Stellenwert der Kypho- und Vertebroplastie bei der Versorgung thorakolumbaler Frakturen

Während unfallbedingte Wirbelfrakturen einen Anteil von 3–5% an allen Frakturen haben, können osteoporotisch bedingte Brüche als Volkskrankheit angesehen werden. So leiden aktuell etwa 2,5 Mio. Deutsche an den Folgen meist osteoporotischer Wirbelfrakturen. Bis 2050 rechnen Demografen mit einer Verdreifachung auf dann etwa 7,5 Mio. Fälle. Die erfolgreiche Behandlung sowohl der Osteoporose als auch der durch sie bedingten Frakturen hilft, erhebliche Folgekosten zu reduzieren, stellt aber auch für die Betroffenen eine deutliche Verbesserung ihrer somatischen und sozialen Situation dar [4, 10, 12, 32].

Eindeutige Ziele der Behandlung von Wirbelfrakturen sind:

- die Wiederherstellung der Form, Funktion und Belastbarkeit des Achsorgans Wirbelsäule,
- eine adäquate Schmerzreduktion,
- eine zügige beruflich-soziale Reintegration und
- die Vermeidung von Spätfolgen.

Zur Realisierung dieser Zielstellung wurden klassifikationsbezogene therapeutische Strategien entwickelt. Sie orientieren sich am Schweregrad der Fraktur und zielen auf eine Rekonstruktion der die Belastung tragenden Wirbelstrukturen. Zur Vermeidung eines Korrekturverlusts wird dabei der ventralen Abstützung eine große Bedeutung beigemessen. Die operativen Möglichkeiten reichen dabei von transpedikulären Verfahren bis zu aufwändigen ventralen Fusionen.

Vertebroplastie. Diese erstmals 1984 von Galibert et al. [14] durchgeführte Technik realisiert die ventrale Abstützung mittels transpedikulär in den Wirbelkörper eingebrachten PMMA-Zements [1, 14]. Die Nachteile dieser Methode begründen sich aus dem unkontrollierten Einbringen des viskosen Zements mit hohem Druck und den sich daraus ergebenden Komplikationen. Da mit der Vertebroplastie keine kontrollierte Reposition zu realisieren ist, reduzierte sich die Indikation letztlich im Wesentlichen auf eine Schmerzreduktion osteoporotischer Sinterungsbrüche.

Kyphoplastie. Eine mögliche Lösung der Nachteile der Vertebroplastie stellt die 1998 von der FDA in den USA zugelassene Kyphoplastie dar. Sie erlaubt eine kontrollierte Reposition sowie ein kontrolliertes Einbringen des Knochenzements und er-

weitert das Spektrum der Verfahren zur minimalinvasiven ventralen Stabilisierung.

Ziel dieser Arbeit ist, den Stellenwert von Vertebro- und Kyphoplastie bei der Versorgung von Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule aufzuzeigen.

Technik

Vertebro- und Kyphoplastie basieren auf einer röntgenkontrollierten transpedikulären Einbringung von Knochenzement in den geschädigten Wirbelkörper. Während Erstere keine Kontrolle des Knochenzementflusses nach transpedikulärer Punktion erlaubt, wird bei Letzterer ein mit Kontrastmittel gefüllter Ballon idealerweise simultan bilateral druckkontrolliert expandiert. Dies führt im günstigen Fall zur Reposition des Wirbelkörpers

Abb. 1 ► Lagerung zur Kyphoplastie (2 Bildverstärker, Karbonstisch)

Abb. 2 ▲ Klassifikation von Wirbelfrakturen des Typs A. (Nach [26])

Abb. 3 ▲ Leckagen nach Vertebroplastie

Abb. 4 ▲ Klassifikation der vertebroplastierten Frakturen

Abb. 5 ▲ Verteilung mittels Vertebroplastie versorgter Frakturen

und schafft eine durch Druck präformierte Höhle mit einer komprimierten spongiösen Wand. Das Auffüllen dieses Hohlraums wird röntgenkontrolliert realisiert – die Gefahr des Zementaustritts ist deshalb deutlich reduziert [2, 6, 11, 18].

