

Oliver Gonschorek¹, Stefan Hauck¹, Jörg Neufang¹, Thomas Weiß¹, Volker Bühren¹

Ventrale thorakoskopische Spondylodese zur Behandlung von Frakturen im thorakolumbalen Übergang

Anterior thoracoscopic spondylodesis for fracture treatment in the thoracolumbar region

Zusammenfassung: Die Morbidität der ventralen Zugänge hat die Entwicklung therapeutischer Konzepte zur Behandlung von Wirbelsäulenverletzungen im thorakolumbalen Bereich wesentlich beeinflusst. Durch die minimalinvasiven Verfahren in endoskopischer Technik hat die ventrale Rekonstruktion der Wirbelsäule nach Verletzungen im thorakolumbalen Übergangsbereich im Laufe der letzten beiden Dekaden eine enorme Bedeutungszunahme erfahren. Neben den speziellen Zugangstechniken waren hier auch speziell für diese Verfahren konzipierte Implantate wesentlich, die den Anforderungen der minimal-invasiven Techniken und der lokalen anatomischen Gegebenheiten entsprechen können. Seit der Erstbeschreibung im deutschen Sprachraum Mitte der 1990er Jahre haben sich die minimal-invasiven Verfahren flächendeckend an deutschen Wirbelsäulenzentren etablieren können. Zwar ist noch immer nicht durch Level-1-Studien eindeutig belegt, dass eine korrekte Reposition und Rekonstruktion der ventralen Säule unter Einsatz ventraler Operationstechniken auch zu einem klinisch besseren Ergebnis führt. Es mehren sich allerdings die Hinweise, dass zumindest die mittelfristigen radiologischen und langfristigen klinischen Ergebnisse hierdurch gebessert werden können. Insofern gewinnt der ventrale Zugang bei Versorgung von Wirbelsäulenverletzungen an Bedeutung, wobei durch die minimalinvasive thorakoskopische Technik die Zusatzmorbidität für die betroffenen Patienten deutlich reduziert werden kann. Diese Technik soll im Artikel ausführlich dargestellt werden.

Schlüsselwörter: minimal-invasiver Zugang, thorakoskopisch, thorakolumbale Wirbelsäule, ventrale Rekonstruktion, Wirbelsäulenverletzung

Zitierweise

Gonschorek O, Hauck S, Neufang J, Weiß T, Bühren V. Ventrals thorakoskopische Spondylodese zur Behandlung von Frakturen im thorakolumbalen Übergang. OUP 2015; 12: 594–599 DOI 10.3238/oup.2015.0594–0599

Abstract: The morbidity of anterior approaches has significantly influenced the development of therapeutic concepts for the treatment of thoracolumbar spine fractures. Minimal-invasive endoscopic techniques have enlarged the numbers of anterior reconstruction after spinal fractures in the thoracolumbar region over the last two decades. These minimal-invasive approaches have been facilitated by the development of special implants adapted to the new technique and to the local anatomical requirements. Since the first report on minimal invasive anterior procedures in Germany in the 1990s a growing number of spine centers established this method. There is still no evidence based high level literature to substantiate a significant benefit for the patients by anatomical reduction and reconstruction of the anterior spinal column. However, there are some reports on better radiological outcomes as well as better clinical long time results. At least the minimal invasive thoracoscopic technic for the anterior approach seems to reduce approach-related morbidity. It has become more and more important over the last two decades for anterior posttraumatic reconstruction of the thoracolumbar spine. This technique is presented more detailed in the paper.

Keywords: minimal invasive approach, thoracoscopic, thoracolumbar spine, anterior reconstruction, spinal injury

Citation

Gonschorek O, Hauck S, Neufang J, Weiß T, Bühren V. Anterior thoracoscopic spondylodesis for fracture treatment in the thoracolumbar region. OUP 2015; 12: 594–599 DOI 10.3238/oup.2015.0594–0599

