

Vertebro- und Kyphoplastik

Wirbel um Wirbel(-)Stabilität

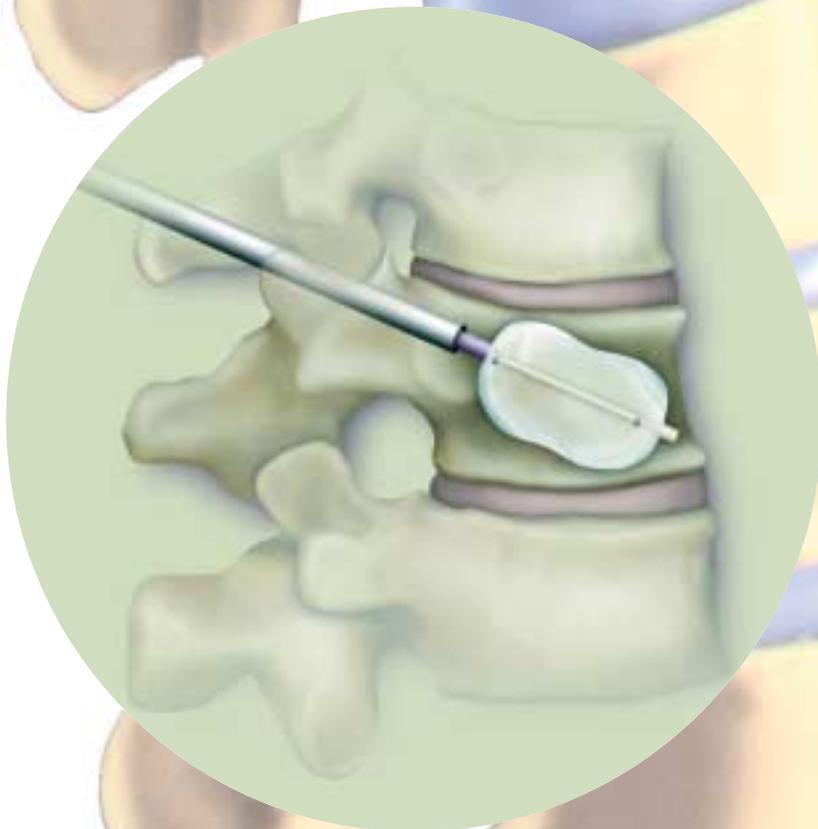
J. JEROSCH

Minimal-invasive OP-Techniken zur Zementfüllung von Wirbelkörpern haben sich als Verfahren zur Stabilisierung schmerzhafter Sinterungen bei Patienten mit Osteoporose etabliert – ein Erfahrungsbericht.

Erhebliche, die Lebensqualität deutlich reduzierende Schmerzen werden immer wieder als Leitsymptom bei Patienten mit Osteoporose benannt. Biomechanisch besonders ungünstig scheint der thorakolumbale Übergang zu sein. Hier sind nach einmal stattgehabter Fraktur auch mit nur geringer Deformierung immer wieder rasch progrediente Verläufe zu beobachten (Abb. 1a und b). Neue minimal-invasive OP-Techniken bieten hier neue Therapieansätze.

Perkutane Vertebroplastik

Die Technik der perkutanen Vertebroplastik (PVP) wurde erstmals 1987 zur Behandlung vertebraler Hämangiome beschrieben. Als Füllmaterial wurde Polymethylmetacrylat (PMMA) verwendet, das bis heute das Material der Wahl geblieben ist. Selbst die Auffüllung



© Prof. Dr. J. Jerosch, Neuss (1–5; 7–9)

Abbildungen 1a und b:
Progredienz einer osteoporotischen Fraktur im thorakolumbalen Übergang



Abbildung 2:
Schematische Darstellung der Vertebroplastik

von Wirbelkörpern mit Knochenzement wurde im Rahmen der Tumorchirurgie bereits mehrfach beschrieben. Nachdem in diesen Fällen meist eine rasche und deutliche Schmerzreduktionen zu verzeichnen war, wurden ab Mitte der 1990er Jahre auch osteoporotische Wirbelkörperkompressionen mit der Zementaugumentierung behandelt.

