

Persönliche PDF-Datei für René Hartensuer, Michael J. Raschke

Mit den besten Grüßen vom Georg Thieme Verlag

www.thieme.de

Osteoporotische Wirbelkörperfraktur

DOI 10.1055/s-0043-115249
OP-JOURNAL 2017; 33: 248–256

Dieser elektronische Sonderdruck ist nur für die Nutzung zu nicht-kommerziellen, persönlichen Zwecken bestimmt (z. B. im Rahmen des fachlichen Austauschs mit einzelnen Kollegen und zur Verwendung auf der privaten Homepage des Autors). Diese PDF-Datei ist nicht für die Einstellung in Repositorien vorgesehen, dies gilt auch für soziale und wissenschaftliche Netzwerke und Plattformen.

Verlag und Copyright:
© 2018 by
Georg Thieme Verlag KG
Rüdigerstraße 14
70469 Stuttgart
ISSN 0178-1715

Nachdruck nur
mit Genehmigung
des Verlags

 **Thieme**

Osteoporotische Wirbelkörperfraktur

René Hartensuer, Michael J. Raschke

Einleitung

Klinisch relevante osteoporotische Wirbelkörperfrakturen werden auf ca. 1,5 Mill. pro Jahr weltweit geschätzt. Hierbei treten über 30% in Europa und Nordamerika auf [1]. Die Prävalenz bei Frauen zwischen 50 und 60 Jahren liegt bei etwa 15%, über dem 70. Lebensjahr bereits bei 45% (> 70 Jahren: 45%). Bei Männern zeigt sich eine deutlich geringere Prävalenz, sie liegt aber zwischen dem 50. und dem 60. Lebensjahr immerhin bei 2,4%. Jenseits des 70. Lebensjahrs ist ein Anstieg auf 17% zu verzeichnen (www.dv-osteologie.org). Eine Osteoporose kann zum einen zu Spontanfrakturen (Sinterung) führen, zum anderen als koinzidenteller Faktor von Bagateltraumen wie auch von „echten“ traumatischen Verletzungen auftreten.

Diese Beobachtung geht mit einer epidemiologischen Erkenntnis einher, dass aktuell im höheren Alter zunehmend komplexere Verletzungsmuster beobachtet werden [2]. Dies ist zum einen möglicherweise mit der zunehmenden Mobilität und Aktivität im Alter begründet. Zum anderen führt es aber auch dazu, dass wir zunehmend mit der Koinzidenz komplexer Verletzungen und einer vorbestehenden Osteoporose – nicht nur bei Wirbelsäulenverletzungen – rechnen müssen. Immerhin ist nach Analyse von Krankenkassendaten ab dem 50. Lebensjahr jede 4. Frau sowie jeder 17. Mann in Deutschland an einer Osteoporose erkrankt. Insgesamt wird basierend auf diesen Daten von einer Prävalenz in Deutschland von 6,3 Mill. (♂ 1,1 Mill., ♀ 5,2 Mill.) ausgegangen [3].

Ergänzend muss hinzugefügt werden, dass auch bei jungen und jüngeren Patienten eine Osteoporose vorliegen kann. Diese kann chronisch inflammatorische, endokrine, neuromuskuläre und metabolische Ursachen haben sowie durch entsprechende Medikamenteneinnahme bedingt sein [4]. Ebenso ist nicht jede Fraktur im fortgeschrittenen Alter auf eine Osteoporose zurückzuführen [5].

Diagnostik

Neben der Diagnostik der Wirbelsäulenpathologie sollte eine Basisabklärung der Osteoporose gemäß DVO-Leitlinie erfolgen (www.dv-osteologie.org). Das konventio-

nelle Röntgen in 2 Ebenen der betroffenen Region (wenn möglich im Stehen) ist auch heute noch das primäre Diagnostikum der Wahl. Die MRT-Diagnostik sollte zur Bestimmung des Frakturalters (STIR-Sequenz) bzw. zur Detektion von diskoligamentären Verletzungen sowie zur intraspinalen Abklärung ergänzt werden. Eine Computertomografie ermöglicht die Beurteilung der Frakturmorphologie im Rahmen der präoperativen Abklärung bzw. Klassifikation und Therapieplanung.

Klassifikationen

Es existieren verschiedene Frakturklassifikationen (wie z. B. die Klassifikation der AO Spine [6]), die nicht spezifisch für die osteoporotische Wirbelsäule entwickelt wurden. Diese sind in ihrer Systematik und der daraus abgeleiteten Verletzungsschwere und der Therapieoptionen auf die knochengesunde Wirbelsäule bezogen. Inwieweit sich diese Klassifikationssysteme auf die osteoporotische Wirbelsäule übertragen lassen, ist allerdings fraglich.

Alternativ existiert mit der Klassifikation nach Genant et al. eine speziell auf den osteoporotischen Wirbelkörper abzielende Einteilung [7]. Allerdings wurde diese Klassifikation anhand von DEXA-Untersuchungen (DEXA: Dual Energy X-ray Absorptiometry) erarbeitet und dient primär der Detektion von Wirbelkörperfrakturen und der anschließenden medikamentösen Therapie der Osteoporose [8]. Eine konsequente Weiterentwicklung hinsichtlich möglicher chirurgischer Therapieoptionen fehlt.

Merke

Semiquantitative Frakturklassifikation der osteoporotischen Wirbelkörper nach Genant et al. [7]: Die Frakturen können anterior (Keildeformation), zentral (bikonvex) oder posterior („Crush“-Deformation) auftreten.

Grad 1: milde Fraktur, mit 20–25% Reduktion der Höhe im Vergleich zum selben oder zum benachbarten Wirbelkörper

Grad 2: moderate Fraktur, mit 25–40% Reduktion der Höhe im Vergleich zum selben oder zum benachbarten Wirbelkörper

Grad 3: schwere Fraktur, mit >40% Reduktion der Höhe im Vergleich zum selben oder zum benachbarten Wirbelkörper

Diese Lücke versucht die Arbeitsgemeinschaft „Osteoporotische Frakturen“ der Sektion Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie zu füllen. Entsprechend wurde eine Klassifikation sowie ein Scoring-System entwickelt [9] (► **Tab. 1** und **2**). Die Einteilung ist speziell auf die osteoporotische Wirbelsäule ausgerichtet und ermöglicht mittels des Scoring-Systems eine Hilfe bei der chirurgischen Therapieentscheidung [10].