¹ BG Unfallklinik Murnau, Abteilung Wirbelsäulenchirurgie

Einleitung

Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule betreffen ganz überwiegend den Übergang von der Brustkyphose zur Lendenlordose. Bei instabilen Verletzungen steht zunächst die Reposition und Stabilisierung im Vordergrund. Dies kann regelhaft über einen dorsal eingebrachten Fixateur interne – heute für den Patienten vorteilhaft in minimalinvasiver Technik – erreicht werden. Je nach Destruktionsgrad der vorderen Säule muss diese zur Vermeidung eines sekundären Repositionsverlusts im Rahmen eines ventralen Eingriffs belastungsstabil rekonstruiert werden. In der thorakolumbalen Region kann dies in thorakoskopischer Technik vorgenommen werden, die im folgenden vorgestellt werden soll. Es handelt sich hierbei mittlerweile um ein routinemäßig eingesetztes, allerdings technisch wie auch logistisch anspruchsvolles Verfahren, das einen erfahrenen Wirbelsäulenchirurgen und eine leistungsfähige Anästhesie erfordert. Subtile Vorbereitung und präzises intraoperatives Vorgehen sind Grundvoraussetzungen für ein erfolgreiches und komplikationsfreies Ergebnis [1, 2, 6, 8].

Diagnostik

Im Rahmen der Anamnese und klinischen Untersuchung ist unbedingt auch ein neurologischer Befund zu erheben. Die konventionelle radiologische Bildgebung ist dann die grundlegende apparative Diagnostik, die akut im Liegen, im Rahmen der postoperativen Kontrollen aber unbedingt im Stehen durchzuführen ist. Die Computertomografie (CT) ist als Goldstandard zu betrachten und im Rahmen von Rasantraumata meist auch die Primärdiagnostik. Sie dient als Grundlage zur Klassifikation und zur Bestimmung des Ausmaßes der Wirbelkörperdestruktion, der Einengung des Spinalkanals – und in gewissem Maße – auch der Destruktion der Bandscheibe.

Die Magnetresonanztomografie (MRT) spielt eine große Rolle zur Beurteilung der Bandscheibe, der dorsalen ligamentären Strukturen und des Myelons.



Abbildung 1 Rechtsseitige Lagerung des Patienten auf Vakuummatratze, Anzeichnen des OP-Gebiets

Klassifikation

Die AO-Klassifikation ist als Standard anzusehen, wobei die bislang zur Anwendung kommende alte Klassifikation komplex und wenig alltagstauglich war [15]. Die neue Klassifikation der AO Spine zeigt hier wesentliche Vorteile, ist allerdings noch nicht vollumfänglich in den klinischen Alltag integriert. Die inkompletten Berstungsbrüche (zuvor A3.1) heißen nun A3, die kompletten (A3.3) und Berstungsspaltbrüche (A3.2) A4 [21]. Dies ist wesentlich für die Indikationsstellung einer mono- oder bisegmentalen ventralen Spondylodese.

Die McCormack-Klassifikation kann als Hilfestellung für die Indikation zur ventralen Spondylodese dienen. Dies gilt insbesondere für die inkompletten Berstungsbrüche A3 zur weiteren Differenzierung des noch vorhandenen knöchernen Grundstocks im Grundplattenbereich [16].

Minimalinvasiver ventraler Zugang

Rein prinzipiell kann man im thorakalen Übergangsbereich offene von minimalinvasiven Zugängen unterscheiden, wobei ausgedehnt offene Vorgehensweisen mit Thorakophrenikolumbotomie heute in der alltäglichen Versorgung von Frakturen oder kurzstreckigen Rekonstruktionen als obsolet anzusehen sind. Miniopen mit oder ohne endoskopische Unterstützung und rein thorakoskopische

Zugänge sind heute Routine, im folgenden soll über den letzteren berichtet werden. Neben dem geringen Blutverlust, der niedrigen additiven Zugangsmorbidität und den daraus resultierenden erheblichen Vorteilen für den Patienten ist andererseits die überragende Übersicht der endoskopisch gestützten Verfahren zu nennen [4, 6, 8, 10, 22]. Das rein thorakoskopische Vorgehen stellt allerdings von der Logistik her höchste Ansprüche an Operateur und Anästhesie und somit an das ganze Klinikum, und sollte daher an die Wirbelsäulenzentren gebunden werden.