Prinzipiell haben beide Verfahren ihre spezifischen Komplikationen, die nur durch adäquate Indikationsstellung, exakte Operationstechnik und das Vorhalten der notwendigen Technik reduziert werden können.

Eine Reduktion der Zementleckagen kann sowohl durch umfassende präoperative Diagnostik als auch durch exakte Operationstechnik unter Einsatz von 2 leistungsfähigen Bildverstärkern und (idealerweise) eines Karbonoperationstisches erreicht werden (■ Abb. 1).

Indikation

Wie bei jedem operativen Eingriff wird der Erfolg von Vertebro- und Kyphoplastie wesentlich von der exakten Indikationsstellung beeinflusst.

Bei der Frakturbehandlung reduziert sich die Indikation zur Vertebroplastie auf Schmerzen infolge von Wirbelbrüchen vom Typ A1. Die Versorgung von Frakturen mit einer erheblichen Deformierung ist Domäne der Kyphoplastie. Erweiterte präoperative Diagnostik, aber auch wachsende Erfahrungen mit der Technik der Kyphoplastie in ausgewählten Fällen und unter strenger Indikationsstellung lassen die Versorgung von Frakturen auch mit Hinterkantenbeteiligung zu (Typ A3.1). Brüche mit Verletzungen der angrenzenden Bandscheiben und/oder hoher Instabilität (B- und C-Typen) bedürfen einer dorsoventralen Spondylodese (■ Abb. 2).

Boszczyk et al. [6], Meeder et al. [27], Maestretti et al. [25] und weitere Autoren wiesen auf die Möglichkeit der Versorgung frischer Wirbelfrakturen mittels Kyphoplastie hin. Als Zeitgrenze zur möglichen Aufrichtung des Wirbelkörpers werden einheitlich maximal 3–4 Wochen angegeben. Innerhalb dieses Zeitraums ist eine Reposition möglich – anzustreben ist die Versorgung innerhalb der ersten Woche nach dem Unfall. Bei älteren Frakturen mit geringer Sinterung (Typ A1.1 und A1.2) empfiehlt sich somit die Vertebroplastie mit dem Ziel der Schmerzreduktion [6, 7, 11, 27].

Bei der Therapieplanung ist die Beachtung bestehender allgemeiner Kontraindikationen selbstverständlich (■ Tab. 1).

Voraussetzungen

Eine erfolgreiche Versorgung von Wirbelfrakturen bedarf einer adäquaten individuellen Planung, basierend auf einer durch umfassende Diagnostik realisierten Klassifikation [26]. Hierzu müssen neben aktuellen Röntgenaufnahmen eine MRT und idealerweise eine CT-Untersuchung vorliegen [4]. Vor allem die Entscheidung zur minimalinvasiven Vertebro- oder Kyphoplastie muss sensibel und kritisch geprüft werden.

Zusammenfassung · Abstract

Trauma Berufskrankh 2008 · 10[Suppl 2]:187–195 DOI 10.1007/s10039-007-1319-z
© Springer Medizin Verlag 2008

F. Hoffmann · L. Pohl

Stellenwert der Kypho- und Vertebroplastie bei der Versorgung thorakolumbalen Frakturen

Zusammenfassung

Die Erweiterung der Vertebroplastietechnik zur Kyphoplastie reduziert die verfahrenstypischen Komplikationen. Die Verwendung druckkontrollierter Ballons erweitert die Indikation zur Kyphoplastie. Kurze Operationszeiten, geringe Belastung des Patienten und hohe Primärstabilität erlauben die Versorgung frischer Frakturen der Typen A1 und A3.1. Die Kyphoplastieindikation bedarf einer individuellen und interdisziplinär realisierten kritischen Prüfung. Die präoperative Diagnostik muss eine eindeutige Klassifikation des Schweregrads der Fraktur zulassen.

Ein Ausschluss von Bandscheibenläsionen und/oder Frakturen der Typen B und C ist obligat. Die Anwendung der Vertebroplastie empfiehlt sich lediglich zur Schmerzreduktion bei osteoporotischen Frakturen des Typs A1.1 und A1.2 – diese Methode wurde von uns seit 2004 aufgrund der geringeren Komplikationsrate der Kyphoplastie nicht mehr angewendet.

