Vorgehen bei Wirbelsäulenverletzungen des polytraumatisierten Patienten

Im Rahmen der Behandlung eines Polytraumapatienten muss grundsätzlich an das Vorliegen einer Wirbelsäulenverletzung gedacht werden [1, 4, 12]. Literaturangaben zufolge ist damit in etwa 30% dieser Fälle zu rechnen. Woltmann u. Bühnen [12] fanden in einer Analyse des Krankengutes der BG-Unfallklinik in Murnau bei 34% der Polytraumatisierten eine Wirbelsäulenverletzung. In Deutschland sind jährlich etwa 30.000 Polytraumapatienten mit einem Polytraumaschlüssel III und IV zu behandeln. Dies bedeutet, dass etwa 10.000 dieser Patienten mit einer Wirbelsäulenverletzung pro Jahr in Deutschland anfallen. Errechnet wird dabei ein Anteil von etwa 2000 HWS- (Halswirbelsäule) und 8000 BWS- (Brustwirbelsäule) und LWS-Verletzungen (Lendenwirbelsäule).

Für die Diagnostik und das therapeutische Regime ergeben sich bei Vorliegen

einer Wirbelsäulenverletzung im Rahmen einer Polytraumaversorgung erhebliche Konsequenzen. Da für Schwerverletzte ein enger Zeitkorridor zur Beherrschung lebensbedrohender Unfallfolgen besteht, ist ein standardisierter Ablauf in der Diagnostik und der Behandlung mit dem Ziel der Abwendung von vitalen Bedrohungen und der Erkennung aller relevanten Verletzungen notwendig. So sind zunächst die vital bedrohenden Verletzungen, wie Schädel-Hirn-Trauma, Thoraxverletzungen, Abdominal- und Beckentrauma auszuschließen oder zu behandeln (■ **Infobox 1**; [4, 8, 12]). Ergibt sich ein ausreichend stabiler Zustand des mehrfach verletzten Patienten, kann die erweiterte Diagnostik die Schwere einer begleitenden Wirbelsäulenverletzung dokumentieren. Bestehen Hinweise auf eine operationswürdige Wirbelsäulenverletzung, ist diese im Kontext mit den zusätzlich vorliegenden Verletzungen im Rahmen von verzögerten Primäreingriffen in der Phase der so genannten Day-1-Surgery einzuplanen. Dabei sind die Prinzipien des Damage-Control-Konzeptes mit Reduzierung der posttraumatischen Letalität einzuhalten. Durch Vermeidung der letalen Trias (metabolische Azidose, Hypothermie, Koagulopathie) und insbesondere der durch den „Second-Hit“ ausgelösten Belastungen ergeben sich Verbesserungen für die Überlebenschancen der Schwerstverletzten.

Diagnostik

Anamnese

Die Einholung anamnestischer Angaben hat gerade im Hinblick auf die Detektion von Wirbelsäulenverletzungen beim Polytraumapatienten einen hohen Stellenwert.

Der Unfallmechanismus muss berücksichtigt werden. Hierfür sind die Angaben des erstversorgenden Notarztes hinsichtlich des Unfallgeschehens, der erforderlichen Primärmaßnahmen und der Dauer der Rettung sowie das Verletzungsmuster bei Begleitpersonen entscheidend. Alle mehrfachverletzten Patienten mit Hochrasanztraumen, insbesondere bei PKW- (Personenkraftwagen) und Zweiradunfällen, Sturz aus großer Höhe oder Fußgänger, die angefahren wurden, stellen eine Prädisposition für das Vorliegen einer Wirbelsäulenverletzung dar. Das Verletzungsmuster kann Hinweise auf eine Wirbelsäulenverletzung geben, sie ist insbesondere bei Vorliegen eines Schädel-Hirn-Traumas wahrscheinlich.

Klinische und neurologische Untersuchung

Ergeben sich bei der Erstuntersuchung Weichteil- oder Decollementverletzungen im Bereich der Wirbelsäule, ist eine relevante Verletzung derselben anzunehmen. Ebenso weisen die tastbare Instabilität oder der Nachweis von Krepitationen im Bereich der Dornfortsätze auf das Vorlie-

Infobox 1

Differenziertes Vorgehen bei Polytrauma

Diagnostik lebensbedrohlicher Verletzungen

- Schädel-Hirn-Trauma (35–50% der Todesfälle)
- Thoraxtrauma (80–25% der Todesfälle)
- Abdominaltrauma (20–10% der Todesfälle)

„damage control surgery“

- Beckenverletzungen
- Wirbelsäulentrauma
- Frakturen langer Röhrenknochen

gen einer behandlungswürdigen Wirbelsäulenverletzung hin.

