax. Dies lässt sich bereits inspektorisch durch ein „Nachhinken“ der betroffenen Thoraxwand nachweisen.

Merke

Je weiter ventral die Frakturen lokalisiert sind, desto schwerer ist die Beeinträchtigung der Atemmechanik. Bei paravertebral gelegenen Frakturen wirkt die Schienung durch die Rückenmuskulatur stabilisierend.

DEFINITION**Paradoxe Atmung**

Inspiratorische Einziehungen und expiratorische Auswärtsbewegung der verletzten Thoraxhälfte. Durch die daraus resultierende „Pendelluft“ erhöht sich die Totraumventilation und führt zu einer Ateminsuffizienz.

Thorakale Begleitverletzungen sind häufig (► **Tab. 1**). Bei 46% der Patienten mit Rippenbruch oder Rippenserienfraktur kommt es zu einem **Pneumothorax**, bei ca. 22% zu einem **Hämatothorax**. Ein Pneumothorax tritt bei Patienten mit einem instabilen Thorax sogar bis in zu 54% der Fälle, ein Hämatothorax bei ca. 35% der Patienten auf. Verletzungen des Lungenparenchyms (z. B. aufgrund einer knöchernen Durchspießung) sind sehr selten (< 5%) [1].

Intrathorakale Begleitverletzungen (z. B. Lungenparenchym- oder Myokardläsionen, Hämatothorax, Aortenruptur) können zu relevanten Kreislaufstörungen führen. Bei Frakturen der unteren Rippen muss an intraabdominelle

Verletzungen (z. B. Milz-, Leber-, Nierenverletzung) gedacht werden.

Sternumfraktur

Das klinische Erscheinungsbild einer Sternumfraktur ist weitgehend mit dem der Rippenfraktur vergleichbar und umfasst neben atemabhängigen Schmerzen meist ein lokales Hämatom, eine druckschmerzhafte Schwellung sowie häufig eine tastbare Krepitation.

Zwei Drittel der Sternumfrakturen sind mit Begleitverletzungen assoziiert, welche mit einer erhöhten Mortalität von 25–45% einhergehen und in 3 Kategorien aufgeteilt werden können [6]:

- Verletzungen intrathorakaler Strukturen,
- Verletzungen der Brustwand,
- Verletzungen anderer Körperregionen (z. B. Schädel, Halswirbelsäule, Extremitäten).

Verletzungen der intrathorakalen Strukturen beinhalten unter anderem

- Aortendissektion,
- Pneumo- und Hämatothorax,
- Herzbeutel-tamponade,
- Lungen- und Herzkontusion sowie

► **Tab. 1** Klinisches Erscheinungsbild möglicher Begleitverletzungen [6].

Begleitverletzung	Klinik
Spannungs-pneumothorax	Schock Halsveneneinflussstauung mediastinale Verschiebung abgeschwächtes oder aufgehobenes Atemgeräusch hypersonorer Klopfeschall
Hämatothorax	Schock mediastinale Verschiebung abgeschwächtes Atemgeräusch tympaner Klopfeschall
Herzbeutel-tamponade	Schock Dys- und Tachypnoe Pulsus paradoxus Beck's Triad (Hypotonie, Halsveneneinflussstauung, abgeschwächte Herztöne) Kussmaul-Zeichen
Lungenkontusion	Dys- und Tachypnoe Zyanose abgeschwächtes Atemgeräusch
Herzkontusion	lokale Ekchymose Herzrhythmusstörungen Hypotonie
sternoklavikuläre Luxation	bewegungsabhängige Schulterschmerzen anterior–inferiore Fehlstellung der ipsilateralen Schulter

► **Tab. 2** Inzidenz der Begleitverletzungen von Sternumfrakturen [7].

Verletzung	Inzidenz
Knöcherne Läsionen	
Klavikula	5,2%
1. oder 2. Rippe	5,9%
3.–12. Rippe	21,3%
Halswirbelsäule	2,2%
Brustwirbelsäule	4,8%
Lendenwirbelsäule	3,3%
Becken	2,2%
Extremitäten	16,9%
Schädel	3,7%
sternoklavikuläre Luxation	8,5–11,8%
Weichteilverletzungen	
pulmonale Läsionen	
Pneumothorax	3,3%
Hämatothorax	5,9%
Lungenkontusion	3,7%
Schädel-Hirn-Trauma	20,6%
abdominale Läsionen	3,3%
Herzkontusion	2,5–21%

- abdominelle Verletzungen und Läsionen des Zwerchfells.
- Zu Verletzungen der Brustwand werden Rippenfrakturen sowie sternoklavikuläre Luxationen gezählt (► Tab. 2).

Merke

Es besteht eine direkte Korrelation zwischen Dislokationsgrad der Sternumfraktur und der Häufigkeit pulmonaler Läsionen, eines Perikardergusses und Brustwirbelkörperfrakturen.

Bei Diagnose einer Sternumfraktur muss des Weiteren zwingend eine Verletzung der Brustwirbelsäule ausgeschlossen werden, da wiederholt gezeigt werden konnte, dass das Vorhandensein einer Sternumfraktur ein Indikator für eine instabile Brustwirbelsäulenverletzung, vor allem A3-, A4- sowie B- und C-Verletzungen (AO-Spine-Klassifikation), ist (► Abb. 4). Verlaufen die Sternumfraktur und Brustwirbelsäulenverletzung auf gleicher Höhe, ist die Wahrscheinlichkeit einer C-Verletzung der Wirbelsäule deutlich erhöht [8].

Bei Verletzungen des Thorax kann es durch den Druck auf die retrosternalen Strukturen oder durch die Dislokation der Sternumfraktur selbst – aufgrund der Lage des Herzens im vorderen Mediastinum – zur Quetschung des

Herzens zwischen Sternum und Wirbelsäule kommen. Dabei können Herzstrukturen verletzt oder aufgrund eines Reentry-Mechanismus Herzrhythmusstörungen ausgelöst werden.

Die vulnerabelste Phase für Verletzungen des Herzens bildet das Ende der Diastole mit vollgefülltem Herzen. Durch die intrakardiale Druckerhöhung reißt bevorzugt die dünne rechte Vorhofwand und seltener die beiden dicken Ventrikelwände. Beim Nachweis einer Sternumfraktur ist der Ausschluss einer Herzkontusion (Contusio cordis) obligat. Wichtiges klinisches Zeichen ist der atemunabhängige präkordiale Schmerz. Mit zunehmender kardialer Schädigung treten Zeichen eines akuten Links- oder Rechtsherzversagens bis hin zum kardiogenen Schock in den Vordergrund.

Cave

Lebensbedrohliche kardiale Arrhythmien können trotz initial unauffälligem EKG auch noch Tage später auftreten.

Diagnostisches Vorgehen

Aufgrund der gegebenenfalls schwerwiegenden Verletzungen nach einem Thoraxtrauma sollte die Diagnostik entsprechend der ATLS®-Richtlinien (Advanced Trauma Life Support) erfolgen.

Klinische Untersuchung

Auf die Anamnese zum Unfallhergang und der Symptomatik folgt die klinische Untersuchung. Diese beinhaltet sowohl bei V. a. Rippen- als auch Sternumfrakturen in erste Linie die in der Infobox zusammengefassten Untersuchungen.