— OP-Technik

Prinzip: Bei der PVP wird der frakturierte Wirbelkörper mit PMMA aufgefüllt und so in seiner Stabilität verstärkt (Abb. 2). Die Operation erfolgt über eine perkutan eingebrachte Hohlkanüle, die transpedikulär oder über einen posterolateralen Zugang im Wirbelkörper platziert wird. Benutzt wird in der Regel ein steriler Knochenzement, der relativ lange dünnflüssig bleibt.

Lagerung und Vorbereitung: In der klinischen Routine führen wir die Vertebroplastik im LWS-Bereich im Operationssaal unter Bildwandlerkontrolle durch. Der Patient wird auf dem Bauch gelagert (Abb. 3). Der Rücken wird chirurgisch mehrfach steril abgewaschen und steril abgedeckt, das zu augmentierende Niveau unter dem Bildwandler identifiziert. Der Bildwandler kann intraoperativ steril umgeschwenkt werden, sodass während der Zementauffüllung eine Röntgenkontrolle in mehreren Ebenen möglich ist. Das schmerzhafte Segment wird präoperativ mit Hilfe einer Kernspintomografie identifiziert. Haut und Stichkanal werden bis auf das Periost des betroffenen Wirbelkörpers mit Lokalanästhetikum infiltriert.

Meist wird der Eingriff in Lokalanästhesie durchgeführt und ist somit auch für die oftmals multimorbiden Patienten wenig belastend. Ein venöser Zugang ist ebenso obligat wie ein Monitoring der Herz-Kreislauf-Funktionen.

Zugang und Injektion: Von posterolateral wird eine Punktionskanüle in den betroffenen Wirbelkörper gelegt und Kontrastmittel vorinjiziert. Andere Autoren bevorzugen einen transpedikulären Zugang zum Wirbelkörper. Wenn das Kontrastmittel sofort in große Gefäße abfließt, wird die Nadel umplatziert. In der Spätphase findet sich immer ein Abschluss – oftmals mit einer Darstellung des Nierenkelchsystems (Abb. 4). Die



Abbildung 3: Lagerung des Patienten

Injektion des PMMA erfolgt unter kontinuierlicher Röntgenkontrolle (Abb. 5), wobei besonderes Augenmerk der Wirbelkörperhinterkante sowie potenziellen Zementextrusionen nach anterior gilt. Im Idealfall vergrößert sich die Zementwolke ausgehend von der Nadelspitze kontinuierlich unter Respektierung des



Abbildung 4: Pyelogramm nach Testinjektion mit Kontrastmittel



Abbildung 5: Auffüllen des Wirbelkörpers mit PMMA

Wirbelkörperfraktur. Die Zementauffüllung muss bei sichtbaren Zementextrusionen sofort abgebrochen werden und ist durch die zunehmende Viskosität des Materials limitiert. Nach Aushärten des Zements werden die Nadeln entfernt und die Stichinzisionen verschlossen. Der Patient kann sofort mobilisiert werden.

Postoperativ erfolgt eine Röntgenkontrolle. Im thorakalen Bereich ist eine CT-kontrollierte Auffüllung indiziert, um Fehlpunktionen zu vermeiden.

– Indikationen

Eine PVP sollte möglichst rasch nach der Fraktur durchgeführt werden. Eine relative OP-Indikation ist auch die drohende Fraktur bei ausgeprägter Osteoporose. Weitere Indikation sind ausgedehnte Osteolysen von Wirbelkörpern mit ebenfalls drohender Fraktur.

Das Verfahren lässt sich gleichzeitig bei mehreren Wirbelkörpern durchführen. Voraussetzung für die PVP ist, dass die Hinterkanten der Wirbelkörper intakt sind, um so eine Eindringen des Knochenzements in den Spinalkanal zu vermeiden.