Therapieoptionen

Die prinzipiellen Behandlungsziele und -prinzipien unterscheiden sich bei den Wirbelkörperfrakturen bei Osteoporose nicht wesentlich von den sonstigen Prinzipien beim Knochengesunden. Diese beinhalten die Möglichkeit einer zeitnahen und dauerhaften Mobilisation, Schmerzreduktion, Vermeidung von Fehlhaltungen, Stabilisation und Vermeidung von Komplikationen durch Immobilität.

Hierbei können prinzipiell grundsätzliche Therapiestrategien zur Behandlung akuter Verletzungen verfolgt werden:

1. konservative Therapie
2. operative Stabilisierung des Wirbelkörpers selbst zur Schmerzreduktion und Vermeidung einer weiteren Deformierung des betroffenen Wirbelkörpers
3. operative Stabilisierung eines oder mehrerer Bewegungssegmente zur Therapie einer segmentalen Instabilität mit/oder ohne Achskorrektur

Die Behandlung von Folgezuständen ist ein weiteres komplexes Thema und wird im Folgenden nicht beleuchtet.

Konservative Therapie

Eine konservative Therapie sollte auf jeden Fall eine frühfunktionelle Wirbelbruchbehandlung beinhalten. Ziel der Therapie sollte eine Schmerzreduktion, Vermeidung von Fehlhaltungen, muskuläre Stabilisation sowie Vermeidung von Komplikationen sein.

Eine Beurteilung der therapeutischen Möglichkeiten anhand der verfügbaren Literatur ist schwierig, da in den meisten Fällen die genaue Modalität der Therapie nicht beschrieben ist. In der eigenen Praxis wird Wert auf den Beginn einer zeitnahen stabilisierenden Physiotherapie, optimierten Schmerztherapie sowie Rückenschule mit Vermeiden kyphosierender Bewegungen gelegt. Außerdem wird jeder Patient mündlich sowie schriftlich zur weiteren Therapie der Osteoporose unabhängig von einer operativen oder konservativen Therapie aufgeklärt.

Eine weitere Möglichkeit i. R. der konservativen Therapie ist die Verwendung von speziellen Orthesen. Hierbei handelt es sich nicht um eine Ruhigstellung im engeren Sin-

► **Tab. 1** Osteoporotische Wirbelfrakturklassifikation (OF-Klassifikation) der AG „Osteoporotische Frakturen“ der Sektion Wirbelsäule der DGOU [9].

Klassifikation	Beschreibung/Morphologie
OF 1	keine Verformung (Wirbelkörperödem im MRT)
OF 2	Deformation mit geringer/ohne Hinterwandbeteiligung (< 1/5)
OF 3	Deformation mit ausgeprägter Hinterwandbeteiligung (> 1/5)
OF 4	Verlust der Rahmenstruktur, Wirbelkörperkollaps oder Kneifzangenfraktur
OF 5	Distraktions- und Rotationsverletzungen

► **Tab. 2** OF-Score zur Indikationsfindung bei osteoporotischen Wirbelfrakturen der AG „Osteoporotische Frakturen“ der Sektion Wirbelsäule der DGOU [9].

Merkmale	Schweregrad	Punkte
Morphologie (OF 1–5)	1–5	2–10
Knochendichte	T-Score < -3	1
Dynamik der Sinterung	ja/nein (1 Woche)	1/-1
Schmerz (unter Analgesie)	VAS ≥ 4/<4	1/-1
Neurologie	ja	2
Mobilisation (unter Analgesie)	nein/ja	1/-1
Gesundheitszustand	ASA > 3, Demenz: ja, BMI < 20, Unselbstständigkeit, Gerinnungshemmung: ja	je -1, maximal -2

Ist ein Merkmal nicht zu beurteilen bzw. unbekannt, werden 0 Punkte vergeben.

ne, sondern um eine Hilfe zur Vermeidung der Inklination. Diese reklinierenden Orthesen konnten eine deutliche Schmerzreduktion in der Akutphase nachweisen [11]. Dieser Effekt verliert sich allerdings im Verlauf von 6 Monaten [12] und wird bei älteren Frakturen nicht mehr beschrieben [13]. Die Effektivität von Orthesen ist zudem maßgeblich von der Qualität der Anlage und der Tragecompliance abhängig (► **Abb. 1**).

Ein weit verbreiteter Irrglaube ist zudem, dass die frühfunktionelle Behandlung erst nach der vermeintlichen Ruhigstellung mittels Orthese einsetzen sollte. Dies führt zu zunehmender Muskelatrophie und steht dem eigentlichen Therapieziel einer muskulären Stabilisierung der



► **Abb. 1** Orthese zur vermeintlichen Stabilisierung der Wirbelsäule. Der Effekt muss bei der abgebildeten Anlage jedoch kritisch infrage gestellt werden.

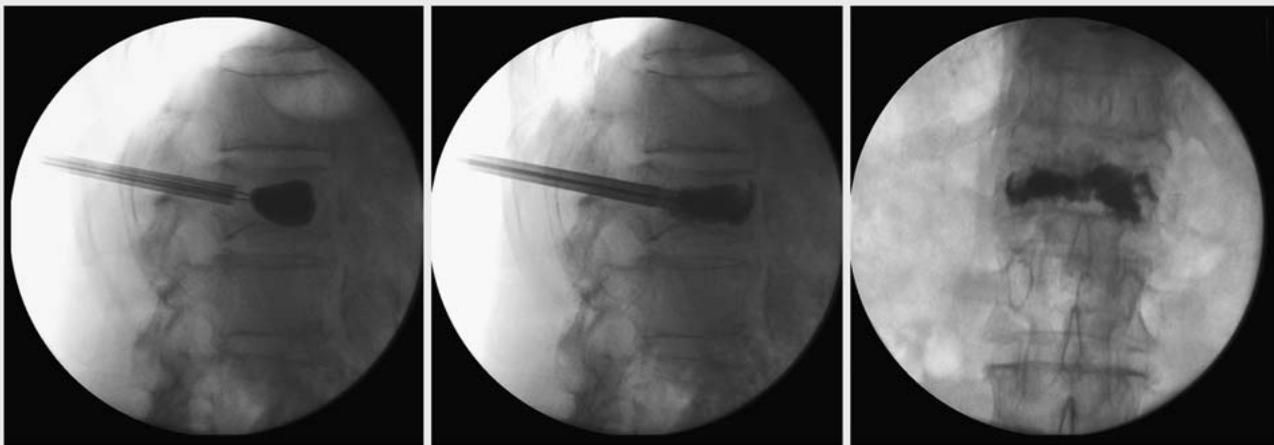
Wirbelsäule und Aufrichtung des Rumpfes diametral entgegen.