► **Abb. 4** Computertomografische Darstellung einer deutlich dislozierten mehrfragmentären Sternumfraktur mit begleitender BWK-II/III-Luxationsfraktur und einhergehender Paraplegie bei einem 53-jährigen Dachdecker nach Sturz aus 8 Metern Höhe.

PRAXIS

Klinische Untersuchung

- Inspektion
 - Hämatome
 - Prellmarken
 - Deformität
 - Hautkolorit
- Auskultation der Lunge und des Herzens
- Perkussion und Palpation des Thorax
 - Druck- oder Kompressionsschmerz
 - Stabilität der Brustwand
 - Krepitation
 - Emphysem

FALLBEISPIEL**Fall 1: Operativ stabilisierte Rippenserienfraktur****Anamnese und Diagnostik**

Eine 48-jährige Frau prallte beim Rodeln mit dem linken Brustkorb bei hoher Geschwindigkeit gegen einen Baum. Die wache Patientin klagte unmittelbar darauf über starke, linksthorakale Schmerzen und Dyspnoe. Die klinische Untersuchung ergab einen starken Druckschmerz am linken Thorax mit vesikulärem, aber leicht abgeschwächtem Atemgeräusch. In der CT-Polytraumadiagnostik zeigte sich eine mehrfragmentäre Rippenserienfraktur 2–8 links mit kleinem Pneumothorax (► Abb. 5).

► **Abb. 5** Fall 1. Präoperative computertomografische Darstellung des Thorax mit gut erkennbarer Rippenserienfraktur links mit umgebender Einblutung (s. Pfeil). Der kleine Pneumothorax lässt sich bei dieser Fensterung nur erahnen.

- a CT koronar.
b CT axial.

Bildgebende Diagnostik**Konventionelle Röntgendiagnostik**

Anschließend erfolgt die radiologische Diagnostik mit Röntgenaufnahme des Thorax in 2 Ebenen, idealerweise im Stehen. Ergänzend kann eine gezielte Aufnahme des knöchernen Hemithorax in 2 Ebenen angefertigt werden. Neben den knöchernen Strukturen müssen auch der Pleuraraum zum Ausschluss eines Pneumo- oder Hämatothorax, das Mediastinum (Emphysem) und das Zwerchfell kritisch beurteilt werden. Freie subphrenische Luft kann ein Hinweis auf eine abdominelle Verletzung sein.

Cave

Ein unauffälliger initialer Röntgenthorax schließt eine Rippenfraktur nicht sicher aus. Oft ist die Rippenfraktur erst Wochen nach dem Trauma durch die Kallusbildung im Röntgenbild erkennbar.

PRAXIS**Differenzialdiagnose Mediastinalverbreiterung im Röntgenthorax**

- Sternumfraktur
- Brustwirbelkörperfraktur
- mediastinales Hämatom
- Aortenruptur
- Perikarderguss
- tracheobronchiale Verletzungen
- Röntgenaufnahme in Rückenlage mit erhöhtem Oberkörper

► **Abb. 6** Konventionell-radiologische Verlaufskontrolle einer Sternumfraktur im Bereich des Angulus sterni bei einem 22-jährigen Patienten nach Sturz vom Baugerüst. Die Frakturdislokation ist in der seitlichen Aufnahme des Brustbeins gut zu erkennen.

Wichtig in der Diagnostik von Sternumfrakturen ist zusätzlich zur Röntgenaufnahme des Thorax in 2 Ebenen die seitliche Aufnahme des Brustbeins (Brustbeinspezialaufnahme), da die Frakturdislokation hauptsächlich in sagittaler Ebene auftritt (► **Abb. 6**).

Aufgrund der häufigen Koinzidenz von Sternumfrakturen und Brustwirbelsäulenverletzungen ist darüber hinaus eine konventionell-radiologische Darstellung der Brustwirbelsäule in 2 Ebenen zwingend erforderlich [8].

Sonografie

Insbesondere bei äußerer Gewalteinwirkung ist die ergänzende diagnostische Ultraschalluntersuchung als primäre Screening-Methode im Sinne eines eFAST (extended focused Assessment with Sonography for Trauma) wichtig. Bei Verdacht auf eine Herzverletzung sollte sich dann eine einfache interkostale oder subxiphoidale Ultraschalluntersuchung – vor EKG, Röntgen, CT und Echokardiografie – anschließen.

Bei Frakturen der 9.–12. Rippe sollte zum Ausschluss abdomineller Verletzungen routinemäßig eine differenzierte Ultraschalluntersuchung des Abdomens erfolgen.

Aufgrund der oberflächlichen Lage des Sternums ist insbesondere bei unklarem Ergebnis der konventionell-radiologischen Diagnostik die sonografische Darstellung des Sternums (5–12-MHz Linearschallkopf) sehr nützlich. Kortikalisunterbrechungen sind gut darstellbar (► **Abb. 7**). Vor allem bei gering dislozierten kindlichen Sternumfrakturen ist die Sensitivität und Spezifität dem konventionellen Röntgenthorax überlegen, da sich die Auswertung der Röntgenbilder aufgrund der großen Bandbreite in Anzahl und Lage der ossifizierenden Knochenkerne anspruchsvoll gestaltet [9].

Computertomografie

Bei größerer Gewalteinwirkung oder Hochrasanztrauma ist die Computertomografie des Thorax die entscheidende bildgebende Diagnostik. Sie erlaubt die exakte Darstellung der Sternum- (► **Abb. 8**) und Rippenfrakturen (► **Abb. 9**) sowie deren intrathorakale Ausdehnung. Zudem können thorakale und abdominelle Begleitverletzungen detektiert werden [6]. Bei den meist horizontal verlaufenden Sternumfrakturen muss jedoch berücksichtigt werden, dass, je nach Schichtdicke der CT-Untersuchung, solche Querfrakturen gelegentlich nicht dargestellt werden können.

PRAXISTIPP

Frakturen der 1. und 2. Rippe weisen auf eine enorme Krafteinwirkung hin. Hier müssen Begleitverletzungen, v. a. auch Gefäß- (A. und V. subclavia, Truncus brachiocephalicus) und Nervenverletzungen (Plexus brachialis), ausgeschlossen werden.

Aufgrund der oben beschriebenen Koinzidenz von Sternum- und Brustwirbelkörperfrakturen und der in der konventionellen Röntgendiagnostik oft schwer zu beurteilenden Brustwirbelsäule sollte hier zur Vermeidung von Folgeschäden, wie beispielsweise eines sensomotorischen Defizits, die Indikation zur CT-Untersuchung der BWS weit gestellt werden.

► **Abb. 7** Sonografische Darstellung einer Sternumfraktur bei einer 78-jährigen Patientin mit Plasmozytom und Osteoporose. Im Längsschnitt sind die Unterbrechung der Kortikalis und der Bruchspalt gut sichtbar. Quelle: Görg C. Rippen-/Sternumfrakturen. In: Schmidt G, Greiner L, Nürnberg D, Hrsg. Sonografische Differenzialdiagnose. 3., korrigierte Auflage. 2013. doi:10.1055/b-004-134440

► **Abb. 8** Computertomografische sagittale Darstellung einer Sternumfraktur bei einer 60-jährigen Pkw-Fahrerin nach Frontalzusammenstoß.