Die Erhebung eines neurologischen Status ist unabdingbare Voraussetzung für eine exakte Einordnung einer relevanten Wirbelsäulenverletzung. Das Reflexverhalten, der Muskeltonus, eine bestehende Schmerzabwehr oder das Vorliegen eines Priapismus lassen die Verletzungsschwere abschätzen.

Bildgebende Diagnostik

Im Rahmen einer Polytraumaversorgung hat sich die Durchführung einer Spiral-CT-Untersuchung (CT: Computertomographie) bereits durchgesetzt [4, 5, 12]. Da mit dieser neben der Erkennung lebensbedrohlicher Verletzungen des Schädels, Thorax, Abdomens und Beckens auch ausreichende Daten für eine exakte Differenzierung einer Wirbelsäulenverletzung erhoben werden, kann auf eine zeitaufwändige Durchführung konventioneller Röntgenuntersuchungen verzichtet werden. Ist mit der CT-Diagnostik keine ausreichende Einordnung der vorliegenden Wirbelsäulenverletzung möglich, ist ggf. auch im Rahmen der Durchführung von Notfalleingriffen eine dynamische Untersuchung der Halswirbelsäule mittels Bildwandler möglich.

Steht der Aufnahmeklinik nicht rund um die Uhr eine computertomographische Abklärungsmöglichkeit zur Verfügung, sind eine konventionelle Röntgendiagnostik der gesamten Wirbelsäule in 2 Ebenen sowie die Durchführung einer Densspezialaufnahme erforderlich [9]. Ergeben sich aus diesen Untersuchungen pathologische Befunde oder können bestimmte Regionen nicht sicher mit den Übersichtsröntgenaufnahmen beurteilt werden, ist eine CT-Diagnostik anzuschließen.

Die bildgebende Diagnostik mittels Magnetresonanztomographie (MRT) spielt in der Primärdiagnostik beim Polytrauma keine Rolle. Sie ist lediglich zur Klärung unklarer neurologischer Ausfälle einzusetzen. Mit ihr ist die Detektion von Läsionen am Rückenmark, von Bandscheibenschäden oder von verletzten Bandstrukturen möglich.

Für die Schockraumdiagnostik beim polytraumatisierten Patienten gibt es je

Zusammenfassung · Abstract

Trauma Berufskrankh 2010 · 12[Suppl 2]:168–175 DOI 10.1007/s10039-009-1533-y
© Springer Medizin Verlag 2009

R. Ketterl

Vorgehen bei Wirbelsäulenverletzungen des polytraumatisierten Patienten

Zusammenfassung

Bei Polytraumapatienten muss stets das Vorliegen einer Wirbelsäulenverletzung einkalkuliert werden. Aufgrund des sehr engen Zeitfensters bei ihrer Versorgung ist ein standardisierter Ablauf in der Diagnostik und der Behandlung mit dem Ziel der Abwendung von vitalen Bedrohungen und der Erkennung aller relevanten Verletzungen erforderlich. Die Diagnostik gliedert sich in Anamnese, klinische und neurologische Untersuchung sowie bildgebende Diagnostik. Bei der Therapie von Wirbelsäulenverletzungen sollte nach einem Behandlungsalgorithmus vorgegangen werden. Im Schockraum ist die Spiral-

computertomographieuntersuchung Mittel der Wahl. In der Initialphase sind neben der suffizienten Wiederherstellung der Vitalparameter eine achsgerechte Lagerung, eine geschlossene Reposition und eine externe Stabilisierung an der Wirbelsäule möglich. Eventuell erforderliche operative Versorgung der Wirbelsäulenverletzungen werden in der Regel zweizeitig durchgeführt.