Operative Stabilisierung des verletzten Wirbelkörpers

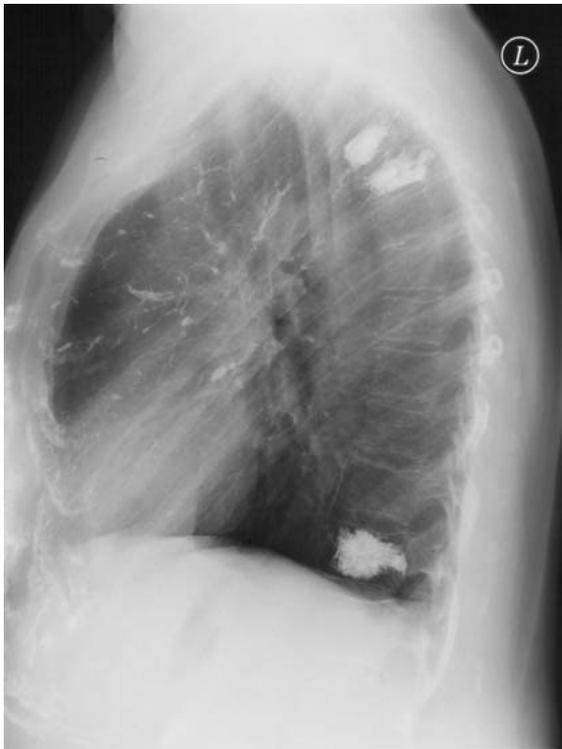
Zur Stabilisierung des frakturierten Wirbelkörpers stehen verschiedene, meist perkutane Augmentationsverfahren zur Verfügung. Diese Verfahren gehen weitestgehend

auf die erstmalig 1984 durch Deramond und Galibert durchgeführte Vertebroplastie eines Wirbelkörperhämangioms der Halswirbelsäule zurück [14]. Seit den 1990er-Jahren findet diese Technik eine zunehmende Verbreitung bei Kompressionsfrakturen durch Osteoporose oder Tumoren [15]. Einige Jahre später (1998) beschrieb die Arbeitsgruppe um Marc Reiley erstmals die Technik der Kyphoplastie (► **Abb. 2**). Hierbei wird der Wirbelkörper mittels Ballon aufgerichtet und anschließend mit PMMA (Polymethylmethacrylat) ausgefüllt [16]. Biomechanisch konnte nachgewiesen werden, dass der frakturierte Wirbelkörper hinsichtlich seiner Resistenz gegen Druckbelastung mit diesen Techniken rekonstruiert werden kann [17]. Sowohl Vertebroplastie als auch Kyphoplastie wurden im Verlauf technisch weiterentwickelt und finden eine breite Anwendung. Eine Kontroverse wurde 2009 entfacht, nachdem 2 kontrolliert randomisierte Studien den Effekt der Vertebroplastie infrage gestellt haben [18, 19]. Die Folge war eine lebhaft akademische Debatte und kontroverse Diskussionen. Letztlich konnten mehrere weitere Studien einen potenziellen Effekt nachweisen [20]. Auch für die Kyphoplastie wurde ein positiver Effekt bez. der Schmerzreduktion nach osteoporotischer Kompressionsfraktur nachgewiesen werden [21].

Aktuell findet sich in den Leitlinien der DVO (Dachverbandes Osteologie e.V.) eine Würdigung der intensiven wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit diesem Thema. Hierbei wird ein Vorteil von Patienten durch Vertebro- oder Kyphoplastie gesehen bei einer Schmerzintensität VAS > 5 nach einem erfolglosen, intensiven, dokumentierten konservativen Therapieversuch, nach Berücksichtigung anderer Schmerzursachen und nach dokumentierter interdisziplinärer Einzelfalldiskussion.



► **Abb. 2** Wirbelkörperaufrichtung mittels Kyphoplastieballon und anschließende Auffüllung des Wirbelkörpers mit PMMA.



► **Abb. 3** Ausgeprägte klinisch asymptotische PMMA-Lungenembolie nach Kyphoplastie

Die operative Stabilisierung des Wirbelkörpers mittels Kyphoplastie oder Vertebroplastie bleibt also hauptsächlich eine Schmerztherapie. Hierbei scheint die intravertebrale Aufrichtung und somit eine Korrektur der posttraumatischen Kyphose des Wirbelkörpers einen möglichen Einfluss auf das Langzeitergebnis zu haben [22].

Neben der vermeintlichen Potenz einer minimalinvasiven Schmerztherapie dürfen die mit den genannten Verfahren vergesellschafteten Risiken und Komplikationen nicht außer Acht gelassen werden. So wurde in einer Metaanalyse von 7 kontrolliert randomisierten Studien (525 Prozeduren, 424 Patienten) eine Paravasatrate von 18,9% beschrieben. Hierbei waren 0,5% der betroffenen Patienten symptomatisch. Die allgemeine Komplikationsrate wird mit 11,5% beschrieben. Hierunter waren mit 0,005% inkomplette Querschnittslähmungen und mit 0,015% Lungenembolien (► **Abb. 3**) enthalten. In über 20% kam es zu Anschlussfrakturen, davon waren über die Hälfte im angrenzenden Segment [23]. Ob das Auftreten einer Anschlussfraktur die Folge eines sehr rigiden Wirbelkörpers nach Augmentation umgeben von weichen osteoporotischen Wirbelkörpern ist oder der natürliche eingangs beschriebene Verlauf der Osteoporose, ist ein weiterer Gegenstand von lebhaften Kontroversen. Einigkeit besteht allerdings dahingehend, dass die medikamentöse Therapie der Osteoporose ein essenzieller Bestandteil der Therapie sein muss.