Die Operation kann prinzipiell in Seitlage oder Bauchlage durchgeführt werden, am meisten verbreitet ist allerdings die Seitlage, die auch in der eigenen Vorgehensweise favorisiert wird [8, 22]. Im Bereich von T8/9 bis L2 erfolgt eine Rechts-Seit-Lagerung, der Zugang erfolgt von links. Oberhalb von T8/9 muss die besondere anatomische Nähe und Verlaufsform der Aorta berücksichtigt und daher regelhaft von rechts zugegangen werden [1, 4, 8, 22].

Das Zwerchfell inseriert etwa auf Höhe T12/L1. Insofern ist für eine Versorgung im Bereich T12 bis L2 ein Zwerchfellsplit durchzuführen [1, 8, 11].

OP-Saal-Set-up

Die Vorbereitung von Seiten der Anästhesie umfasst neben venösen Verweilkanülen, Doppellumentubus und Blasen-katheter in Abhängigkeit des Allgemein-

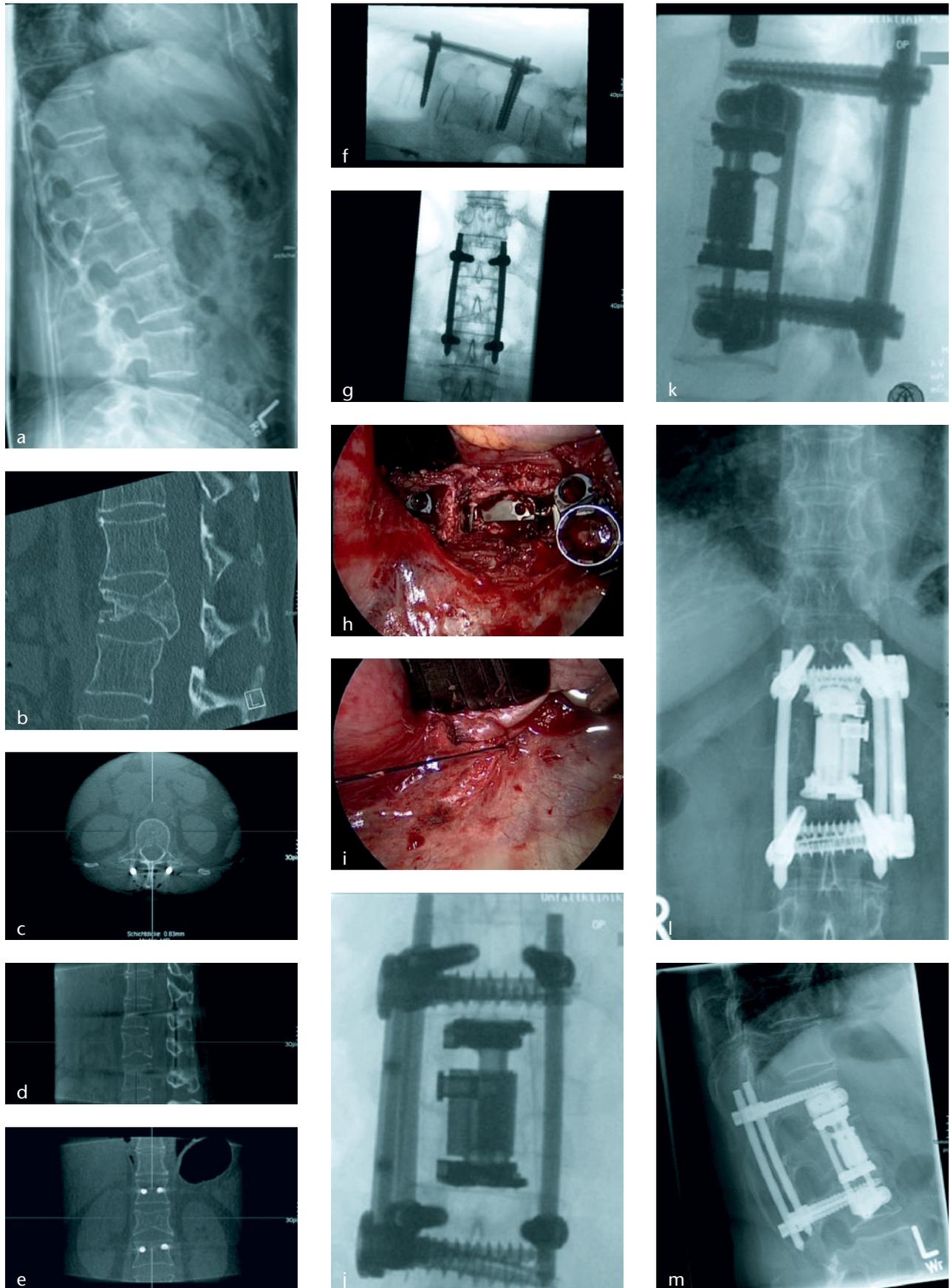


Abbildung 2a–m 55-jährige Frau nach Pferdesturz. **a)** Konventionelles Röntgen zeigt eine Fraktur auf Höhe L1; **b)** im CT kompletter Berstungsbruch A4 nach neuer AO Spine Klassifikation; **c–g)** intraoperative konventionelle und 3D-Kontrolle nach dorsaler bisegmentaler Instrumentierung mit moniaxialer perkutaner Fixateur interne; **h)** thorakoskopische ventral bisegmentale Spondylodese mit expandierbarem Cage Hydrolyft nach Zwerchfellsplit; **i)** Zwerchfellnaht; **j–k)** intraoperative Kontrolle in 2 Ebenen; **l–m)** postoperative Verlaufskontrolle in 2 Ebenen im Stehen.

zustands auch zentralvenöse und arterielle Zugänge. Der Patient wird in Seitlage gebracht, wobei vorteilhaft eine Vakuummatratze zur Anwendung kommt. Die Auslagerung der Arme ohne Zug an den Schultern ist wichtig, um eine Plexusirritation zu vermeiden. Unter BV-Kontrolle wird das Zugangsgebiet angezeichnet. Zugleich wird kontrolliert, ob die Durchleuchtung in beiden Ebenen problemlos möglich ist [1, 3, 8].