Schlüsselwörter

Polytrauma · Vitalparameter · Wirbelsäulenverletzung · Standardisierter diagnostischer Ablauf · Behandlungsalgorithmus

Approaches in the multiple-trauma patient with spinal injuries

Abstract

The presence of spinal injury must always be considered in multiple trauma patients. Due to the very short timeframe for their treatment, a standardized procedure is required for diagnosis and therapy with the aim of preventing a serious emergency and identifying all relevant injuries. Diagnosis is composed of patient history, clinical and neurological examinations and diagnostic imaging. Treatment of spinal injuries should be performed according to treatment algorithms. Spiral computer tomography is the method

of choice in the shock room. During the early phase, and in addition to stabilizing vital parameters, axially aligned positioning, closed reduction and external stabilization of the spine are possible. In the event of spinal injuries requiring surgical treatment, this is usually performed as a two stage procedure.

Keywords

Multiple trauma · Vital parameters · Spinal injury · Standardized diagnostic work-up · Treatment algorithm

Abb. 1 ◀ Algorithmus der Versorgung Polytraumatisierter mit zusätzlichen Wirbelsäulenverletzungen, CT Computertomographie, HWS Halswirbelsäule, WS Wirbelsäule

Abb. 2 ▲ Polytraumapatient mit dislozierter Anderson-II-Fraktur, **a–c** bildgebende Diagnostik, **a,b** konventionelle Aufnahmen im **a** seitlichen, **b** a.-p. Strahlengang, **c** Rekonstruktionsaufnahme der CT-Diagnostik mit nach ventral disloziertem Dens axis; **d–f** postoperatives Ergebnis nach noch am Unfalltag erfolgter Day-1-Surgery (Versorgung mittels direkter Verschraubung mit 2 durchbohrten Schrauben)

Abb. 3 ▲ Patientin mit beidseits verhakter Luxation C7/Th1 (**a,b**), geschlossene Reposition nicht möglich, dorsale Reposition mit Dekompression und Stabilisierung mittels Zervifiximplantat noch am Unfalltag (**c,d**), Komplettierung der Fusion im Segment C7/Th1 in Tertiärphase 8 Tage nach dem Trauma mit ventraler Ausräumung der Bandscheibe C6/C7, Einbringen eines Knochenblockes und Stabilisierung mittels Morscher-Platte (**e,f**)

nach dessen Gesamtzustand und der Ausstattung der aufnehmenden Klinik 2 Möglichkeiten zur Abklärung der Wirbelsäule:

1. Konventionelle Röntgendiagnostik der gesamten Wirbelsäulen a.-p. und seitlich mit Densspezialaufnahme, bei auffälligen Befunden und unsicher dargestellten Wirbelsäulenabschnitten weitere Abklärung mittels CT

2. Initialdiagnostik mittels Spiral-CT vom Kopf bis über das Becken ohne zusätzliche konventionelle Röntgendiagnostik

Ist aufgrund der Anamnese und der klinischen Untersuchung eine Wirbelsäulenverletzung anzunehmen, muss diese vor Verlegung des Polytraumapatienten auf die Intensivstation entweder ausgeschlossen oder nachgewiesen werden [12].

Versorgung

Behandlungsalgorithmus

Der an unserer Klinik bestehende Behandlungsalgorithmus (■ **Abb. 1**) zeigt die Einordnung der Therapie von Wirbelsäulenverletzungen in die verschiedenen Behandlungsphasen eines polytraumatisierten Patienten. Ergeben sich operationswürdige Wirbelsäulenverlet-

Tab. 1 Behandlungsstrategie obere Halswirbelsäule bei Polytraumapatienten

Primär ventrale Versorgung	Densfraktur Anderson II	Day-1-Surgery
	Traumatische Spondylolisthese C2	
Zeitraum zwischen Day-1-Surgery und definitiver Versorgung	Halofixateur	
Definitive Osteosynthese	Dorsale Fusion okzipitozervikal oder C1–C2	Sekundärphase
	Ggf. sekundäre Komplettierung der Stabilisierung nach 5–7 Tagen	Tertiärphase

Tab. 2 Behandlungsstrategie untere Halswirbelsäule bei Polytraumapatienten

Primär ventrale Reposition und Stabilisierung, ggf. Dekompression	Day-1-Surgery
Primär dorsale Reposition und Stabilisierung bei nicht reponierbarer verhakter Luxation	
Computertomographiekontrolle	Sekundärphase
Ggf. sekundäre Komplettierung der Stabilisierung nach 5–7 Tagen	Tertiärphase

Tab. 3 Behandlungsstrategie Brust- und Lendenwirbelsäule bei Polytraumapatienten

Primär dorsale Reposition und Stabilisierung, ggf. Dekompression	Day-1-Surgery
Computertomographiekontrolle	Sekundärphase
Sekundär (5–7 Tage) ventrale Fusion endoskopisch oder minimalinvasiv	Tertiärphase

zungen, werden diese überwiegend zweizeitig versorgt, zunächst als Primärstabilisierung, anschließend in Form von verzögerten Primäreingriffen der Day-1-Surgery. Komplettiert wird die Wirbelsäulenstabilisierung entsprechend der „damage control orthopaedic surgery“ in der Tertiärphase der Polytraumaversorgung [8, 10].