► **Abb. 9** 3-D-Rekonstruktion der computertomografischen Darstellung einer dislozierten mehrfragmentären Rippenserienfraktur eines 52-jährigen Fahrradfahrers nach Kollision mit einem Pkw. a) Präoperative CT. b) Postoperative CT.

FALLBEISPIEL

Fall 1: Operativ stabilisierte Rippenserienfraktur

Therapie

Bei tolerabler pulmonaler Funktion und Schmerzsituation erfolgte nach Anlage einer Thoraxdrainage der zunächst konservative Therapieversuch mit nichtinvasiver Maskenbeatmung unter intensivmedizinischer Überwachung. Bei adäquater Analgesie konnte die Patientin 4 Tage nach dem Unfall zur weiteren intensiven Atemgymnastik auf die Normalstation verlegt werden. Im weiteren Verlauf klagte die Patientin jedoch über wieder zunehmende, atemabhängige Schmerzen am linken Thorax. In den radiologischen Verlaufskontrollen des Thorax zeigten sich eine zunehmende Ergussbildung sowie eine erneute Ausbildung eines Pneumothorax.

Aufgrund der anhaltend starken Symptomatik mit thorakaler Deformität, Ergussbildung und Re-Pneumothorax erfolgte nach frustraner konservativer Therapie über 2 Wochen die sekundäre operative Stabilisierung des linken Thorax mit Osteosynthese der 2.–4. Rippe unter videoassistierter Thorakoskopie (VATS) in Single-Port-Technik (► **Abb. 10**).

Verlauf

Postoperativ wurde die Patientin zur Überwachung auf die Intensivstation übernommen und konnte nach Entfernung der Thoraxdrainage (2. postoperativer Tag) am 3. postoperativen Tag auf die Normalstation zurückverlegt werden. Radiologische Verlaufskontrollen ergaben keinen Hinweis auf einen Pneumothorax oder Pleuraerguss bei noch leichter Transparenzminderung. Bei rasch rückläufiger Beschwerdesymptomatik und täglicher intensiver Atemgymnastik konnte die Patientin nach Fadenzug in ihr häusliches Umfeld entlassen werden.

► **Abb. 10** Fall 1. **a** Intraoperative Thorakoskopiebilder der Reposition der thorakalen Deformierung mit einem Wechselstab. **b** Intrathorakales Abschlussbild nach Osteosynthese. Die Vorwölbung der Schraubenköpfe ist erkennbar (Pfeil). **c** Strahlengang a.–p. **d** Seitlicher Strahlengang.

Adjuvante Diagnostik

Ein 12-Kanal-EKG und die Bestimmung von Herzenzymen (Troponin T und I, CK-MB) sowohl initial als auch 6 Stunden nach dem Unfall sind zur Abklärung einer Begleitverletzung des Herzens bei Sternumfrakturen und Frakturen mehrerer Rippen erforderlich. Die Veränderungen im EKG sind hierbei unspezifisch und reichen von Schmalcomplextachykardie, ST-Streckenhebung, verlängerter QT-Zeit bis zum Kammerflattern und -flimmern. Die laborchemische Verlaufskontrolle ist insofern von Bedeutung, da Patienten, die keinen Anstieg des Troponin I über das 3-Fache zeigten, auch in den folgenden 7 Tagen keine hämodynamisch relevanten Herzrhythmusstörungen erlitten [10].

Merke

Mittel der Wahl zur Diagnose einer Herzverletzung ist die Echokardiografie.

DIAGNOSTIK

Echokardiografische Befunde bei akuter Herzkontusion

- Perikarderguss
- regionale Wandbewegungsstörungen
- Herzklappenläsionen
- Ventrikelseptumdefekt
- Vergrößerung des rechten und linken Ventrikels
- intrakardialer Thrombus

Je nach klinischem Erscheinungsbild des Patienten bietet sich darüber hinaus die unkomplizierte Bestimmung der Sauerstoffsättigung mittels Pulsoxymetrie an.

Bei Verletzungen der 9.–12. Rippe sollte darüber hinaus eine standardmäßige Urinuntersuchung, etwa auf das vermehrte Vorhandensein von Erythrozyten im Urin, zum Ausschluss einer Begleitverletzung der Nieren durchgeführt werden.

Differenzialdiagnostik

Differenzialdiagnostisch ist nach Trauma eine Rippen- oder Brustbeinprellung ohne Frakturachweis möglich. Zudem müssen bei Frakturausschluss folgende Verletzungen ausgeschlossen werden:

- ein akutes Koronarsyndrom,
- eine Lungenembolie,
- ein Spannungspneumothorax,
- ein Aneurysma,
- Gefäßverletzungen (Aortenruptur) oder
- Ösophaguskrankungen.

Therapeutisches Vorgehen bei Sternumfrakturen

Therapieziele und Algorithmus

Merke

Bei Vorhandensein von Begleitverletzungen steht meist deren Behandlung – einhergehend mit einer stationären Überwachung und Therapie – im Vordergrund.

Isolierte Sternumfrakturen werden in der Regel konservativ behandelt. Primäres Ziel bei Patienten mit isolierten Sternumfrakturen sind die suffiziente Analgesie, u. a. zur Vermeidung einer Schonatmung mit gegebenenfalls resultierender Pneumonie, sowie die passagere stationäre Überwachung dieser Patienten hinsichtlich des Risikos der Entwicklung von etwa Herzrhythmusstörungen im Verlauf. Der in ► **Abb. 11** dargestellte Algorithmus hat sich hierbei als nützlich erwiesen [12].

Patienten mit einer isolierten Sternumfraktur ohne Begleitverletzungen oder relevante Nebenerkrankungen, bei denen EKG, Herzenzyme sowie Echokardiografie sowohl initial als auch nach weiteren 6 Stunden unauffällig verbleiben, können – soweit eine orale Analgesie ausreichend ist – in die ambulante Weiterbehandlung entlassen werden. Im Zweifelsfall sollte immer die Entscheidung für eine mindestens 24-stündige stationäre Überwachung getroffen werden.

Die Entlassung aus der stationären Überwachung ist nach Erfüllung folgender Kriterien in Betracht zu ziehen:

- unauffälliger Befund hinsichtlich Röntgenthorax, EKG und Echokardiografie,
- Herzenzyme im Normbereich,
- suffiziente Analgesie.

Konservative Therapie

Die Behandlung von isolierten Sternumfrakturen ist eine Domäne der konservativen Therapie durch Schonung des Patienten begleitet von intensiver Atemgymnastik unter physiotherapeutischer Anleitung.

Die suffiziente Analgesie gemäß dem WHO-Stufenschema zur Schmerztherapie steht im Vordergrund. Die Patienten sollten jedoch frühzeitig auf die oft langanhaltende Schmerzsymptomatik hingewiesen werden, welche in einer relativ langen Zeitspanne von durchschnittlich 11 Wochen notwendiger oraler Analgetikatherapie resultiert [13].