Es werden 3 Zugänge von jeweils 1,5 cm sowie ein Arbeitszugang, über den auch die Implantate eingebracht werden, von 3–4 cm Länge benötigt. Die Platzierung variiert in Abhängigkeit von den individuellen Wünschen des Operateurs. Der erste Trokar wird klassisch platziert, alle weiteren werden unter thorakoskopischer Kontrolle gesetzt. Der Doppellumentubus ermöglicht das kontrollierte Kollabieren der Lunge auf der Zugangsseite. Mit einem ausfahrbaren Spreizer können Lunge oder Zwerchfell bei Bedarf beiseite gehalten bzw. angespannt werden. Für den ab Höhe L1/L2 regelhaft erforderlichen Zwerchfellsplit hat sich der Einsatz des Ultraschallmessers bewährt, das Zwerchfell ist auf dem Rückweg unbedingt wieder zu verschließen [1, 3, 8, 11].

Unter BV-Kontrolle werden die zu instrumentierenden Wirbelkörper aufgesucht. Je ein Kirschner-Draht wird kranial und kaudal gesetzt, wodurch bei der weiteren Präparation die Orientierung deutlich erleichtert wird. Die Segmentgefäße sind bei Bedarf zu koagulieren, alternativ nach Setzen von Clips zu durchtrennen. Die Bandscheibe wird scharf am gesunden Wirbelkörper abgetrennt, der betroffene Wirbelkörper wird mit dem Meißel präpariert. Wirbelkörper- und Bandscheibenreste werden unter wechselweiser Verwendung von Rangeur, Stanze, Kürette und Meißel entfernt. Verwertbare Knochenanteile werden backtable in einer Knochenmühle zur Spongiosaplastik vorbereitet und im Anschluss an die Instrumentierung lateral angelagert. Zum Abschluss wird eine Thoraxdrainage eingelegt, die Lunge gebläht – dies alles noch unter Sicht und Kontrolle des Thorakoskops [1, 3, 8, 11].