Therapiekonzepte

Schockraumphase

In ihr beschränken sich die therapeutischen Möglichkeiten auf Repositionsmänoevr bei stark dislozierten Verletzungen der Rumpfwirbelsäule oder bei verhakten Luxationen im Bereich der Halswirbelsäule. Die Retention des Repositionsergebnisses mittels stabilisierender HWS-

Orthese oder die Durchführung von Lagerungsmaßnahmen sind in dieser Behandlungsphase ausreichend.

Operative Behandlung

Lässt sich eine operationspflichtige Instabilität bei einer Wirbelsäulenverletzung bei polytraumatisierten Patienten nachweisen, ist deren Versorgung im Gesamtkontext mit den übrigen Verletzungen zu planen. Der ideale Operationszeitpunkt im Hinblick auf das Gesamtverletzungsmuster und die operationsbedingt zu erwartende sekundäre Belastung des Organismus unterscheiden sich dabei von der Vorgehensweise bei Patienten mit isolierten Wirbelsäulenverletzungen.

Die Stabilisierung der Wirbelsäule (WS) und eine rasche Dekompression des Rückenmarks sind auch beim Polytraumapatienten die primären Ziele der Versorgung. Mit einer frühestmöglichen operativen Intervention ist es gewährleistet, den Patienten einer adäquaten intensivmedizinischen Betreuung zuzuführen, da hiermit die Voraussetzungen für eine optimale Lagerungstherapie geschaffen werden. Damit sollten sich Sekundärschäden am Rückenmark vermeiden lassen.

Eine frühestmögliche operative Versorgung auch beim Polytraumapatienten ist indiziert bei

- ausgeprägter spinaler Stenosierung mit der Gefahr sekundärer neurologischer Ausfälle
- neurologischen Defiziten, insbesondere bei inkompletter oder aufsteigender Querschnittssymptomatik.
- offenen Wirbelsäulenverletzungen
- instabilen Wirbelsäulenverletzung mit insbesondere der Gefahr einer sekundären Lageveränderung

Der optimale Zeitpunkt der operativen Versorgung ist in der Phase der Day-1-Surgery einzuordnen. Das Risiko hinsichtlich

Mortalität und Grad der Behinderung im Langzeitverlauf konnte bei polytraumatisierten Patienten durch eine früh einsetzende operative Therapie reduziert werden [3]. Die positiven Effekte einer frühestmöglichen Stabilisierung sind durch eine Reihe von Veröffentlichungen dokumentiert [1, 3, 4, 6, 7, 11]. Bei der Entscheidung zu einer operativen Versorgung im Rahmen einer Day-1-Surgery ist die Verletzung der Wirbelsäule in das Gesamtkonzept der sonstigen therapeutischen Maßnahmen einzuordnen, wobei die operativen Ziele im WS-Bereich mit Reposition, Retention und Dekompression anzugeben sind. Das operative Konzept der Versorgung einer Wirbelsäulenverletzung beim Polytraumapatienten unterscheidet sich von dem bei einem Monotrauma an der Wirbelsäule. Folgende Vorgehensweisen haben sich bewährt:

Obere HWS. Die operative Versorgung instabiler Atlasfrakturen (Typ 3 nach Gehweiler) ist in der Regel nicht sofort erforderlich. Diese Verletzungen treten meist ohne begleitende neurologische Störungen auf. Die in Frage kommenden dorsalen Fixationsverfahren mit einer C1/C2-Fusion werden beim Polytraumapatienten erst nach Stabilisierung in der Tertiärphase geplant.