Schlüsselwörter

Kyphoplastie · Vertebroplastie · Wirbelfraktur · Indikation · Komplikationsrate

The place of kyphoplasty and vertebroplasty in the management of thoracolumbar fractures

Abstract

The extension of vertebroplasty to kyphoplasty has reduced the complications often associated with the vertebroplasty procedure. The use of pressured balloons in kyphoplasty has also extended the indications for vertebroplasty. The short operating time, the slight load on the patient, and the high stability achieved in kyphoplasty allow this treatment to be used for fresh fractures of types A1 and A3.1. However, preoperative investigations must be sure to rule out disc lesions and/or fractures of types B and C. The

use of vertebroplasty mainly allows pain reduction in osteoporotic fractures of types A1.1 and A1.2 but not reduction of the fracture. Because of this, since 2004 we have preferred kyphoplasty, which allows both pain reduction and fracture reduction, over vertebroplasty.

Keywords

Kyphoplasty · Vertebroplasty · Spinal fracture · Indication · Complication rate

Tab. 1 Allgemeine Kontraindikationen zur Vertebro- und Kyphoplastie. (Nach [2, 6, 10, 23])

Keine Operations-/Narkosefähigkeit
Gerinnungsstörungen
Infektionen (Spondylitis, Osteomyelitis)
Hinterkanteninstabilität (relative)
Hochgradige degenerative Wirbelsäulenveränderungen
Beschwerden bei Bandscheibenproblematik
Schwangerschaft
Vertebra plana mit vollständigem Verlust der Wirbelkörperhöhe
Allergie auf Bestandteile des Knochenzements

Tab. 2 Allgemeine Voraussetzungen zur Kyphoplastie. (Nach [7, 13, 23, 27])

Interdisziplinäre Indikationsstellung
Aktuelle Röntgenbilder der BWS und LWS (<4 Wochen alt)
Spiral-CT oder MRT der Wirbelsäule
Neurologischer Ausschluss einer radikulären Symptomatik
Operations-/Narkosefähigkeit
Normale Gerinnung (Karenz von NSAR, Aspirin u. Ä.)

Eigene Erfahrungen zeigen die Suffizienz einer interdisziplinären Fallbesprechung im Rahmen eines „Wirbelsäulenteams“, bestehend aus Radiologen, Orthopäden, Neurochirurgen und Traumatologen. Dies korreliert mit Hinweisen von Franck et al. [13], Da Fonseca et al. [10] und weiteren Autoren.

Neben der interdisziplinären Indikationsstellung und -überprüfung sind die Abklärung der Gerinnungssituation, der Ausschluss neurologischer Störungen und/oder degenerativer Schmerzursachen und selbstverständlich eine Operations- und Narkosefähigkeit unbedingte Voraussetzungen zur Indikationssicherung (■ Tab. 2, [5, 10, 21, 27]).

Vor allem sollte die Kyphoplastie von Frakturen des Typs A3 nur durch in der Wirbelsäulenchirurgie erfahrene Operateure vorgenommen werden [11].

Die Möglichkeit der intraoperativen Nutzung eines 3D-fähigen Bildverstärkers ist zu empfehlen.

Tab. 3 Klassifikationsbezogene Therapie von Wirbelfrakturen

Frakturtyp	Klinik	Therapie
A1.1	Stabil, kein Schmerz	Konservativ (kein Korsett)
	Schmerzen	Kyphoplastie
A1.2	(Bl>0,7) Stabil, kein Schmerz	Konservativ (kein Korsett)
	Schmerzen	Kyphoplastie
	(Bl<0,7) (Instabil)	Kyphoplastie, (Fixateur)
A1.3		Kyphoplastie
A2.1/A2.2	Stabil	Konservativ (Böhler/Magnus)
A2.3	Instabil	Spondylodese dorsal, im Intervall ventrale Fusion/(Kyphoplastie)
A3.1	Bandscheibe intakt/Hinterkante gering verlagert	Kyphoplastie („stand alone“)
	Bandscheibe defekt/Hinterkante deutlich verlagert	Spondylodese dorsal (+Kyphoplastie oder ventrale Fusion)
A3.2		Spondylodese dorsal
A3.3		Spondylodese dorsal (+ ventral)
B	Instabil	Spondylodese dorsal (+ ventral)
C	Instabil	Spondylodese dorsal (+ ventral)