Wirbelkörperersatz

Aufgrund der Spanentnahmemorbiditäten werden im eigenen Vorgehen nur noch Cages verwendet, solide bei mono-

segmentalen und expandierbare bei bisegmentalen Spondylodese. Die expandierbaren Cages können sich gegen den dorsalen Fixateur interne verspannen und benötigen bei guter Knochenqualität keine weitere Fixierung ventral [14, 17]. Bei monosegmentalen Spondylodese erfolgt ventral prinzipiell die Kombination mit einer winkelstabilen Platte (MACS). Der dorsal eingebrachte bisegmentale Fixateur kann dann frühzeitig entfernt und die unverletzte Bandscheibe freigegeben werden. Bei rein ventralem Vorgehen ist grundsätzlich eine Kombination des Cages mit einem winkelstabilen Plattensystem zu fordern. Weiterhin muss in diesen Fällen im Vorfeld eine Verletzung der dorsalen Strukturen mittels MRT ausgeschlossen werden [5, 20].

Therapeutischer Algorithmus

Die dorsale Instrumentierung dient der Reposition und Stabilisierung. Im eigenen Vorgehen erfolgt dies regelhaft in perkutaner Technik, zur Reposition werden spezielle Repositionstools eingesetzt. Der Einsatz der Navigation kann die Strahlenbelastung für das OP-Team signifikant reduzieren, die intraoperative 3D-Kontrolle schließt fehlplatzierte Schrauben praktisch aus [7]. Die Entscheidung, ob und in welcher Form die ventrale Säule zu rekonstruieren ist, hängt vom Typ der A-Komponente ab sowie vom Destruktionsgrad der Wirbelsäule (McCormack Klassifikation, 16) und der Bandscheiben. Auch Aktivität, biologisches Alter und Knochenqualität des Patienten spielen eine wesentliche Rolle.

Komplette Berstungsbrüche und Kneifzangenbrüche erfordern nicht zuletzt aufgrund der Bandscheibendestruktion meist eine bisegmentale Spondylodese. Bei inkomplettem Berstungsbruch mit guter Substanz im Grundplattenbereich (McCormack-Klassifikation, 16) kann monosegmental vorgegangen werden. Gleiches gilt bei guter Knochenqualität auch für Berstungsspaltbrüche, wenn die angrenzende Bandscheibe keine Hinweise auf eine Destruktion zeigt [6, 8, 10, 12, 13].

Ventrale Spondylodese bei älteren Patienten

Aufgrund der gesteigerten Aktivitätslevel und Ansprüche der Älteren einerseits und

der aufgrund der minimalinvasiven Technik verminderten Zugangsmorbidität andererseits kann auch dem Patienten der 7. und 8. Lebensdekade die Rekonstruktion der ventralen Säule angeboten werden. Die Ergebnisse sind bei guter Indikationsstellung absolut vergleichbar mit denen bei den jüngeren Patienten [9].

Eigene Ergebnisse

In einem 2-Jahres-Zeitraum 2012/2013 wurden in der BGU Murnau 618 Frakturen an der BWS und LWS operativ versorgt. Davon entfielen 374 auf den thorakolumbalen Übergangsbereich. Es erfolgten insgesamt 184 ventrale thorakoskopische Spondylodese, davon 24 isoliert ventrale Versorgungen. In 160 Fällen wurde kombiniert dorsoventral vorgegangen. Im hier dargestellten Zeitraum erfolgten die ventralen Spondylodese zu 57 % monosegmental, dabei ist in den letzten Jahren ein deutlich zunehmender Anteil der monosegmentalen Spondylodese zu verzeichnen. Dies scheint im wesentlichen auf die guten Einheilungsergebnisse der soliden Cages im Vergleich zu den früher verwendeten Knochenspäne zurückzuführen zu sein. Die Patienten waren im Mittel 49 (17–75) Jahre alt und überwiegend Männer (64 %).

Diskussion

Im Rahmen der Versorgung von Frakturen der thorakolumbalen Region spielt die Rekonstruktion der ventralen Säule durch belastungsstabile Spondylodese im deutschen Sprachraum eine zunehmende Bedeutung. Ein wesentlicher Aspekt für diese Tendenz wurde durch die Entwicklung von minimalinvasiven ventralen Zugängen geliefert [18, 19].