Anders verhält es sich bezüglich der Versorgung von Densfrakturen Typ II nach Anderson u. D'Alonzo [1]. Der operative Eingriff mit einer ventralen Schraubenosteosynthese nach entsprechender Reposition ist hier in der Regel wenig belastend und schnell durchführbar. Eine Versorgung derartiger Verletzungen (■ **Abb. 2**) findet im Rahmen der Day-1-Surgery statt. Mit Stabilisierung der Fraktur kann eine ungestörte Intensivbehandlung erfolgen.

Besteht eine Trümmerzone im Bereich des Dens axis oder zeigt sich ein ungünstiger Frakturverlauf von dorsokranial nach ventrokaudal, ist eine ventrale C1/C2-Verschraubung als primäre operative Versorgung im Rahmen einer Day-1-Surgery mit geringem Operationstrauma durchführbar.

Zeigt sich eine operationspflichtige C2-Bogenfraktur mit Instabilität im Segment C2/C3 (traumatische Spondylolisthese des Dens axis), ist im Rahmen der

Abb. 4 ▲ Polytrauma mit Thoraxtrauma, BWK12-Fraktur (BWK: Brustwirbelkörper) im Sinne einer kompletten Berstungsfraktur (a–c), Beckentrauma und offener Unterschenkelfraktur, am Unfalltag dorsale Reposition und Stabilisierung des Unterschenkels, am 5. posttraumatischen Tag Komplettierung der Fusion mit endoskopischer monosegmentaler Fusion Th11/Th12 und Schraubenosteosynthese Grundplatte Th12 (d,e), regelrechte Fusion Th11/Th12 mit Erhalt des Bandscheibenfaches Th12/L1 nach Materialentfernung 12 Monate nach dem Unfall (f,g)

Polytraumaversorgung die ventrale Fusion nach Reposition und Ausräumung des Bandscheibenfachs C2/C3 mit Knochenblockinterposition und Verplattung als Mittel der Wahl anzusehen.

Lässt sich eine verhakte Luxation im Segment C2/C3 nicht geschlossen reponieren, wäre eine endgültige Versorgung von dorsal aufgrund des aufwändigen Zuganges erst zu einem späteren Behandlungszeitraum, in der Regel in der Tertiär-

phase der Polytraumabehandlung nach 5–8 Tagen, vorzuschlagen (■ Tab. 1).

Untere HWS. Versorgungen der unteren HWS C3–C7 erfolgen bei operationswürdiger Instabilität ebenfalls im Rahmen der Day-1-Surgery von ventral. Dabei werden Reposition, Dekompression und Stabilisierung im Rahmen der Berücksichtigung der Gesamtsituation am 1. Tag vorgenommen. Die ventrale Fusion mit Knochen-

block oder Cages in Kombination mit einer ventralen Verplattung ist in der Regel ausreichend. Sind zusätzliche operative Maßnahmen, wie eine dorsale Stabilisierung notwendig, werden diese im Rahmen eines Zweiteingriffs in der Tertiärphase durchgeführt.

Eine Sonderform des operativen Vorgehens stellt die nicht reponierbare verhakte Luxation dar. Hier ist im Rahmen der Polytraumaversorgung ein erster ope-

Abb. 5 ▲ Polytraumapatient 39 Jahre mit LWK1-Fraktur (LWK: Lendenwirbelkörper) nach Absturz beim Klettern, **a–c** Unfallbilder, **d–h** postoperative CT-Kontrolle nach dorsaler Reposition und Stabilisierung am Unfalltag, Komplettierung der Fusion endoskopisch bisegmental mit Synmesh-Titankörper in der Tertiärphase 7 Tage nach dem Trauma

rativer Schritt mit dorsaler Reposition, Dekompression und Stabilisierung am Tag 1 des Traumas zu planen. Eine Komplettierung der Fusion mit ventraler Ausräumung der Bandscheibe und Ersatz mittels Knochenblock oder Cage mit additiver Plattenosteosynthese wird sekundär in der Tertiärphase der Polytraumabehandlung ausgeführt (■ Abb. 3, ■ Tab. 2).

Thorakolumbale Wirbelsäule. Instabile Verletzungen in diesem Bereich der Wirbelsäule werden im Rahmen der Day-1-Surgery von dorsal her reponiert und stabilisiert. Bei Notwendigkeit einer Dekompression erfolgt diese simultan in gleicher operativen Sitzung.