Eigene Studien konnten zeigen, dass eine Vertebroplastie allein nicht in der Lage ist, im biomechanischen Frakturmodell eine segmentale Instabilität zu stabilisieren [24]. Eine Kyphoplastie hingegen führt zu einer deutlichen Reduktion der posttraumatischen segmentalen Instabilität im biomechanischen Modell. Es verbleibt aber auch hier eine signifikante segmentale Instabilität im Vergleich zum Nativzustand [25]. Inwieweit sich diese biomechanischen Erkenntnisse mit den erfolgreichen Berichten klinischer Fallserien in der Behandlung von Berstungsfrakturen mittels Kyphoplastie [26] in Einklang bringen lässt, ist noch nicht abschließend zu bewerten.

Operative Stabilisierung des Bewegungssegments

Zur Stabilisierung des Bewegungssegments stehen uns viele Methoden zur Verfügung. Wie auch beim Knochengesunden bieten hier die inkompletten Berstungsfrakturen den kontrovers diskutierten Übergang von vermeintlich stabilen zu instabilen Verletzungen. Diese Kontroverse des Knochengesunden wird bei vorliegender Osteoporose um die multiplen Möglichkeiten der Zementaugmentation ergänzt.

Instrumentierung im osteoporotischen Wirbelkörper

Eine Grundvoraussetzung für die Stabilisierung eines Wirbelsäulensegments mittels Pedikelschrauben ist eine adäquate Verankerung der Schraube im Wirbelkörper. Hierbei ist eine Prognose, ob die Schraube im Wirbelkörper hält, relativ schwierig zu treffen. Verschiedene Arbeiten haben zeigen können, dass zwar das Eindrehmoment der Schraube mit der Knochendichte, nicht aber mit der Vorhersagewahrscheinlichkeit einer Schraubenlockerung korreliert [27, 28].

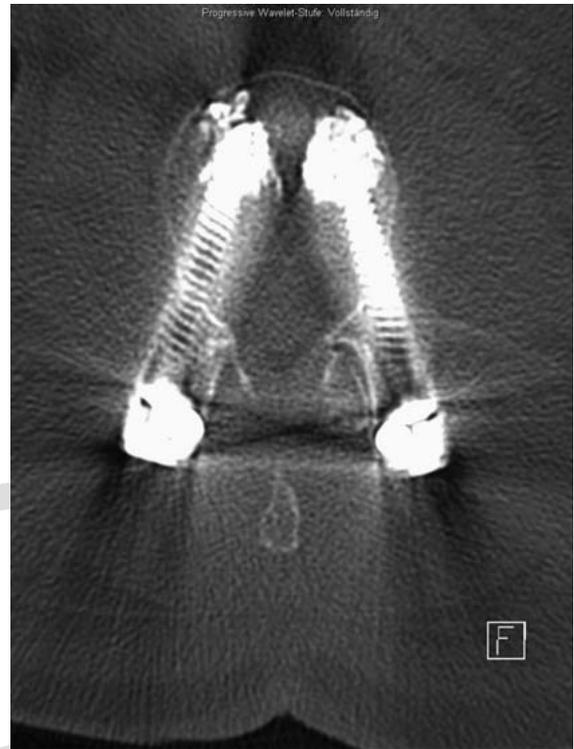
Die Verankerung einer Pedikelschraube wird durch die folgenden Parameter wie Schraubendurchmesser, Schraubenlänge, Konvergenz der Schrauben, allgemeine OP-Technik und Augmentation des Schraubenlagers beeinflusst [29]. Die Gefahr eines Implantatversagens im Sinne einer Lockerung der Schraube im Wirbelkörper ist bei Osteoporose deutlich erhöht (► **Abb. 4**).

Sowohl der Durchmesser als auch die Länge der Schraube haben einen essenziellen Einfluss auf den Halt im Wirbelkörper. Hierbei muss die jeweilige Länge und Dicke immer in Korrelation zur jeweiligen Anatomie des Wirbelkörpers gesehen werden. Obwohl möglichst dicke Schrauben einen besseren Halt versprechen, so gehen diese gerade bei Osteoporose mit der Gefahr eines iatrogenen Pedikelbruchs einher [30].

Bei der Schraubeninsertion ist zum einen eine schonende Präparation von Vorteil, zum anderen sollten Hebelwirkungen beim Befestigen des Stabes an die Schraube vermieden werden. Dem Operateur stehen hier effektive und kraftvolle Instrumente zur Verfügung, die meist aus



► **Abb. 4** Scheibenwischerartiges Ausschneiden der kranialen Pedikelschraube aus dem osteoporotischen Knochen mit sekundärem Repositionsverlust.



► **Abb. 5** Zementaugmentierte Schraubenspitzen im axialen CT-Schnitt.

der Deformitätenchirurgie kommen. Im osteoporotischen Knochen hingegen kann die Benutzung dieser Instrumente und das gewaltsame Befestigen des Stabes an den Schrauben bereits bei der initialen Operation zur signifikanten Reduktion der Schraubenverankerung führen. Ein optimales Ausrichten der Schrauben und das Vermeiden von Repositionsmanövern über die Schrauben reduziert diesen Effekt [31]. Hierbei zeigt sich, dass bei der Verwendung von uniplanen und polyaxialen Schrauben im Vergleich zu monoaxialen Schrauben eine deutlich geringere Kraft notwendig ist, um den Stab in der Schraube zu verankern [32]. Allerdings ist der postoperative Repositionsverlust prinzipiell bei Verwendung von monoaxialen Schrauben im bisegmentalen Konstrukt geringer [33]. Weiter sollten Repositionsmanöver, wenn irgendwie möglich, nicht über die Schrauben und den Stab ausgeführt werden, da dies ein entscheidender Faktor für eine spätere Schraubenlockerung und Implantatversagen ist [31].