Die rein thorakoskopische Technik ist dabei zwar sehr anspruchsvoll, liefert allerdings auch unter Ausnutzung des thorakalen Käfigs eine ausgezeichnete Übersicht über das Operationsfeld. Die Ansicht in 2D und das Manipulieren über lange Instrumente ist gewöhnungsbedürftig, erfordert einen erfahrenen Operateur und zeigt eine gewisse Lernkurve. Diese wird belohnt durch eine exzellente Exposition des Operationsfeldes und eine sehr geringe Zugangsmorbidität [1, 3, 6, 8]. Die Indikation zur Rekonstruktion der ventralen Säule nach Verletzung

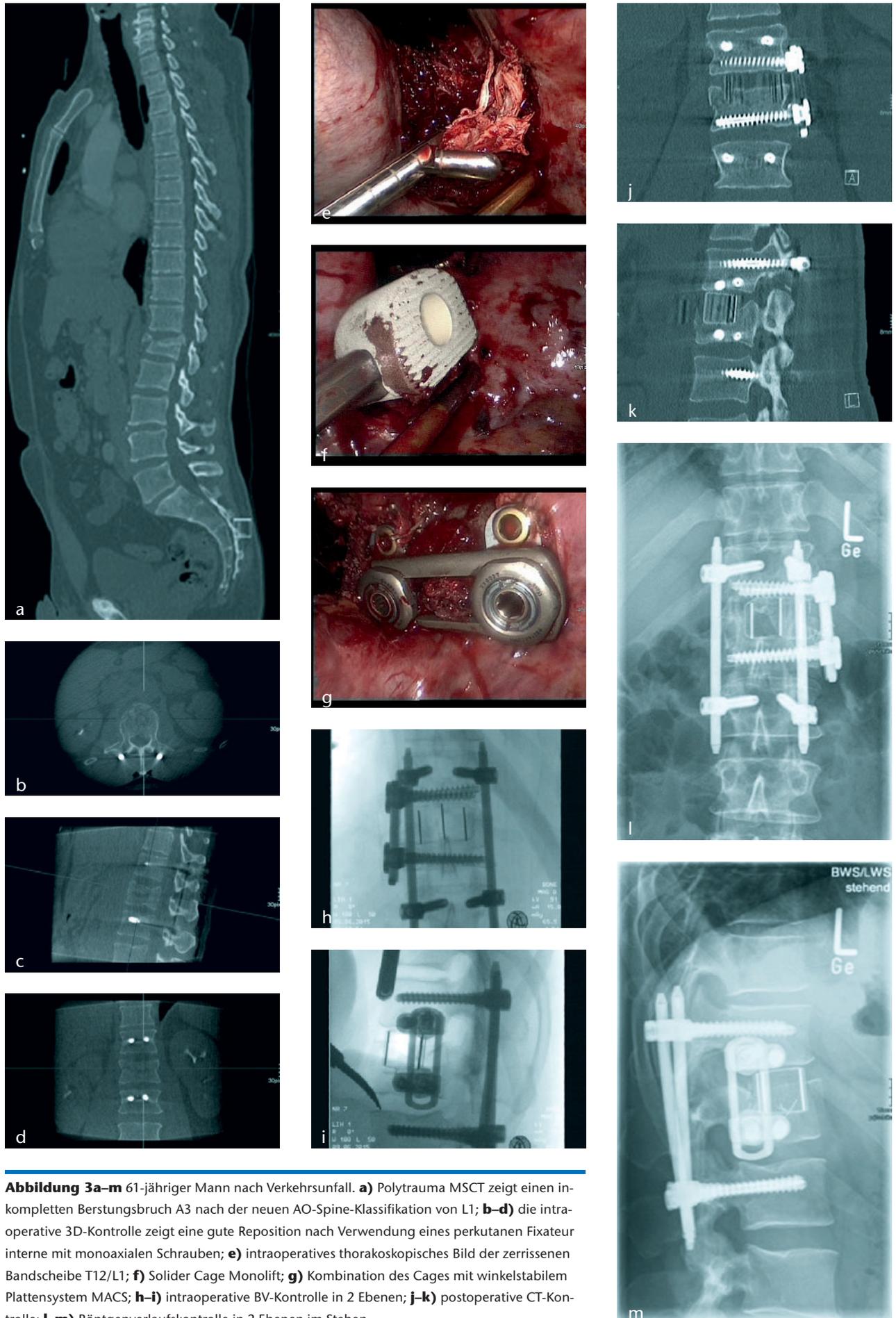


Abbildung 3a-m 61-jähriger Mann nach Verkehrsunfall. **a)** Polytrauma MSCT zeigt einen incompleten Berstungsbruch A3 nach der neuen AO-Spine-Klassifikation von L1; **b-d)** die intraoperative 3D-Kontrolle zeigt eine gute Reposition nach Verwendung eines perkutanen Fixateur interne mit monoaxialen Schrauben; **e)** intraoperatives thorakoskopisches Bild der zerrissenen Bandscheibe T12/L1; **f)** Solider Cage Monolift; **g)** Kombination des Cages mit winkelstabilem Plattensystem MACS; **h-i)** intraoperative BV-Kontrolle in 2 Ebenen; **j-k)** postoperative CT-Kontrolle; **l-m)** Röntgenverlaufskontrolle in 2 Ebenen im Stehen.

gen im thorakalen und lumbalen Bereich liegt vor bei erheblicher kyphotischer Fehlstellung und Destruktion der benachbarten Bandscheiben. Dies ist in aller Regel bei Berstungsbrüchen oder Kneifzangenbrüchen vom Typ A3 und A4 gegeben [6, 8, 10, 12, 13, 21].

Bei der Indikationsstellung sind viele Aspekte zu berücksichtigen, die von der Frakturklassifikation über den Destruktionsgrad von Wirbelkörper und Bandscheibe bis hin zum Allgemeinzustand des Patienten sowie dessen Knochenqualität reichen. Insofern ist es immer eine Einzelindikation, die auch mit dem Patienten zu besprechen