► **Tab. 3** Begleitverletzungen bei Rippen- und Sternumfrakturen [11].

mögliche Begleitverletzungen	diagnostisches Vorgehen
Alle Lokalisationen	
Pneumo- und Hämatothorax Lungenkontusion/-läsion Pneumomediastinum	Sonografie, Röntgenthorax, CT
Herzkontusion/-läsion	Labor (Herzenzyme), EKG, Echokardiografie
1.–3. Rippe	
Läsion der A. und/oder V. subclavia Läsion des Truncus brachiocephalicus	Angiografie bei abgeschwächtem/aufgehobenem A.-radialis-Puls
Läsion der Aorta	Röntgenthorax (verbreitertes Mediastinum), CT
Läsion von Trachea und/oder Bronchus	Bronchoskopie
Läsion des Plexus brachialis	differenzierte neurologische Untersuchung
kaudale Rippen	
Läsion von Leber, Milz, Nieren und/oder Zwerchfell	Sonografie, CT
Sternum	
Herzkontusion	Labor (Herzenzyme), EKG, Echokardiografie
Verletzung der Brustwirbelsäule	Röntgen der BWS, CT

Operative Therapie

Nur bei stark dislozierten Frakturen, einer schweren partiellen Sternumimpression oder massiver Schmerzsymptomatik einhergehend mit respiratorischer Insuffizienz über eine erwartete Dauer von 2–8 Wochen ist die Indikation zur zeitnahen operativen Stabilisierung geben. Eine weitere OP-Indikation stellen Sternumpseudarthrosen verbunden mit deutlicher Instabilität des Thorax oder verbliebener, starker Deformität des Brustbeins dar. Insgesamt ist jedoch bei nur etwa 6% aller Sternumfrakturen eine operative Stabilisierung notwendig [4].

HINTERGRUNDWISSEN

Erstmals wurde 1943 von McKim die operative Stabilisierung einer Sternumfraktur unter Zuhilfenahme zweier in axialer Richtung perkutan eingebrachter Kirschner-Drähte durchgeführt [4].

Mögliche Stabilisierungsoptionen sind Platten- oder Zuggurtungsosteosynthesen, wobei sich in der Literatur keine Hinweise auf die klinische Überlegenheit eines der Verfahren finden und sowohl nach Platten- als auch Zuggurtungsosteosynthese ein gutes Ergebnis angegeben wird. Biomechanische Analysen konnten jedoch zeigen, dass die Plattenosteosynthese das stabilere Verfahren darstellt [4]. Generell sollte vor operativer Stabilisierung die Computertomografische Darstellung des Thorax zur OP-Planung und Ausschluss weiterer Pathologien erfolgen [14]. Als Anästhesieverfahren bietet sich die Vollnarkose an.

PRAXISTIPP

Die Arme des Patienten sollten in Rückenlage nicht am Körperstamm angelagert werden, da dies die ggf. notwendige intraoperative Anlage einer Thoraxdrainage stark erschwert.

Zuggurtungsosteosynthese

Nach longitudinaler Hautinzision entlang der Mittellinie und scharfer Präparation in die Tiefe durch den M. pectoralis major folgt die subperiostale Darstellung der Frakturzone. Nach weiterer retrosternaler Präparation und bilateraler Freilegung der Interkostalräume unter Schonung der A. thoracica interna schließt sich die offene Reposition und Stabilisierung der Frakturzone mit ein oder zwei U-förmig bzw. X-förmig verlaufenden Drähten durch die komplette Breite des Sternums an [15] (► Abb. 12).

Plattenosteosynthese

Nach mindestens 6 cm langer, longitudinaler Hautinzision entlang der Mittellinie und scharfer Präparation in die Tiefe durch den M. pectoralis major folgt die Darstellung der Frakturzone und des geplanten Plattenlagers. Dem schließt sich nach offener Reposition die Fixierung der Platte mit winkelstabilen, biokortikalen Schrauben an. Wichtig hierbei ist, aufgrund der geringen Distanz zu

den retrosternalen Strukturen auf eine exakte Bohr- und Schraubenlänge zu achten.

Sowohl bei der Zuggurtungs- als auch Plattenosteosynthese ist eine routinemäßige Implantatentfernung nicht notwendig.

Therapeutisches Vorgehen bei Rippenfrakturen

Das therapeutische Vorgehen richtet sich nach Ausmaß der Rippenfraktur(en) und der klinischen Symptomatik.

Konservative Therapie

Solitäre Rippenfrakturen werden symptomatisch und in aller Regel ambulant behandelt. Eine ausreichende Schmerztherapie, Atemübungen und Dämpfung eines bestehenden Hustenreizes sind von entscheidender Bedeutung [16]. Wichtig ist es, den Patienten über eine auch sekundär noch auftretende Verschlechterung der Atemsituation aufzuklären. Bei zunehmender Dyspnoe oder Schmerzzunahme ist eine sofortige klinische und radiologische Verlaufskontrolle zum Ausschluss möglicher zweizeitig aufgetretener Begleitverletzungen, wie etwa eines Pneumothorax, erforderlich.

Eine Stabilisierung durch äußere Verbände, wie etwa Dachziegelverband, sollte nicht mehr angewandt werden, da diese nur die Sekretolyse und die Ventilation erschweren.

Bei Rippenserienfrakturen sind häufig hoch dosierte Analgetika unter stationärer Überwachung erforderlich. Ergänzend kann in schweren Fällen unter intensivmedizinischer Überwachung auch die Anlage einer interkostalen Leistungsanästhesie zur Applikation eines Lokalanästhetikums erfolgen. Eine begleitende intensive physikalische Therapie mit Atemgymnastik, Sekretlösung, ggf. Lagerungstherapie und Frühmobilisation ist essenziell, um möglichen Komplikationen vorzubeugen.

Grundsätzlich sollte die Aufrechterhaltung einer Spontanatmung angestrebt werden, da hierbei im Vergleich zur invasiven Beatmung ein geringeres Risiko von bronchopulmonalen Infekten besteht [17]. Bei respiratorischer Insuffizienz (s. Übersicht) kann eine Respiratorbehandlung mit Überdruckbeatmung erforderlich werden, welche die schmerzbedingte Hypoventilation aufhebt, die imprimierten Rippen in eine günstige Stellung hebt und somit die Thoraxwand stabilisiert [18].

Cave

Bei invasiver Beatmung und Rippenfrakturen mit gleichzeitigem Pneumothorax besteht die Gefahr eines Spannungspneumothorax. In diesen Fällen muss eine Thoraxdrainage gelegt werden.

► **Abb. 12** Operative Stabilisierung einer Sternumfraktur mit Plattenosteosynthese und Cerclage.

a Seitlicher Strahlengang.

b Strahlengang a.–p.

FALLBEISPIEL

Fall 2: Konservativ behandelte Rippenfraktur mit Pneumothorax

Anamnese und Diagnostik

Ein 77-jähriger Patient stürzte bei Eisglätte auf den linken Brustkorb. Aufgrund starker Schmerzen und Dyspnoe folgte die initiale notärztliche Behandlung, wobei sich ein abgeschwächtes Atemgeräusch links, eine Raumluftsättigung mit S_pO_2 von 91 % sowie palpatorisch ein ausgeprägtes Hautemphysem im Bereich der linken Thoraxhälfte zeigte.

Nach Zuverlegung in die Klinik ergab die weiterführende Diagnostik mit Röntgen des Thorax und des Hemithorax links in jeweils 2 Ebenen einen Pneumothorax links mit Hautemphysem sowie Frakturen der 6. und 7. Rippe links (► Abb. 13).