In der Sekundärphase der Behandlung des Polytraumapatienten wird eine CT-Diagnostik des operierten Segments durchgeführt, die Aussagen über die Effektivität der Frakturposition erlaubt. Insbesondere wird dadurch die Notwendigkeit einer evtl. ventralen Dekompression geklärt. Eine Komplettierung der Stabilisierung der Wirbelsäule von ventral ist der Tertiärphase vorbehalten. Die ventrale Versorgung erfolgt in der Regel endoskopisch oder über einen minimalinvasiven lumbalen Zugang. Ist eine zusätzliche Dekompression des Spinalkanals notwendig, kann diese im Rahmen des ventralen endoskopischen Zweiteingriffs durchgeführt werden. Das Ausmaß der ventralen Abstützung richtet sich nach der vorliegenden Verletzung und kann mono- (■ Abb. 4) oder bisegmental (■ Abb. 5) erfolgen (■ Tab. 3).

Fazit

Wirbelsäulenverletzungen sind beim Polytraumapatienten häufig, sodass immer an sie gedacht werden muss. Anamnese, Unfallhergang und klinisch-neurologische Untersuchungen sind zu ihrer Erkennung wegweisend. Im Rahmen des Schockraummanagements ist die Durchführung einer Spiral-CT-Untersuchung das Mittel der Wahl. In der Initialphase kommen neben der suffizienten Wiederherstellung der Vitalparameter eine achsgerechte Lagerung, eine geschlossene Reposition und eine externe Stabilisierung an der Wirbelsäule in Frage.

Operative Versorgung der Wirbelsäulenverletzungen werden in der Regel zweizeitig durchgeführt. Im Rahmen der Day-1-Surgery erfolgt die Primärstabilisierung. Abhängig von der Lokalisation der vorliegenden Verletzung und unter Berücksichtigung der Gesamtverletzung werden HWS-Verletzungen dabei vorwiegend ventral stabilisiert. Bei Verletzungen der BWS und LWS kommen die dorsale Reposition und Stabilisierung ggf. mit Dekompression zur Anwendung. Die Versorgung an der Wirbelsäule werden in der Tertiärphase nach 5–7 Tagen bei stabilem Gesamtzustand komplettiert.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. R. Ketterl

Zentrum Hand- und Wirbelsäulenchirurgie,
Unfallchirurgie und Orthopädische Chirurgie,
Klinikum Traunstein,
Cuno-Niggel-Straße 3, 83278 Traunstein
rupert.ketterl@klinikum-traunstein.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Anderson LD, D'Alonzo RT (1974) Fractures of the odontoid process of the axis. J Bone Joint Surg Am 56(8):1663–1674
2. Blauth M, Knop C, Bastian L, Lange U (1998) Komplexe Verletzungen der Wirbelsäule. Orthopäde 27:17–31
3. Herbert JS, Burnham RS (2000) The effect of polytrauma in persons with traumatic spine injury. Spine 25:55–60
4. Heyde CE, Ertel W, Kayser R (2005) Die Versorgung von Wirbelsäulenverletzungen beim Polytrauma. Orthopäde 34:889–905
5. Joosten C, Katscher S (2003) Radiologische Diagnostik bei Wirbelsäulenverletzungen. Aktuelle Traumatol 33:157–164
6. Kossmann T, Trease L, Freedman I, Malham G (2004) Damage control surgery for spine trauma. Injury 35:661–670
7. McLain RF, Benson DR (1999) Urgent surgical stabilization of spinal fractures in polytrauma patients. Spine 24:1646–1654
8. Nast-Kolb C, Ruchholtz S, Waydhas C et al (2005) Damage control orthopedics. Unfallchirurg 108:804–811
9. Pal JM, Mulder DS, Brown RA, Fleischer DM (1988) Assessing multiple trauma: is the cervical spine enough? J Trauma 28:1282–1284
10. Pape HC, Krettek C (2003) Frakturversorgung des Schwerverletzten – Einfluss des Prinzips der „verletzungsadaptierten Behandlungsstrategie“ („damage control orthopaedic surgery). Unfallchirurg 106:87–96
11. Schlegel J, Bayley J, Yuan H, Fredericksen B (1996) Timing of surgical decompression and fixation of acute spinal fractures. J Orthop Trauma 10:323–330

12. Woltmann A, Bühren V (2004) Schockraummanagement bei Verletzungen der Wirbelsäule im Rahmen eines Polytraumas. Unfallchirurg 107:911–918