und ihm zu erläutern ist. Eine differenzierte Vorgehensweise mit mono- oder bisegmentaler ventraler Spondylodese sowie dem alleinigen ventralen Vorgehen oder der Kombination mit einer dorsalen Stabilisierung resultiert aus den genannten Überlegungen und ist in der eigenen Klinik in einem klaren Algorithmus niedergelegt.

Die Argumentation pro monosegmentaler ventraler Spondylodese ist sicherlich durch die Erhaltung eines Bewegungssegments gegeben, rein zahlenmäßig nimmt sie auch – wie aus den statistischen Untersuchungen unserer Klinik der letzten Jahre klar hervorgeht – an Bedeutung stetig zu. Dennoch muss gerade hier die Indikation gut und sicher gestellt werden. Der junge Patient mit gutem Knochenstock und inkomplettem Berstungsbruch ohne jegliche Verletzung der Grundplatte und der darunter liegenden Bandscheibe kann von dieser Vorgehensweise sicherlich profitieren. Im Einzelfall kann auch bei einem Berstungsspaltbruch bei jungen Patienten und Nachweis einer intakten Bandscheibe ein solches Vorgehen gerechtfertigt sein.

Beim älteren Patienten mit zunehmend reduzierter Knochenqualität ist eher die bisegmentale Spondylodese mit expandierbarem Wirbelkörperersatz anzustreben [9, 10, 13].

Das isoliert ventrale Vorgehen wird besonders kritisch betrachtet. In diesem Fall muss unbedingt das Vorliegen einer Verletzung im dorsalen Bandapparat z.B. mittels MRT ausgeschlossen werden. Es ist eine gute Knochenqualität zu fordern, der Wirbelkörperersatz – ob mono- oder bisegmental – ist dann zwingend mit einer winkelstabilen Platte zu kombinieren.

OUP

Interessenkonflikt: Keine angegeben

Korrespondenzadresse

Dr. med. Oliver Gonschorek
Abteilung für Wirbelsäulenchirurgie
Berufsgenossenschaftliche
Unfallklinik Murnau
Prof.-Küntschers-Straße 8
82418 Murnau
oliver.gonschorek@bgu-murnau.de