Bewertende Stellungnahme

Dieses Fallbeispiel zeigt eindrücklich den Stellenwert einer ergänzenden, gezielten Röntgenaufnahme des Hemithorax in 2 Ebenen, da in diesen Aufnahmen die Frakturen der 6. und 7. Rippe erst richtig zur Darstellung kommen. Eine Röntgenthoraxaufnahme ist dennoch zwingend erforderlich, um einen möglichen Pneumothorax zu detektieren.

► **Abb. 13** Fall 2. Röntgenbilder des Thorax a.–p. und des Hemithorax links in 2 Ebenen vom Unfalltag.

a Röntgenthorax, Strahlengang a.–p. Der Pneumothorax ist im Röntgenthorax gut (s. Pfeil), die Rippenfrakturen sind kaum zu sehen (s. Fragezeichen).

b Strahlengang a.–p. Der Hemithorax links zeigt deutlich die Rippenfrakturen 6 und 7 (Kreise) sowie nebenbefundlich eine alte, kallös konsolidierte Fraktur der 10. Rippe links (Stern).

c Strahlengang 45° schräg.

PRAXIS

Intubationsindikation bei sich entwickelnder respiratorischer Insuffizienz

- zunehmende klinische Erschöpfung
- Atemfrequenz < 10 oder $> 29/\text{min}$
- $p_aCO_2 > 55 \text{ mmHg}$ bei $F_iO_2 > 0,5$
- $p_aO_2 < 60 \text{ mmHg}$ bei $F_iO_2 > 0,5$
- Horovitz-Quotient < 200
- Vitalkapazität $< 15 \text{ ml/kg}$
- $FEV_1 < 10 \text{ ml/kg}$

(nach [19])

Operative Therapie

Um eine (längere) invasive Beatmung zu vermeiden und den Intensivaufenthalt zu verkürzen, kann bei einem instabilen Thorax auch eine osteosynthetische Stabilisierung der Rippenfrakturen angestrebt werden [20,21]. Belastbare Daten in der Literatur existieren hierzu aktuell jedoch nicht, aus Sicht und Erfahrung der Autoren profitiert diese Patientengruppe jedoch deutlich von einer zeitnahen operativen Stabilisierung.

Gemäß der aktuellen Polytrauma-S3-Leitlinie sowie der Arbeit von Nirula et al. [22] besteht die Indikation zur operativen Stabilisierung bei den in der Infobox zusammengefassten Indikationen.

FALLBEISPIEL**Fall 2: Konservativ behandelte Rippenfraktur mit Pneumothorax****Therapie**

Nach sofortiger Anlage einer Thoraxdrainage links (► **Abb. 14a**) folgte die weitere stationäre Überwachung zunächst auf der Intensivstation. Bei rückläufigem Hautemphysem und stabiler pulmonaler Situation konnte der Patient am zweiten Tag in schmerzkompensiertem Zustand auf die Normalstation verlegt werden.

In den radiologischen Kontrollen zeigte sich nach Entfernung der Thoraxdrainage weiterhin eine regelrecht entfaltete Lunge bei noch leichtem, jedoch rückläufigem Pleuraerguss (► **Abb. 14b**). Nach täglicher Atemgymnastik konnte der Patient eine Woche nach dem Unfall in die ambulante Weiterbehandlung entlassen werden.

► **Abb. 14** Fall 2.

a Röntgenthoraxaufnahme nach Einlage einer Thoraxdrainage links.

b Eine Röntgenverlaufskontrolle nach zwischenzeitlich entfernter Thoraxdrainage zeigt die weiterhin regelrecht entfaltete Lunge ohne verbliebenen Pneumothorax bei noch bestehendem Pleuraerguss.

THERAPIE**Indikation zur operativen Stabilisierung von Rippenfrakturen**

- instabiler Thorax mit
 - drohender respiratorischer Erschöpfung
 - Weaning-Versagen oder
 - paradoxer Atemmobilität beim Weaning
- Brustwanddeformität mit (drohender) Lungenverletzung
- prolongierte Schmerzen nach frustraner konservativer Therapie
- symptomatische Pseudarthrose
- notwendige Thorakotomie und gleichzeitig bestehende dislozierte Rippenfrakturen (nach S3-Leitlinie Polytrauma und [22])

Hierfür stehen unterschiedliche Fixationssysteme zur Verfügung. Neben intramedullären Nägeln oder rippenumgreifenden Klammersystemen stellen winkelstabile Platten die Methode der 1. Wahl dar. Soweit möglich, sollte die operative Stabilisierung innerhalb der erst 3 Tage nach dem Trauma erfolgen. Die Osteosynthese erfolgt in aller Regel offen, wobei diese durch eine videoassistierte Thorakoskopie („Video assisted thoracoscopic Surgery“, VATS; s. Infobox) unterstützt werden kann. Diese ermöglicht, insbesondere über einen einzelnen dorsalen Zugang (Single-Port-Technik), die genaue Beurteilung intrathorakaler Verletzungen sowie eine gezielte Therapie wie etwa das Ausspülen eines Hämatothorax, die Blutstillung sowie die Übernähung oder Resektion von Lungenlazerationen. Gleichzeitig erleichtert sie die Reposition der imprimierten Rippenfrakturen.

PRAXIS

OP-Ablauf der Video assisted thoracoscopic Surgery (VATS)

- Bei separater Beatmung der betroffenen Lungen-
seite über einen Doppellumentubus und Seiten-
lagerung des Patienten erfolgt die Anlage eines
Thorakoskopieportals an der dorsalen betroffenen
Thoraxseite und die thorakoskopische Exploration
des Pleuraraums.
- Je nach Schweregrad der thorakalen Deformierung
kann die Reposition der Rippen mit einem Wech-
selstab erfolgen.
- Entsprechend einer anterolateralen Thorakotomie
folgen dann die Hautinzision über den betroffenen
Rippen und die osteosynthetische Stabilisierung
mit winkelstabiler Platte unter thorakoskopischer
Kontrolle. Auf eine korrekte Schraubenlänge ist
hierbei zu achten.
- Abschließend Ausspülen des Hämatothorax und
Einlage einer Thoraxdrainage über das Thorako-
skopieportal.
- Die kontrollierte Entfaltung der Lunge sollte noch
unter Sicht erfolgen.

Im Fall einer ipsilateralen Klavikulafraktur bietet es sich darüber hinaus an, diese ebenfalls zeitnah operativ zu stabilisieren, um eine zusätzliche Beeinträchtigung der auxiliären Atemmuskulatur zu vermeiden.

Komplikationen

Frühkomplikationen

Der Verlust der mechanischen Integrität des Brustkorbs kann zu einer paradoxen Bewegung des Thorax und damit zu einer insuffizienten Belüftung, Ausbildung von Atelektasen bis hin zum pulmonalen Versagen führen. Pulmonale Belüftungsstörungen erhöhen das Risiko für Pneumonien [23].

Bei operativ stabilisierten Sternumfrakturen ist ein persistierender Druckschmerz über dem Osteosynthesematerial häufig.