Komplikationen

Die Komplikationsbreite eines Eingriffs bestimmt selbstverständlich die Indikation und den Erfolg. Die Gefahr intraoperativer Leckagen mit erheblichen daraus resultierenden Gefahren bis hin zu neurologischen Störungen und Embolien schränkt die Anwendbarkeit der Vertebroplastie v. a. bei der Versorgung frischer Frakturen deutlich ein (■ Abb. 3).

Die Berichte mehrerer Autoren über Leckagen in bis zu 70% und das Auftreten klinisch relevanter Komplikationen (Spinalkanalstenosen, Einengung der Neuroforamina, postoperative Myelo- und Radikulopathien, symptomatische Embolien ...) bei der Vertebroplastie lässt diese Technik eindeutig in den Hintergrund treten [5, 8, 15, 27, 30].

Über asymptomatische Leckagen bei der Kyphoplastie wurde in 8–30% berichtet [6, 8, 10, 20, 27, 33]. Klinisch relevante Komplikationen wurden in 2,5% [10] der Fälle angegeben und nur kasuistisch berichtet:

- Epidurale Nachblutung [20],
- Zementpenetration in die V. azygos [28],
- Fehlpunktion [20].

Die angegebenen weiteren Komplikationsmöglichkeiten (Verletzungen der Aorta oder V. cava, allergische Reaktion auf Kontrastmittel bei Ruptur des Ballons

[18]) haben offensichtlich keine klinische Bedeutung. Bei geeigneter Indikationsstellung sind die Komplikationen der Kyphoplastie auf ein sehr geringes Maß zu reduzieren.

Die Notwendigkeit der kausalen Therapie bei Osteoporose sei der Vollständigkeit halber an dieser Stelle erwähnt [13].

Eigene Erfahrungen

Patienten und Methode

Von 07/2002–12/2004 wurden in der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Klinikum Frankfurt (Oder) GmbH, 29 Wirbel (BWK7–LWK4) bei 19 Patienten vertebroplastiert. Indikationen waren ausschließlich schmerzhafte osteoporotische Frakturen der Typen A1.1, A1.2 und A1.3 (■ Abb. 4, 5).

Die hinsichtlich der bei allen 19 Patienten erreichten Schmerzreduktion guten ersten Erfahrungen bewogen uns, überlappend seit September 2004 die Kyphoplastie einzuführen. Seit Januar 2005 wird diese bei entsprechender Indikation (s. unten) ausschließlich angewandt.

Seit Einführung der Kyphoplastie wird die Indikation im „Wirbelsäulenteam“, bestehend aus Vertretern der Orthopädie, Neurochirurgie, Radiologie und Unfallchirurgie, besprochen. Bisher wurden in der Klinikum Frankfurt (Oder) GmbH 257 Patienten kyphoplastiert.

Abb. 6 ► Altersverteilung der 137 von 9/2004–9/2007 kyphoplastierten Patienten (a), Frakturklassifikation (b) und Verteilung (c) der 150 bei diesen Patienten kyphoplastierten Wirbel

In der der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Klinikum Frankfurt (Oder) GmbH, erfolgte eine Kyphoplastie an 150 Wirbeln von 137 Patienten. Behandelt wurden 97 Frauen (71%) und 40 Männer (29%) mit einem Durchschnittsalter von 65,6 Jahren (■ **Abb. 6**).

Durch eine konsequente präoperative Diagnostik (Röntgenaufnahmen der Wirbelsäule in 2 Ebenen, CT mit Rekonstruktion und MRT) waren sowohl eine eindeutige Klassifikation der Frakturen (■ **Abb. 6**) als auch der Ausschluss von Verletzungen der benachbarten Bandscheiben möglich (■ **Abb. 7**).