Literatur

- Beisse R. Endoscopic surgery on the thoracolumbar junction of the spine. *Eur Spine J* 2010; 19: 52–65
- Briem D, Windolf J, Lehmann W et al. Ergebnisse der anterioren Fusion und therapeutische Konsequenzen. *Unfallchirurg* 2004; 107: 1152–1161
- Bühren V, Beisse R, Potulski M. Minimal-invasive ventrale Spondylodese bei Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. *Chirurg* 1997; 68: 1076–1084
- Bühren V. Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. *Unfallchirurg* 2003; 106: 55–68
- Disch AC, Knop C, Schaser KD, Blauth M, Schmölz W. Angular stable anterior plating following thoracolumbar corpectomy reveals superior segmental stability compared to conventional polyaxial plate fixation. *Spine* 2008; 13: 1429–1437
- Gonschorek O, Hauck S, Bühren V. Therapiestandards bei Verletzungen der BWS/LWS. *Trauma Berufskrankh* 2009; 11: 117–123
- Gonschorek O, Hauck S, Spiegl U, Weiß T, Pätzold R, Bühren V. O-arm-based spinal navigation and intraoperative 3D-imaging: first experiences. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2011; 37: 99–108
- Gonschorek O, Spiegl U, Weiss T, Patzold R, Hauck S, Bühren V. Rekonstruktion der ventralen Säule nach thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen. *Der Unfallchirurg* 2011; 114: 26–34
- Hoffmann C, Spiegl UJA, Hauck S, Bühren V, Gonschorek O. Die ventrale Spondylodese beim älteren Patienten – Overtreatment oder sinnvolle Therapieoption? *Z Orthop Unfall* 2013; 151: 257–263
- Josten C, Katscher S, Gonschorek O. Therapiekonzepte bei Frakturen des thorakolumbalen Überganges und der Lendenwirbelsäule. *Orthopaäe* 2005; 34: 1021–1032
- Kim DH, Jahng TA, Balabhadra RS, Potulski M, Beisse R. Thoracoscopic transdiaphragmatic approach to thoracolumbar junction fractures. *Spine J* 2004; 4: 317–328
- Knop C, Reinhold M, Röder C et al. Internet-based multicenter study for thoracolumbar injuries: a new concept and preliminary results. *Eur Spine J* 2006; 15: 1687–1694
- Knop C, Kranabetter T, Reinhold M, Blauth M. Combined posterior-anterior stabilisation of thoracolumbar injuries utilising a vertebral body replacing implant. *Eur Spine J* 2009; 18: 949–963
- Lange U, Edeling S, Knop C, Bastian L, Krettek C, Blauth M. Wirbelkörperersatz mit höhenvariablem Titan-Implantat. *Unfallchirurg* 2006; 109: 733–742
- Magerl F, Aebi M, Gertzbein, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 1994; 4: 184–201.
- McCormack T, Karakovic E, Gaines R. The load sharing classification of spine fractures. *Spine* 1994; 1741–1744
- Reinhold M, Schmölz W, Canto F, Krappinger D, Blauth M, Knop C. A new distractable implant for vertebral body replacement: biomechanical testing of four implants for the thoracolumbar spine. *Arch Orthop Trauma Surg* 2009; 129: 1375–1382
- Reinhold M, Knop C, Beisse R et al. Operative Behandlung traumatischer Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule Teil I: Epidemiologie. *Unfallchirurg* 2009; 112: 33–45
- Reinhold M, Knop C, Beisse R et al. Operative Behandlung traumatischer Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule Teil II: Operation und radiologische Befunde. *Unfallchirurg* 2009; 112: 149–167
- Spiegl U, Hauck S, Merkel P, Bühren V, Gonschorek O. Six-year outcome of thoracoscopic ventral spondylodesis after unstable incomplete cranial burst fractures of the thoracolumbar junction: ventral versus dorso-ventral strategy. *Int Orthop* 2013; 37: 1113–20
- Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK et al. AOSpine Spinal Cord Injury & Trauma Knowledge Forum. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine* 2013; 38: 2028–37
- Verheyden AP, Katscher S, Gonschorek O, Lill H, Josten C. Endoskopisch assistierte Rekonstruktion der thorakolumbalen Wirbelsäule in Bauchlage. *Unfallchirurg* 2002; 105: 873–880
- Wood K, Buttermann G, Mehbod A, Garvey T, Jhanjee R, Sechriest V. Operative compared with nonoperative treatment of a thoracolumbar burst fracture without neurological deficit. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85: 773–781