Sehr selten, jedoch mit einer Mortalität von bis zu 30% verbunden, ist eine postoperative Sternumosteomyelitis, welche sich durch die anatomischen Gegebenheiten rasch zu einer fulminanten Mediastinitis entwickeln kann. Therapie der Wahl stellt daher das sofortige, radikale, meist mehrfache Débridement bis zur Infektberuhigung dar. Im Anschluss daran ist häufig eine plastische Defektdeckung mit beispielsweise ein- oder beidseitigem M.-pectoralis-Lappen oder myokutanem gestieltem M.-latissimus-dorsi-Lappen notwendig [24].

FALLBEISPIEL

Fall 3: Operative Revision einer Sternumpseudarthrose

Anamnese und Diagnostik

Ein 60-jähriger Bauarbeiter zog sich bei einem Sturzereignis ein Thoraxtrauma mit Sternum- und Rippenfraktur zu, woraufhin die konservativ analgetische Therapie initiiert wurde. Bei jedoch auch noch nach 9 Monaten anhaltenden, atemabhängigen Brustschmerzen und andauernder Krepitation über dem Brustbein folgte die computertomografische Darstellung des Thorax mit Diagnose einer Sternumpseudarthrose (► Abb. 15).

► **Abb. 15** Fall 3. Präoperative computertomografische Darstellung des Sternums mit gut erkennbarer Pseudarthrosenzone.
a Sagittale Schnittebene.
b 3-D-Rekonstruktion.

Spätkomplikationen

Bei der sehr selten ausbleibenden knöchernen Konsolidierung einer Sternumfraktur kann sich eine meist störende Pseudarthrose ausbilden (s. Fall 3). Diese stellt die Indikation zur operativen Revision mit Pseudarthrosenresektion und Plattenosteosynthese dar. Bewährt haben sich hierbei winkelstabile Plattensysteme.

Prognose

Merke

Grundsätzlich sind Begleitverletzungen meist schwerwiegender als die Sternum- oder Rippenfraktur selbst, weshalb die Begleitverletzungen die Prognose bestimmen.

Sternumfrakturen sind in der Regel nach 6–8 Wochen knöchern verheilt, und die Patienten berichten nach im Mittel 10,4 Wochen über keinerlei Beschwerden mehr [13]. Nichtsdestotrotz beträgt die durchschnittliche Mor-

FALLBEISPIEL

Fall 3: Operative Revision einer Sternumpseudarthrose

Therapie

Aufgrund des deutlichen Leidensdrucks des Patienten – auch unter Berücksichtigung seiner körperlichen Tätigkeit als Bauarbeiter – wurde die Entscheidung zur operativen Revision der Sternumpseudarthrose mit Pseudarthrosenresektion, Beckenkammspaninterposition und Re-Osteosynthese mit winkelstabiler Platte (► Abb. 16) getroffen.

Der postoperative Verlauf stellte sich abgesehen von einem nicht interventionsbedürftigen Hämatom im Bereich von Sternum und Becken komplikationslos dar, sodass direkt im Anschluss an den akutstationären Aufenthalt die Rehabilitation mit mobilisierenden Maßnahmen und intensiver Atemgymnastik durchgeführt werden konnte.

Im weiteren Verlauf konnten die vollständige knöcherne Konsolidierung und Beschwerdefreiheit erzielt werden, sodass bei störendem Implantat 15 Monate nach der operativen Revision die Implantatentfernung vorgenommen wurde.

► **Abb. 16** Fall 3. Postoperative Röntgenbilder nach operativer Revision der Sternumpseudarthrose und Re-Osteosynthese mit winkelstabilem Plattensystem.

a Brustbein-Spezialaufnahme.

b Thoraxröntgen a.–p.

talitätsrate bei Sternumfrakturen vor allem aufgrund der häufig auftretenden schweren thorakalen Begleitverletzungen 0,7–19,2% [12].

Ähnlich verhält es sich bei Rippenfrakturen, wobei die Patienten häufig atemabhängige Schmerzen über mehrere Wochen beklagen. Mit einer knöchernen Konsolidierung

ist in der Regel erst nach 4–6 Wochen zu rechnen. Eine ambulante ärztliche Anbindung ist daher wichtig. Demgegenüber besteht bei einer instabilen Verletzung des Thorax (Flail Chest) eine Letalität von 20%.

Begutachtung

Solitäre Rippen- oder Sternumfrakturen spielen bei der Ermittlung der MdE (Minderung der Erwerbsfähigkeit) in der Gesetzlichen Unfallversicherung (GUV) eine untergeordnete Rolle. So werden verheilte Brüche der Rippen oder des Brustbeins ohne oder mit geringer Verschiebung und ohne begleitende Leistungsstörung mit 0% eingeschätzt. Treten jedoch beispielsweise Begleitschäden, wie eine Brustkorbinstabilität oder Rippenverformungen, mit hieraus resultierender Lungenfunktionsstörung auf, kann dies Grundlage einer MdE zwischen 20 und 60% sein.

Kernaussagen

- Die Behandlung sowohl der Rippen- als auch Sternumfrakturen richtet sich meist nach dem Auftreten und Ausmaß der thorakalen (z. B. Pneumothorax, Lungen-, Gefäßverletzung) und abdominalen (Milz-, Nieren-, Leberverletzung) Begleitverletzungen, welche zwingend ausgeschlossen werden müssen.
- Bei Sternumfrakturen sollte darüber hinaus insbesondere an Begleitverletzungen von Brustwirbelsäule und Herz gedacht werden.
- Aufgrund der gegebenenfalls schwerwiegenden Verletzungen nach einem Thoraxtrauma sollte die Diagnostik entsprechend der ATLS®-Richtlinien erfolgen und neben klinischer und radiologischer Diagnostik auch Ultraschall und EKG miteinschließen.
- Rippenreihenfrakturen mit respiratorischer Einschränkung sind eine schwerwiegende Verletzung und müssen stationär, ggf. unter intensivmedizinischen Bedingungen, überwacht werden.
- Da Sternumfrakturen in der Regel mit weiteren Begleitverletzungen einhergehen, ist eine 24-stündige stationäre Überwachung stets in Erwägung zu ziehen.
- Die Therapie der Sternum- und Rippenfrakturen ist überwiegend konservativ.
- Eine suffiziente Analgesie einhergehend mit einer Atemtherapie ist wesentlicher Bestandteil der konservativen Therapie von Rippen- und Sternumfrakturen.
- Die operative Stabilisierung von Rippenreihenfrakturen mit respiratorischen Einschränkungen nimmt einen zunehmenden Stellenwert in der Behandlung ein.

Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte vorliegen.

Autorinnen/Autoren

Simon Hackl

Dr. med., 2004–2011 Studium der Humanmedizin an der Universität Regensburg und Promotion am Lehrstuhl für Humananatomie und Embryologie. Seit 2011 Weiterbildung zum Facharzt für Orthopädie/Unfallchirurgie an der BG Unfallklinik Murnau. 2013 Medical Research

Fellowship am AO Research Institute in Davos. 2014 Zusatzbezeichnung Notfallmedizin.

Markus T. Berninger

Dr. med., 2004–2010 Studium der Humanmedizin an der TU München. 2011–2014 Weiterbildung zum Facharzt für Orthopädie/Unfallchirurgie in der Abteilung für Sportorthopädie, Klinikum rechts der Isar, TU München. 2013 Promotion. Seit 2014 in der Unfallchirurgie und

Rekonstruktiven Chirurgie an der BG Unfallklinik in Murnau beschäftigt.