Bei den im Alter von 19–89 Jahren versorgten 137 Patienten erfolgte die Kyphoplastie in 117 Fällen innerhalb von 4 Wochen nach dem Trauma. 3 Patienten wurden bis 5 Monate nach dem Unfall ver-

sorgt. 59 Patienten erlitten eine durch Osteoporose bedingte Fraktur, bei 17 Patienten stand das Unfallgeschehen trotz Osteoporose im Vordergrund.

Aufgrund der guten ersten Erfahrungen entschlossen wir uns im April 2005 erstmals zur Versorgung einer primär mittels Fixateur interne reponierten und retinierten LWK1-Fraktur mit Hinterkantenbeteiligung (Typ A3.11). Intra- und postoperativer Verlauf eines 53-jährigen Patienten nach Arbeitsunfall sind beispielgebend für die nach Indikationserweiterung realisierte Versorgung von 7 A3.1-, 3 A3.2- und 3 A2.3-Frakturen (■ **Abb. 8, 9**). Mittlerweile führten wir bei instabiler A3.1-Fraktur nach Ausschluss einer B- oder C- und Bandscheibenverletzung in 9 Fällen eine zweizeitige dorsoventrale Versorgung primär mittels Distractionsspondylodese, dann mit Kyphoplastie durch.

Komplikationen

Klinisch relevante Komplikationen traten intraoperativ weder bei den Vertebro- noch bei den Kyphoplastien auf. Die Aufarbeitung der Kyphoplastien an 150 Wirbeln ergab bei kritischer Wertung 12 Leckagen (6 lateral, 3 ventral, 3 pedikulär) (■ **Abb. 9**). Eine Ruptur des Kyphoplastieballons sahen wir in 3 Fällen, dabei ergaben sich keine Konsequenzen, die Operation konnte jeweils erfolgreich beendet werden.

Postoperativ kam es bei einer Patientin (48 Jahre, BWK12-Fraktur Typ A3.11) zu einer Lyse im Bereich des applizierten Knochenzements mit Sinterung. Eine Infektursache konnte nicht bestätigt werden.

Neurologische Komplikationen sahen wir keine.

Abb. 7 ▲ Präoperative Planung, intraoperatives und Spätergebnis nach Kyphoplastie bei LWK1-Fraktur des Typs A121 (38-jährige Patientin nach Skiunfall), **a** Röntgen am Unfalltag, **b** CT-Rekonstruktion, **c** MRT, **d** Röntgen intraoperativ, **e,f** Röntgen 14 Monate postoperativ, **g** MRT 24 Monate postoperativ, **h** Röntgen 24 Monate postoperativ

Abb. 8 ▲ Dorsoventrale Versorgung mittels Fixateur interne und Kyphoplastie bei instabiler LWK1-Fraktur mit Komplikationen, **a** Röntgen am Unfalltag, **b** MRT, Operationsplanung, **c** Röntgen nach dorsaler Distractionsspondylodese, **d** CT postoperativ mit Defekt, **e** Röntgen nach Kyphoplastie (6 Wochen nach Trauma), **f** spontane ventrale Abstützung (Nachuntersuchung September 2007)

Abb. 9 ▲ Laterales Paravasat nach Kyphoplastie (asymptomatisch)

Abb. 10 ► Korrekturgewinn von 10° durch Kyphoplastie: 62-jährige Patientin mit LWK1-Fraktur Typ A123 durch Sturz: Aufrichtung des Wirbels um 63% auf 85% des gesunden Nachbarwirbels

Abb. 11 ◀ Durchschnittliche Operationszeit der bei 137 Patienten von 09/2004–09/2007 durchgeführten Kyphoplastien

Ergebnisse

Eine radiologische und klinische Nachuntersuchung konnte bei 92 der bis Ende 2007 behandelten 102 Patienten erfolgen. Die Auswertung ergab einen Rückgang der Schmerzsymptomatik bei allen Befragten. So konnte der durchschnittliche VAS-Wert von 8,2 präoperativ auf 3,8 postoperativ verbessert werden.