Schraubenaugmentation

Die Augmentation des Schraubenlagers (► **Abb. 5**) erhöht die axiale Ausrisskraft bis zu 250%. Allerdings darf dies nicht darüber hinwegtäuschen, dass der Halt maßgeblich von der vorhandenen Trabekelstruktur abhängig ist. So entspricht der Halt einer augmentierten Schraube bei einer hochgradigen Osteoporose demjenigen einer



► **Abb. 6** Dislokation des Wirbelkörperersatzes nach kaudalem Einsinken in den angrenzenden Wirbel und konsekutivem Verlust der initialen Vorspannung.

nicht augmentierten Schraube bei einer milden Osteoporose [34]. Insgesamt verspricht die Augmentation der Schrauben geringere Lockerungsraten, weniger Korrekturverlust und höhere Fusionsraten [35]. Hierbei haben mehrere Arbeitsgruppen gezeigt, dass 1–3 ml PMMA pro Schraube ausreichend sind [36, 37]. Bei all den Vorteilen, welche die Augmentation des Schraubenlagers mutmaßlich bietet, muss man immer einen kritischen Blick auf die zusätzlichen Risiken werfen, die sich durch das Einbringen von PMMA in den Schraubenkanal oder durch die Pedikelschraube ergeben. So ist die beschriebene Paravasatrate deutlich über derjenigen der Kyphoplastie und wird in aktuellen Studien mit über 70% und mit einer Rate an Zementembolien über 4% angegeben [38].

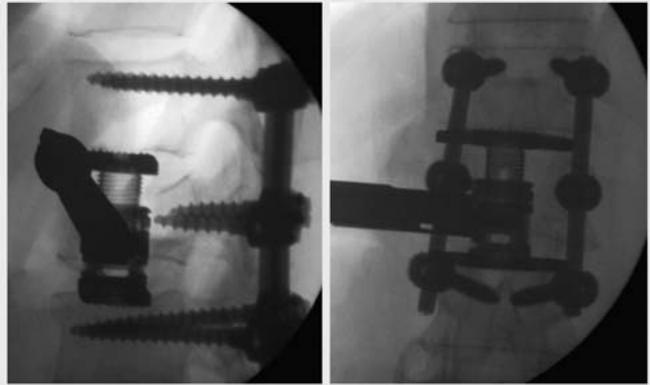
Möglichkeiten und Grenzen des Wirbelkörperersatzes bei Osteoporose

Bei nicht osteoporotischen Verletzungen der Wirbelsäule wurde gezeigt, dass bei entsprechender Verletzung des Wirbelkörpers – mit Verlust der ventralen Abstützung – eine kurzstreckige dorsale Instrumentierung mit einem steigenden Risiko eines Konstruktversagens einhergeht [39]. Dies kann zum einen durch eine Verlängerung der dorsalen Stabilisierung mit entsprechender potenzieller Bewegungseinschränkung, zum anderen durch die Abstützung der ventralen Säule erreicht werden. Diese Prinzipien sind wahrscheinlich auch, wenn nicht sogar noch deutlicher, auf die osteoporotische Wirbelsäule anzuwenden. Dies begründet sich daher, dass wie bereits dargelegt, der Halt der Pedikelschrauben im Wirbelkörper zusätzlich reduziert ist.

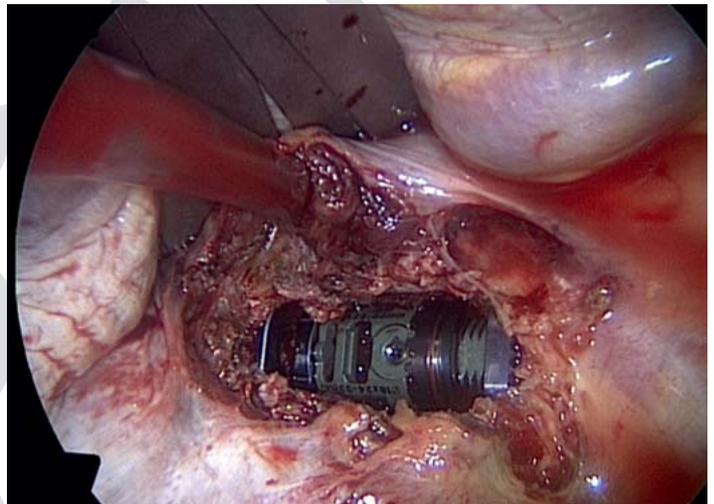
Ein weitläufig angeführtes Argument gegen eine ventrale Stabilisierung ist zum einen eine entsprechende Zugangsmorbidität bei potenziell vorerkrankten Patienten, zum anderen die Gefahr eines Einsinkens z. B. von Wirbelkörperersatzimplantaten im osteoporotischen Wirbelkörper. Dies führt dann konsekutiv zum Verlust der Vorspannung, und das initial zwischen 2 Wirbelkörper geklemmte Implantat unterliegt einer hohen Gefahr der sekundären Dislokation (► **Abb. 6**).

Letztendlich muss hier individuell entschieden werden, ob ein Patient für eine ventrale Rekonstruktion infrage kommt. Wie bei jeder Operation muss hier im Rahmen einer Nutzen-Risiko-Einschätzung individuell entschieden werden, ob eine isoliert dorsale Instrumentierung, eine kombiniert dorsoventrale Stabilisierung, kombiniert augmentierte Verfahren oder eine langstreckige dorsale Instrumentierung die für den Patienten potenziell beste Lösung ist.

Fällt die Entscheidung zum Wirbelkörperersatz, so sollte durch ein schonendes Präparieren der Grund- und Deckplatten der angrenzende Wirbelkörper nicht zusätzlich geschwächt werden. Weiter gibt es von der Industrie zu-



► **Abb. 7** Cage-Insertion mit breiter Auflage, die sich auf dem Apophysenring abstützt und somit das Risiko eines sekundären Einbrechens in den angrenzenden Wirbelkörper minimieren soll.