Christoph Erichsen

Dr. med. univ., 2004–2009 Medizinstudium an der Paracelsus Medizinischen Privatuniversität Salzburg. Seit 2010 an der BG Unfallklinik Murnau und aktuell Weiterbildung Spezielle Unfallchirurgie. Forschungsstipendium am AO Research Institute in Davos 2013. Seit 2017

Facharzt für Orthopädie/Unfallchirurgie. Zusatzbezeichnung Notfallmedizin seit 2012; 2017 Hubschraubernotarzt ITH Christoph Murnau.

Michael Lang

Dr. med., 1989–1996 Studium der Humanmedizin an der LMU München. 1996–2002 Facharztausbildung Chirurgie an der BG Unfallklinik Murnau und Asklepios Stadtklinik Bad Tölz. 2002–2004 Schwerpunkt spezielle Viszeralchirurgie am Katharinenhospital Stuttgart.

2004–2010 Oberarzt an der Asklepios Stadtklinik Bad Tölz. Zusatzbezeichnung Proktologie, Minimal-invasive Chirurgie. Seit 2010 Schwerpunkt spezielle Unfallchirurgie an der BG Unfallklinik Murnau und aktuell Leitender Oberarzt für Allgemein- und Traumatologie.

Alexander Woltmann

Prof. Dr. med., Studium der Humanmedizin an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg und Facharztweiterbildung in der Abt. Chirurgie und Unfallchirurgie am Universitätsklinikum Lübeck. Anschließend Oberarzt an der Klinik für Chirurgie des Universitätsklinikums Lübeck.

Seit 2002 an der BG Unfallklinik Murnau und ab 2008 Leitender Arzt der Abteilung für Allgemein- und Traumatologie. Seit 2017 Stellvertretender Ärztlicher Direktor der BG Unfallklinik Murnau.

Korrespondenzadresse

Dr. med. Simon Hackl

Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau
Prof.-Küntschers-Str. 8
82418 Murnau
simon.hackl@bgu-murnau.de

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen für diesen Beitrag ist Dr. med. Simon Hackl, Murnau.

Literatur

- [1] Schulz-Drost S, Oppel P, Grupp S et al. Bony injuries of the thoracic cage in multiple trauma: Incidence, concomitant injuries, course and outcome. Unfallchirurg 2016; 119: 1023–1030
- [2] El-Menyar A, Latifi R, AbdulRahman H et al. Age and traumatic chest injury: a 3-year observational study. Eur J Trauma Emerg Surg 2013; 39: 397–403
- [3] Fichtel I, Fernandez FF, Wirth T. Sternumfraktur im Wachstumsalter. Unfallchirurg 2016; 119: 570–574
- [4] Harston A, Roberts C. Fixation of sternal fractures: a systematic review. J Trauma 2011; 71: 1875–1879
- [5] Gloyer MA, Frei HC, Hotz TZK et al. Osteosynthesis of traumatic manubriosternal dislocations and sternal fractures with a 3.5/4.0 mm fixed-angle plate (LCP). Arch Orthop Trauma Surg 2011; 131: 1261–1266
- [6] Khoriaty A, Rajakulasingam R, Shah R. Sternal fractures and their management. J Emerg Trauma Shock 2013; 6: 113–116
- [7] Brookes JG, Dunn RJ, Rogers IR. Sternal fractures: A retrospective analysis of 272 cases. J Trauma 1993; 35: 46–54
- [8] Morgenstern M, von Rüden C, Callsen H et al. The unstable thoracic cage injury: The concomitant sternal fracture indicates a severe thoracic spine fracture. Injury 2016; 47: 2465–2472
- [9] Nickson C, Rippey J. Ultrasonography of sternal fractures. Australas J Ultrasound Med 2011; 14: 6–11
- [10] Sonntag S, Kleber FX. Contusio cordis. Trauma Berufskrankh 2006; 8: 22–27
- [11] Hirner A, Weise K, Hrsg. Chirurgie. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2008
- [12] Karangelis D, Bouliaris K, Koufakis T et al. Management of isolated sternal fractures using a practical algorithm. J Emerg Trauma Shock 2014; 7: 170–173
- [13] de Oliveira M, Hassan TB, Sebewufu R et al. Long-term morbidity in patients suffering a sternal fracture following discharge from the A and E department. Injury 1998; 29: 609–612
- [14] Schulz S, Drost, Oppel P, Grupp S et al. Surgical Fixation of Sternal Fractures: Preoperative Planning and a Safe Surgical Technique Using Locked Titanium Plates and Depth Limited Drilling. J Vis Exp 2015; (95): e52124
- [15] Divisi D, Di Leonardo G, Crisci R. Surgical management of traumatic isolated sternal fracture and manubriosternal dislocation. J Trauma Acute Care Surg 2013; 75: 824–829
- [16] Lafferty PM, Anavian J, Will RE et al. Operative treatment of chest wall injuries: indications, technique, and outcomes. J Bone Joint Surg Am 2011; 93: 97–110

- [17] Gunduz M, Unlugenc H, Ozalevli M et al. A comparative study of continuous positive airway pressure (CPAP) and intermittent positive pressure ventilation (IPPV) in patients with flail chest. *Emerg Med J* 2005; 22: 325–329
- [18] Dehghan N, de Mestral C, McKee MD et al. Flail chest injuries: a review of outcomes and treatment practices from the National Trauma Data Bank. *J Trauma Acute Care Surg* 2014; 76: 462–468
- [19] Wirth CJ, Mutschler WE, Kohn D, Pohlemann T, Hrsg. *Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie*. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2013
- [20] Granetzny A, Abd El-Aal M, Emam E et al. Surgical versus conservative treatment of flail chest. Evaluation of the pulmonary status. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2005; 4: 583–587
- [21] Marasco SF, Davies AR, Cooper J et al. Prospective randomized controlled trial of operative rib fixation in traumatic flail chest. *J Am Coll Surg* 2013; 216: 924–932
- [22] Nirula R, Diaz JJ jr., Trunkey DD et al. Rib fracture repair: indications, technical issues, and future directions. *World J Surg* 2009; 33: 14–22
- [23] Fabricant L, Ham B, Mullins R et al. Prolonged pain and disability are common after rib fractures. *Am J Surg* 2013; 205: 511–515; discussion 515–516
- [24] Lippert H, Hrsg. *Wundatlas*. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2012

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0044-102023>
 Orthopädie und Unfallchirurgie 2018; 13: 571–592
 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
 ISSN 1611-7859

Punkte sammeln auf CME.thieme.de

Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für die Teilnahme verfügbar. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter cme.thieme.de/hilfe eine ausführliche Anleitung. Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

Unter eref.thieme.de/ZZYZ2IB oder über den QR-Code kommen Sie direkt zum Artikel zur Eingabe der Antworten.

VNR 2760512018154650410

Frage 1

Welche Aussage ist richtig?