Der Korrekturgewinn des Grunddeckplattenwinkels betrug durchschnittlich 4,2° (Auswertung von 43 Typ-A1.2- und -A3.1-Frakturen). Die durchschnittliche Reduktion des Kyphoseindex betrug 0,11 (präoperativ 0,6 bei der Nachuntersuchung 0,71) (■ **Abb. 10**, Nittinger, pers. Mitteilung).

Von 12 Patienten, die im Rahmen eines BG-Heilverfahrens nach Arbeitsunfällen behandelt wurden, konnten alle in ihre berufliche Tätigkeit reintegriert werden. Die gutachterliche Bewertung der Unfallfolgen (MdE) ergab hinsichtlich der Fraktur in 7 Fällen 10% und in 5 Fällen 20%.

Diskussion

Die durch eine niedrige Komplikationsrate charakterisierte minimalinvasive Technik der Ballonkyphoplastie stellt ein sicheres alternatives Verfahren zur Stabilisierung ausgewählter frischer traumatisch bedingter Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule dar. Bei der Therapie schmerzhafter osteoporotischer Frakturen ist die Methode als etabliert anzusehen.

Unsere Erfahrungen bestätigen die in der Literatur angegebene Möglichkeit der bleibenden Wirbelkörperaufrichtung sowie eine deutliche Schmerzreduktion nach druckkontrollierter Reposition [6, 7, 10, 17, 20, 23, 24, 25, 27, 33]. Der eindeutige Vorteil der Kyphoplastie besteht in

der druckkontrollierten Ausbildung einer Höhle mit komprimierter spongöser Wand. Deren Auffüllung erhält die Kontur des Wirbelkörpers und reduziert die postoperativ empfundenen Schmerzen deutlich [20].

Ist durch die präoperative Diagnostik das Vorliegen einer frischen Fraktur bewiesen und sind begleitende Bandscheibenläsionen ausgeschlossen, ist bei individueller Indikationsprüfung auch bei jungen Patienten eine ventrale Abstützung durch Kyphoplastie möglich. Dass eine leistungsfähige MRT in der Lage ist, Bandscheibenläsionen zuverlässig zu erkennen, konnten Cumhur et al. [9] bereits 1999 an einer Kadaverstudie nachweisen. Entsprechend erweiterten wir unser klassifikationsbezogenes Therapiekonzept auch auf die Versorgung von A3-Frakturen (■ **Tab. 3**).

Unsere ersten Ergebnisse bestätigen das vorgelegte Therapiekonzept. Beachtet werden muss jedoch unbedingt die kritische Indikationsprüfung, idealerweise im Rahmen eines interdisziplinären „Wirbelsäulentteams“.

Die Kyphoplastie ist bei regelrechter Indikation geeignet, den Patienten die aufwändige und mit hohem zeitlichem und personellem Aufwand belastete ventrale Fusion in offener oder minimierter (thorakoskopischer) Technik zu ersparen. So lag die durchschnittliche Operationszeit unserer Versorgungen bei 42 min (■ **Abb. 11** [18]).

Die Methode erlaubt eine schnelle Rehabilitation des in über 90% der Fälle schmerzreduzierten/-freien Patienten, der in der Regel am ersten postoperativen Tag ohne zusätzliche orthetische Versorgung voll mobilisiert werden kann [5, 10, 11, 17, 27, 33].

Die Vertebroplastie hat aus unserer Sicht nur noch eine Bedeutung bei der

Versorgung älterer thorakolumbalen Frakturen der Typen A1.1 und A1.2 bei bestehenden therapiepflichtigen Schmerzen [6, 32].

Interessant ist auch der Hinweis von Villarraga et al. [32], dass die Kyphoplastie ein geringeres Risiko für Anschlussfrakturen benachbarter Wirbelkörper als die Vertebroplastie darstellt.