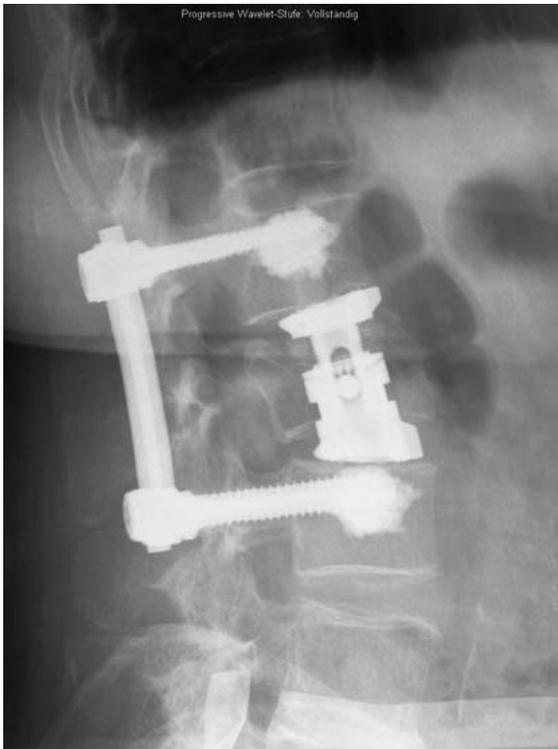


► **Abb. 8** Intraoperative Sicht auf den eingebrachten Wirbelkörperersatz nach minimalinvasiver thorakoskopisch assistierter Teilcorporektomie im thorakolumbalen Übergang.

nehmend breite, sich auf dem Apophysenring abstützende Implantate angeboten, die ein Einsinken im angrenzenden Wirbelkörper verhindern sollen (► **Abb. 7** und **8**). Eine weitere Möglichkeit ist die vorige Augmentation der Pedikelschrauben. Die periimplantäre Zementplombe dient dann nicht nur zur besseren Verankerung der Schrauben, sondern kann auch als solides Widerlager für den expandierten Wirbelkörperersatz dienen (► **Abb. 9**).

Hybridkonstrukt

Eine Möglichkeit, die Abstützung der ventralen Säule über einen dorsalen Zugang zu erreichen, ist die Kombination von augmentierenden Verfahren mit der dorsalen Instrumentierung. Diese Techniken wurden vor über



► **Abb. 9** Eingebrachter Wirbelkörperersatz und zementaugmentierte dorsale Pedikelschraubeninstrumentation. Die Zementplomben verbessern nicht nur das Schrauben-Knochen-Interface, sondern bieten auch ein verbessertes Widerlager für den expandierten Wirbelkörperersatz.

10 Jahren für die traumatischen Verletzungen der Wirbelsäule beschrieben [40] und zeigen in klinischen Kontrollen einen geringeren kyphotischen Korrekturverlust sowie weniger Implantatlockerungen im Vergleich zur isolierten dorsalen Instrumentierung. Weiter wird ein ver-

gleichbares klinisches Outcome im Vergleich zum Wirbelkörperersatz beschrieben [41]. Biomechanisch lässt sich durch das Aufrichten und die Augmentation des frakturierten Wirbelkörpers eine Reduktion der Belastung des Schrauben-Stab-Systems nachweisen [42]. Allerdings kann im biomechanischen Modell die Primärstabilität nicht durch die zusätzliche Augmentation gesteigert werden, sodass diese weiterhin maßgeblich von der dorsalen Instrumentierung abhängt [24].

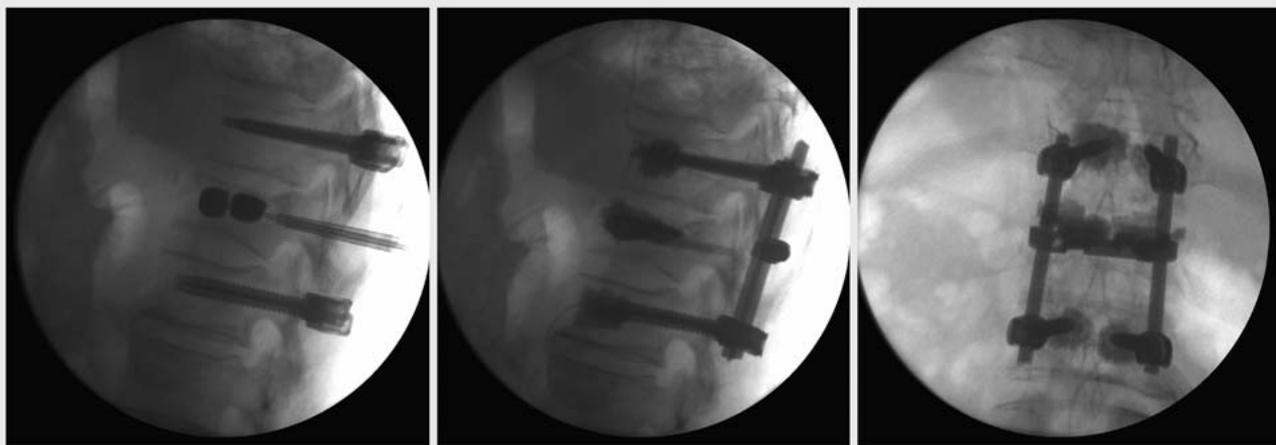
Ob die ballonassistierte Wirbelkörperrekonstruktion mit dorsaler Instrumentierung (► **Abb. 10**) für alle Patienten und besonders für Patienten mit hohem körperlichen Anspruch geeignet ist, kann aktuell noch nicht sicher beantwortet werden. Einzelne Arbeitsgruppen sehen in dieser Technik sogar eine Möglichkeit zur Versorgung von jüngeren Patienten [43]. Ob dies eine Erweiterung der Indikationen für die Zukunft bringt, bleibt abzuwarten.

Letztlich bietet die Hybridversorgung aus Kyphoplastie und Instrumentierung aber bereits heute eine wertvolle Alternative zur Abstützung der ventralen Säule unter Vermeidung eines anterioren Zugangs für ein ausgewähltes Patientengut.

Abschließend muss in Betracht gezogen werden, dass zurzeit im DRG-System keine Möglichkeit einer adäquaten Abrechnung dieser kombinierten Versorgung besteht.