- A Dorsal gelegene Rippenfrakturen beeinflussen die Atemmechanik am stärksten.
- B Rippenfrakturen können immer ambulant behandelt werden.
- C Die operative Stabilisierung von Rippenfrakturen ist obsolet.
- D Eine mechanische Reanimation führt in Regel nicht zu posterioren Rippenfrakturen.
- E Rippenfrakturen verursachen meist nur für wenige Tage klinische Symptome.

Frage 2

Eine Indikation zur operativen Stabilisierung von Rippenfrakturen besteht *nicht* bei ...

- A symptomatischen Pseudarthrosen der Rippen.
- B einer Brustwanddeformität mit drohender Lungenverletzung.
- C einem instabilen Thorax mit drohender respiratorischer Erschöpfung, Weaning-Versagen oder paradoxer Atemmobilität beim Weaning.
- D Verletzungen des knorpeligen Anteils zweier benachbarter Rippen.
- E dislozierten Rippenfrakturen im Rahmen einer Thorakotomie aufgrund persistierender thorakaler Blutung.

Frage 3

Auf eine enorme Krafteinwirkung während des Traumas weisen welche der folgenden Rippenfrakturen hin?

- A Fraktur der 1. und 2. Rippe
- B Frakturen der 3.–5. Rippe links
- C ventrale Frakturen der 6.–8. Rippe
- D dorsale Frakturen der 10. und 11. Rippe
- E Fraktur der 12. Rippe

Frage 4

Welche Aussage zur Diagnostik von Rippenfrakturen ist richtig?

- A Bei Thoraxtraumata sollte immer zuerst radiologisch eine Rippenfraktur ausgeschlossen werden, da diese die häufigste knöcherne Verletzung des Brustkorbs darstellt.
- B Eine konventionell-radiologische Darstellung des Thorax in einer Ebene ist ausreichend.
- C Bei Verletzungen der 9.–12. Rippe sollte der Urin auf das Vorhandensein von Erythrozyten untersucht werden.
- D Bei V. a. Rippenfrakturen sollte immer die computertomografische Darstellung des Thorax durchgeführt werden.
- E Bei nicht sicherem Nachweis einer Rippenfraktur in der konventionell-radiologischen Darstellung muss im nächsten Schritt die magnetresonanztomografische Darstellung des Thorax veranlasst werden.

Frage 5

Welche Gefahr muss bei Rippenfrakturen mit einhergehendem Pneumothorax vor Beginn einer erforderlichen invasiven Beatmung stets bedacht werden?

- A Die invasive Beatmung wird zu einer zunehmenden Dislokation der Rippenfrakturen führen.
- B Zusätzliche Verletzungen des Lungenparenchyms sollen unter allen Umständen verhindert werden, weshalb auch bei einer Atemfrequenz von 35/min unter einer noninvasiven Beatmung von der Intubation des Patienten abgesehen werden sollte.
- C Die Ausbildung eines Spannungspneumothorax, weshalb die Initiierung einer invasiven Beatmung bei diesen Patienten immer unter Bereitschaft zur Anlage einer Thoraxdrainage erfolgen sollte.
- D Eine intraabdominelle Druckerhöhung wird zu Läsionen der parenchymatösen Abdominalorgane führen.
- E Generell ist bei Patienten mit einzelnen Rippenfrakturen aufgrund des Pneumothorax von einer längeren Beatmungspflichtigkeit als bei Patienten mit einer instabilen Thoraxverletzung ohne einhergehendem Pneumothorax auszugehen.

► Weitere Fragen auf der folgenden Seite ...

Punkte sammeln auf CME.thieme.de

Fortsetzung...

Frage 6

Welche der folgenden knöchernen Begleitverletzungen am Körperstamm ist bei Sternumfrakturen neben Rippenfraktur am häufigsten?

- A Halswirbelkörperfrakturen
- B Brustwirbelkörperfrakturen
- C Lendenwirbelkörperfrakturen
- D Beckenfraktur
- E Klavikulafraktur

Frage 7

Nur eine der folgenden Aussagen zur Sternumfraktur ist richtig. Welche?

- A Die Sternumfraktur ist eine Domäne der operativen Therapie.
- B Negative Herzenzyme unmittelbar nach dem Trauma schließen eine begleitende Contusio cordis aus.
- C Sternumfrakturen des Erwachsenen werden in der Regel durch direkte Gewalteinwirkung auf den Brustkorb verursacht.
- D Begleitende Brustwirbelsäulenverletzungen spielen für das weitere therapeutische Vorgehen eine untergeordnete Rolle.
- E Patienten mit Sternumfrakturen sollten generell ambulant behandelt werden.

Frage 8

Bezüglich kindlicher Rippen- und Sternumfrakturen gilt welche der folgenden Aussagen?

- A Axilläre oder posteriore kindliche Rippenserienfrakturen sowie Sternumfrakturen sind bei leerer Anamnese hoch verdächtig auf eine stattgehabte Misshandlung.
- B Bei Kindern sind schwere Verletzungen der thorakalen Organe ohne begleitende Rippenfrakturen eine Rarität.
- C Ebenso wie bei Erwachsenen ist bei Kindern die Hauptursache für eine Sternumfraktur die direkte Gewalteinwirkung.
- D Frakturen im knorpeligen Anteil der Rippen treten gerade bei jungen Patienten nicht auf.
- E Eine operative Stabilisierung aufgrund einer Brustwanddeformität nach stattgehabter Rippenserienfraktur sollte bei Kindern bis zum 6. Lebensjahr generell nicht durchgeführt werden.

Frage 9

Bei Patienten mit Sternumfraktur nimmt der Nachweis bzw. Ausschluss von Begleitverletzungen einen wesentlichen Stellenwert ein. Welche der folgenden Aussage hinsichtlich möglicher kardialer Läsionen ist falsch?

- A Lebensbedrohliche kardiale Arrhythmien können trotz initial unauffälligem EKG auch noch Tage später auftreten.
- B Die vulnerabelste Phase für Verletzungen des Herzens bildet das Ende der Systole.
- C Durch die intrakardiale Druckerhöhung reißt bevorzugt die rechte Vorhofwand.
- D Es besteht eine direkte Korrelation zwischen Dislokationsgrad der Sternumfraktur und Häufigkeit des Auftretens eines Perikardergusses.
- E Mit zunehmender kardialer Schädigung können Zeichen eines akuten Links- oder Rechtsherzversagens beobachtet werden.

Frage 10

Nur eine der folgenden Aussagen ist richtig. Welche?

- A Eine Mediastinalverbreiterung in der konventionell-radiologischen Darstellung des Thorax kann nie durch einen abweichenden Strahlengang verursacht werden.
- B Mit einer unauffälligen Röntgenaufnahme des Thorax kurz nach dem Trauma kann eine Rippenfraktur sicher ausgeschlossen werden.
- C Horizontal verlaufende Sternumfrakturen können unabhängig von der Schichtdicke der CT-Untersuchung computertomografisch immer dargestellt werden.
- D Die einmalige und unmittelbar posttraumatische Bestimmung der Herzenzyme nach dem Unfall bei Patienten mit Sternumfraktur oder Frakturen mehrerer Rippen ist ausreichend.
- E Rippenserienfrakturen führen häufig durch den Verlust der mechanischen Integrität des Thorax zu einer massiven Störung der Atemmechanik, aus der sogar die sog. paradoxe Atemexkursion des Thorax resultieren kann.