Die offenen Probleme der Kyphoplastie bestehen v. a. in der unklaren Frage der dauerhaften Verträglichkeit und diskutierten Toxizität des bisher eingesetzten Polymethylmetacrylatzements (PMMA). Die regelmäßig angeführte Hitzeschädigung des umliegenden Gewebes spielt offensichtlich keine wesentliche Rolle. So konnten Wang et al. [34] bereits 1984 im Tierversuch keine spinalen Schädigungen bei zervikalen Fusionen mit PMMA im Hundemodell nachweisen, auch wenn keine Isolationsschicht verwendet wurde. Die Autoren führten dies auf die Isolationsfunktion der erhaltenen Ligamente sowie v. a. auf die Wärmetransportfähigkeit der gefäßreichen duranahen Strukturen zurück (zitiert in [21]).

Das verfügbare und von uns unter Studienbedingungen eingesetzte resorbierbare Kalziumphosphat Calcibon® scheint ein erster Lösungsansatz zu sein. Maestretti et al. [25] berichteten 2006 über erste gute Erfahrungen bei 28 Patienten mit Frakturen der Typen A1, A3.1 und A3.2 [2, 10, 20, 25]. Blattert u. Weckbach [3] beschrieben dagegen eine reduzierte Belastbarkeit und einen Fall von „Auswaschung“ bei der Verwendung von Kalziumphosphat. Spätergebnisse sind selbstverständlich bei der neuen Methode der Kyphoplastie und bei Verwendung resorbierbarer Augmentate noch nicht verfügbar [10]. Da bei einem eventuellen Therapie(spät)versagen nach Kyphoplastie die Möglichkeit der offenen ventralen Fusion besteht, sollte bei passender Indikation und unter dem Aspekt des „nil nocere“ die minimalinvasive Therapieoption gewählt werden.

Korrespondenzadresse

Dr. F. Hoffmann

Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Klinikum Frankfurt (Oder) GmbH
Müllroser Chaussee 7, 15236 Frankfurt/Oder
unfallchirurgie@klinikumffo.de