Perkutane Verfahren zur segmentalen Stabilisierung

Perkutane Verfahren haben sich in der letzten Dekade weit verbreitet. Sie zeigen eine reduzierte Morbidität mit reduziertem Blutverlust. Ein Langzeitvorteil ist allerdings



► **Abb. 10** Aufrichtung des frakturierten Wirbelkörpers mittels Kyphoplastie und bisegmentale augmentierte Instrumentierung mit klinisch asymptomatischem PMMA-Paravasat.



► **Abb. 11** 3-D-navigierte perkutane Instrumentation. Über den navigiert eingebrachten K-Draht kann konventionell oder ebenfalls navigiert die Schraube platziert werden. Hierbei sollte sich die Durchleuchtungszeit und somit die Strahlenbelastung v. a. für das OP-Personal deutlich reduzieren.

bisher nicht nachgewiesen [26]. Dennoch bleibt kritisch individuell zu werten, ob nicht gerade der geriatrische Patient von diesen unmittelbaren Vorteilen dieser minimal-invasiven Techniken profitiert.

Ein wesentlicher Nachteil der perkutanen Technik ist die Tatsache, dass bisher keine klassische Fusion der posterioren Säule erreicht werden kann. Dies muss in die Planung der Versorgungsstrategie mit einbezogen werden. Ein weiterer Nachteil ist die Strahlenbelastung, nicht nur für den Patienten, sondern auch für Operateur und OP-Personal [44]. Einen möglichen Vorteil bietet hier die Navigation. Hierbei besteht die Möglichkeit mittels intraoperativer 3-D-Bildgebung oder anhand von 2-D-Bildern in verschiedenen Ebenen die Strahlenbelastung zu reduzieren [45]. Dies ist auch für das perkutane Vorgehen (► **Abb. 11**) zu erwarten.

Nachbehandlung

Die Nachbehandlung richtet sich maßgeblich nach der durchgeführten Versorgung. Prinzipielles Ziel einer jeglichen Behandlung sollte eine möglichst frühe Mobilisation der Patienten sowie eine Stärkung der Rumpf- und Rückenmuskulatur sein. Ergänzend zu den eher allgemeinen Prinzipien ist bei Verdacht auf Osteoporose eine entsprechende weiterführende Abklärung und -behandlung nach DVO-Leitlinie (www.dv-osteologie.org) essenziell. Der Chirurg sollte sich immer vor Augen führen, dass er bei Osteoporose mit der Operation nur die Folgen dieser Erkrankung und nicht die Erkrankung selbst behandelt.

Über die Autoren



René Hartensuer

PD Dr. med. René Hartensuer, FACS, Leitender Oberarzt der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Münster



Michael J. Raschke

Univ.-Prof. Dr. med. Michael J. Raschke, Direktor der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Münster

Korrespondenzadresse

PD Dr. med. René Hartensuer, FACS

Leitender Oberarzt
Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie
Universitätsklinikum Münster
Albert-Schweitzer-Campus 1, W1
48149 Münster
rene.hartensuer@ukmuenster.de

Literatur

- [1] Johnell O, Kanis JA. An estimate of the worldwide prevalence and disability associated with osteoporotic fractures. *Osteoporos Int* 2006; 17: 1726–1733
- [2] Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: a review. *Injury* 2006; 37: 691–697
- [3] Hadji P, Klein S, Gothe H et al. The epidemiology of osteoporosis–Bone Evaluation Study (BEST): an analysis of routine health insurance data. *Dtsch Arztebl Int* 2013; 110: 52–57
- [4] Ferrari S, Bianchi ML, Eisman JA et al. Osteoporosis in young adults: pathophysiology, diagnosis, and management. *Osteoporos Int* 2012; 23: 2735–2748
- [5] Jiang G, Luo J, Pollintine P et al. Vertebral fractures in the elderly may not always be “osteoporotic”. *Bone* 2010; 47: 111–116
- [6] Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK et al. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system. *Spine* 2013; 38: 2028–2037
- [7] Genant HK, Wu CY, van Kuijk C et al. Vertebral fracture assessment using a semiquantitative technique. *J Bone Miner Res* 1993; 8: 1137–1148
- [8] Genant HK, Li J, Wu CY et al. Vertebral fractures in osteoporosis: a new method for clinical assessment. *J Clin Densitom* 2000; 3: 281–290
- [9] Schnake K, Hahn P, Franck A et al. Development of a classification system (OF-classification) and of a score for therapeutic decision making (OF-score) for osteoporotic thoracolumbar fractures. *Eur Spine J* 2013; 22: 2590
- [10] Schnake K, Bouzakri N, Blattner T et al. Validation of a classification system for osteoporotic thoracolumbar fractures (OF-classification). *Eur Spine J* 2014; 23: 2511
- [11] Pfeifer M, Kohlwey L, Begerow B et al. Effects of two newly developed spinal orthoses on trunk muscle strength, posture, and quality-of-life in women with postmenopausal osteoporosis: a randomized trial. *Am J Phys Med Rehabil* 2011; 90: 805–815

- [12] Meccariello L, Muzii VF, Falzarano G et al. Dynamic corset versus three-point brace in the treatment of osteoporotic compression fractures of the thoracic and lumbar spine: a prospective, comparative study. *Aging Clin Exp Res* 2017; 29: 443–449
- [13] Li M, Law SW, Cheng J et al. A comparison study on the efficacy of SpinoMed® and soft lumbar orthosis for osteoporotic vertebral fracture. *Prosthet Orthot Int* 2015; 39: 270–276
- [14] Galibert P, Deramond H, Rosat P et al. [Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty]. *Neurochirurgie* 1987; 33: 166–168
- [15] Deramond H, Depriester C, Galibert P et al. Percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate. Technique, indications, and results. *Radiol Clin North Am* 1998; 36: 533–546
- [16] Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA. New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. *Spine (Phila Pa 1976)* 2001; 26: 1511–1515
- [17] Wilke HJ, Mehnert U, Claes L et al. Biomechanical evaluation of vertebroplasty and kyphoplasty with polymethyl methacrylate or calcium phosphate cement under cyclic loading. *Spine (Phila Pa 1976)* 2006; 31: 2934–2941
- [18] Kallmes DF, Comstock BA, Heagerty PJ et al. A randomized trial of vertebroplasty for osteoporotic spinal fractures. *N Engl J Med* 2009; 361: 569–579
- [19] Buchbinder R, Osborne RH, Ebeling PR et al. A randomized trial of vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral fractures. *N Engl J Med* 2009; 361: 557–568
- [20] Clark W, Bird P, Gonski P et al. Safety and efficacy of vertebroplasty for acute painful osteoporotic fractures (VAPOUR): a multicentre, randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Lancet* 2016; 388: 1408–1416
- [21] Wardlaw D, Cummings SR, Van Meirhaeghe J et al. Efficacy and safety of balloon kyphoplasty compared with non-surgical care for vertebral compression fracture (FREE): a randomised controlled trial. *Lancet* 2009; 373: 1016–1024
- [22] Zhao G, Liu X, Li F. Balloon kyphoplasty versus percutaneous vertebroplasty for treatment of osteoporotic vertebral compression fractures (OVCFs). *Osteoporos Int* 2016; 27: 1–12
- [23] Bouza C, López-Cuadrado T, Almendro N et al. Safety of balloon kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures in Europe: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur Spine J* 2014; 24: 715–723
- [24] Hartensuer R, Gehweiler D, Schulze M et al. Biomechanical evaluation of combined short segment fixation and augmentation of incomplete osteoporotic burst fractures. *BMC Musculoskelet Disord* 2013; 14: 360
- [25] Riesenbeck O, Stump A, Czarnowski N et al. Influence of kyphoplasty to posttraumatic segmental instability. *Eur Spine J* 2016; 25: 3774
- [26] Oh T, Scheer JK, Fakurnejad S et al. Minimally invasive spinal surgery for the treatment of traumatic thoracolumbar burst fractures. *J Clin Neurosci* 2015; 22: 42–47
- [27] Lee JH, Park JW, Shin YH. The insertional torque of a pedicle screw has a positive correlation with bone mineral density in posterior lumbar pedicle screw fixation. *Bone Joint J* 2012; 94-B: 93–97
- [28] Ozawa T, Takahashi K, Yamagata M et al. Insertional torque of the lumbar pedicle screw during surgery. *J Orthop Sci* 2005; 10: 133–136
- [29] Weinstein JN, Rydevik BL, Rauschnig W. Anatomic and technical considerations of pedicle screw fixation. *Clin Orthop Relat Res* 1992; (284): 34–46
- [30] Hirano T, Hasegawa K, Washio T et al. Fracture risk during pedicle screw insertion in osteoporotic spine. *J Spinal Disord* 1998; 11: 493–497
- [31] Paik H, Kang DG, Lehman RA et al. The biomechanical consequences of rod reduction on pedicle screws: should it be avoided? *Spine J* 2013; 13: 1617–1626
- [32] Serhan H, Hammerberg K, O'Neil M et al. Intraoperative techniques to reduce the potential of set-screw loosening in long spinal constructs: a static and fatigue biomechanical investigation. *J Spinal Disord* 2010; 23: e31–e36
- [33] Wang H, Li C, Liu T et al. Biomechanical efficacy of monoaxial or polyaxial pedicle screw and additional screw insertion at the level of fracture, in lumbar burst fracture: An experimental study. *Indian J Orthop* 2012; 46: 395–401
- [34] Sarzier JS, Evans AJ, Cahill DW. Increased pedicle screw pullout strength with vertebroplasty augmentation in osteoporotic spines. *J Neurosurg* 2002; 96: 309–312
- [35] Sawakami K, Yamazaki A, Ishikawa S et al. Polymethylmethacrylate augmentation of pedicle screws increases the initial fixation in osteoporotic spine patients. *J Spinal Disord* 2012; 25: E28–E35
- [36] Bullmann V, Liljenqvist UR, Rödl R et al. [Pedicle screw augmentation from a biomechanical perspective]. *Orthopade* 2010; 39: 673–678
- [37] Blattert TR, Glasmacher S, Riesner HJ et al. Revision characteristics of cement-augmented, cannulated-fenestrated pedicle screws in the osteoporotic vertebral body: a biomechanical in vitro investigation. Technical note. *J Neurosurg Spine* 2009; 11: 23–27
- [38] Mueller JU, Baldauf J, Marx S et al. Cement leakage in pedicle screw augmentation: a prospective analysis of 98 patients and 474 augmented pedicle screws. *J Neurosurg Spine* 2016; 25: 103–109
- [39] McCormack T, Karaikovic E, Gaines RW. The load sharing classification of spine fractures. *Spine* 1994; 19: 1741–1744
- [40] Oner FC, Verlaan JJ, Verbout AJ et al. Cement augmentation techniques in traumatic thoracolumbar spine fractures. *Spine* 2006; 31: S89–S95
- [41] Verlaan JJ, Dhert WJA, Verbout AJ et al. Balloon vertebroplasty in combination with pedicle screw instrumentation. *Spine* 2005; 30: E73–E79
- [42] Mermelstein LE, McLain RF, Yerby SA. Reinforcement of thoracolumbar burst fractures with calcium phosphate cement – a biomechanical study. *Spine* 1998; 23: 664–670
- [43] Verlaan JJ, Dhert WJA, Oner FC. Intervertebral disc viability after burst fractures of the thoracic and lumbar spine treated with pedicle screw fixation and direct end-plate restoration. *Spine J* 2013; 13: 217–221
- [44] Khan NR, Clark AJ, Lee SL et al. Surgical outcomes for minimally invasive vs. open transforaminal lumbar interbody fusion: an updated systematic review and meta-analysis. *Neurosurgery* 2015; 77: 847–874
- [45] Smith H, Welsch M, Ugurlu H et al. Comparison of radiation exposure in lumbar pedicle screw placement with fluoroscopy vs. computer-assisted image guidance with intraoperative three-dimensional imaging. *J Spinal Cord Med* 2016; 31: 532–537

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0043-115249>
 OP-JOURNAL 2017; 33: 248–256 © Georg Thieme Verlag KG
 Stuttgart · New York ISSN 0178-1715