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

Literatur

1. Arnold W (1985) Early surgical treatment of traumatic paraplegia with an external fixation device and diagonal vertebroplasty. *Unfallchirurg* 7: 293–298
2. Berlemann U, Müller CW, Krettek C (2004) Perkutane Augmentierungstechniken der Wirbelsäule. *Orthopäde* 33: 6–12
3. Blattert TR, Weckbach A (2004) Kalziumphosphat vs. Polymethylmethacrylat. *Trauma Berufskrankh [Suppl 2]* 6: S273–S278
4. Blauth M, Lange UF, Knop C et al. (2000) Wirbelsäulenfrakturen im Alter und ihre Behandlung. *Orthopäde* 29: 302–317
5. Bohndorf K, Fessler R (2006) Vertebroplastie und Kyphoplastie bei osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen: Gesicherte Kenntnisse, offene Fragen. *Radiologe* 46: 881–892
6. Boszczyk B, Bierschneider M, Potulski M et al. (2002) Erweitertes Anwendungsspektrum der Kyphoplastie zur Stabilisierung der osteoporotischen Wirbelfraktur. *Unfallchirurg* 105: 952–957
7. Cortet B, Cotton A, Boutry N et al. (1999) Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture. *J Rheumatol* 26: 2222–2228
8. Cotton A, Dewatre F, Clarisse J et al. (1996) Percutaneous vertebroplasty for osteolytic metastases and myeloma. *Radiology* 200: 525–530
9. Cumhur F, Oner Rob HH, Van der Rijt Lino MP et al. (1999) Verbot correlation of MR images of disc injuries with anatomic sections in experimental thoracolumbar spine fractures. *Eur Spine J* 8: 194–198
10. Da Fonseca K, Baier M, Grafe I et al. (2006) Ballonkyphoplastie in der Therapie von Wirbelkörperfrakturen. *Unfallchirurg* 109: 391–400
11. Da Fonseca K, Baier M, Grafe I et al. (2006) OP-Technik der Ballonkyphoplastie. *Unfallchirurg* 109: 401–405
12. European Commission (1998) Report on osteoporosis in the European Community, action for prevention. European Commission, Brüssel
13. Franck H, Bronek M, Boszczyk M et al. (2003) interdisziplinäre Betrachtung der Ballonkyphoplastie bei Behandlung osteoporotischer Wirbelkörperkompressionsfrakturen. *Eur Spine J [Suppl 2]* 12: 163–167
14. Galibert P, Deramond H, Rosat P et al. (1987) Preliminary note on the treatment of vertebral angiodysplasia by percutaneous acrylic vertebroplasty. *Neurochirurgie* 33: 166–168
15. Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA (2001) New technologies in spine. Kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. *Spine* 26: 1511–1515
16. Hauck St, Beisse R, Böhre V (2005) Vertebroplasty and kyphoplasty in spinal trauma. *Eur J Trauma* 5: 453–463
17. Heini PF, Orler R (2004) Vertebroplastik bei hochgradiger Osteoporose. Technik und Erfahrung mit plurisegmentalen Injektionen. *Orthopäde* 33: 22–29
18. Heini PF, Orler R (2004) Kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral fractures. *Eur Spine J* 13: 184–192
19. Hillmeier J, Grafe I, Da Fonseca K et al. (2004) Die Wertigkeit der Ballonkyphoplastie bei der osteoporotischen Wirbelkörperfraktur. *Orthopäde* 33: 893–904
20. Hillmeier J, Meeder PJ, Nöldge G et al. (2004) Augmentation von Wirbelkörperfrakturen mit einem neuen Calciumphosphat-Zement nach Ballon-Kyphoplastie. *Orthopäde* 33: 31–39
21. Jerosch J (2004) Wirbel um Wirbel (-) Stabilität. *Orthop Rheum* 2: 38–44
22. Kado DM, Browner WS, Palermo L (1999) Vertebral fractures and mortality in older women: a prospective study. *Arch Intern Med* 159: 1215–1220
23. Kasperk Ch, Hillmeier J, Nöldge G et al. (2003) Kyphoplastie – Konzept zur Behandlung schmerzhafter Wirbelkörperbrüche. *Dtsch Arztebl* 25: 1748–1752
24. Liebermann IH, Dudeney S, Reinhardt MK et al. (2001) Initial outcome and efficacy of „kyphoplasty“ in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 26: 1631–1638
25. Maestretti G, Cremer C, Otten P et al. (2006) Prospective study of standalone ballon kyphoplasty with calcium phosphate cement augmentation in traumatic fractures. *Eur Spine J* 16: 601–610
26. Magerl F, Aebi M, Gertzbein D et al. (1994) A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 3: 184–201
27. Meeder PJ, DaFonseca K, Hillmeier J et al. (2003) Kyphoplastie und Vertebroplastie bei Frakturen im hohen Lebensalter. *Chirurg* 74: 994–999
28. Müller M, Biedermann M, Strecker W (2006) Komplikationen im Rahmen der Kyphoplastie. *Orthopäde* 35: 1183–1186
29. Oner FC, Ramos LMP, Simmermacher RKJ et al. (2002) Classification of thoracic and lumbar spine fractures: problems of reproducibility. *Eur Spine J* 11: 235–245
30. Phillips FM, McNally T, Lieberman I (2001) Does kyphoplasty reduce potential for extravertebral and intravascular polymethylmethacrylate leakage when compared to vertebroplasty. *Eur Spine J* 10: 57–61
31. Pohl L, Hoffmann F, Schröder U et al. (2005) Kyphoplastie – Erste Ergebnisse mit dem Verfahren in 43 Fällen. Poster. Deutsch-Polnisches Symposium 2005, Frankfurt (Oder)
32. Villarraga LM, Crompton PA, Bellezza AJ et al. (2004) Knochen und Knochen-Zement-Belastungen in der thorakolumbalen Wirbelsäule nach Kyphoplastik. *Orthopäde* 33: 48–55
33. Voggenreiter G, Sadik M, Majetschak M et al. (2004) Behandlungsergebnisse der Ballonkyphoplastik. *Med Rev* 1
34. Wang GJ, Reger SI, Shao ZH et al. (1984) Comparative strength of anterior spinal fixation with bone graft or polymethylmethacrylate. Experimental operations and observations on dogs. *Clin Orthop Relat Res* 188: 303–308