– Risiken und Komplikationen

Es wurden auch die Auswirkungen der Zementierung auf die Stabilität des nichtaugmentierten Nachbarwirbels untersucht, indem nicht einzelne Wirbelkörper im Vergleich getestet wurden, sondern ein Bewegungssegment als Ganzes. Es bestätigt sich dabei die klinische Vermutung, dass durch eine PMMA-Zementierung eine Fraktur des benachbarten, nichtzementierten Wirbels induziert werden kann. Diese Vermutung

wurde auch in einigen klinischen Studien geäußert. Es ist jedoch ebenfalls bekannt, dass bei einer bereits vorliegenden Fraktur die Inzidenz einer weiteren Fraktur in benachbarten Bewegungssegmenten statistisch erhöht ist.

Auch die Frage der potenziellen Gefahr von Hitzeschäden im Zuge der Auspolymerisation des Zements wurde schon untersucht. So konnten *Wang et al. (1984)* im Tierversuch keine spinalen Schädigungen bei zervikalen Fusionen mit PMMA im Hundemodell nachweisen, auch wenn keine Isolationsschicht verwendet wurde. Die Autoren führen dies auf die Isolationsfunktion der erhaltenen Ligamente sowie vor allem auf die Wärmetransportfähigkeit der gefäßreichen duranahen Strukturen zurück.

– Klinische Resultate

Die bisher veröffentlichten Resultate der Vertebroplastik waren primär positiv und haben zu großem Enthusiasmus gegenüber dieser Technik in der Osteoporosebehandlung geführt. Die klinischen Erfahrungen zeigen auch, dass bei einer frühzeitigen Injektion in den Wirbelkörper eine sehr rasche Schmerzlinderung eintritt, die bei einem sehr großen Anteil der Patienten dauerhaft ist. Diese außerordentlich hohe Responderate ist umso erstaunlicher, als diese Ergebnisse gerade bei denjenigen Patienten erreicht werden, bei denen weder Bettruhe noch Analgetikabgaben zu einer adäquaten Schmerzlinderung führen.

Eine deutliche Schmerzreduktion ist laut Literatur bei 80–90% der behandelten Patienten zu erwarten. Bemerkenswert erscheint ebenfalls, dass die Schmerzlinderung bereits direkt post-

operativ zu beobachten ist und die Patienten teilweise ambulant behandelt werden können.

– Kritikpunkte

Obwohl in der Literatur über exzellente Ergebnisse berichtet wird, sind noch einige Fragen offen. So herrscht Uneinigkeit über die genaue Indikation, die Kriterien der Patientenauswahl und den idealen Zeitpunkt für die Durchführung der Wirbelkörperaugmentation. Auch die Fragen nach einer prophylaktischen Augmentation benachbarter Wirbelkörper oder der Durchführung einer Vertebroplastik im Anschluss an eine langstreckige Spondylodese werden kontrovers diskutiert.

Perkutane Kyphoplastik

Die perkutane Kyphoplastik (PKP) ist eine Weiterentwicklung der Vertebroplastik und stellt ein minimal invasives chirurgisches Verfahren zur Aufrichtung frischer schmerzhafter Wirbelbrüche dar, die zu einer starken Keil- oder Fischwirbelbildung geführt haben – die Betonung liegt auf frischer (etwa bis drei Wochen alter) Fraktur.

– OP-Technik

Die ersten Schritte entsprechen dem oben beschriebenen Ablauf der PVP. Die PKP ist über einen trans- und extrapediklären (posterolateralen) Zugang möglich. Nach korrekter Platzierung der K-Drähte werden diese mit einer Arbeitskanüle überbohrt. Der Ausgang der Kanüle sollte am Übergang des Pedikels in den Wirbelkörper liegen. Mit einem

FORTSETZUNG S. 43 —

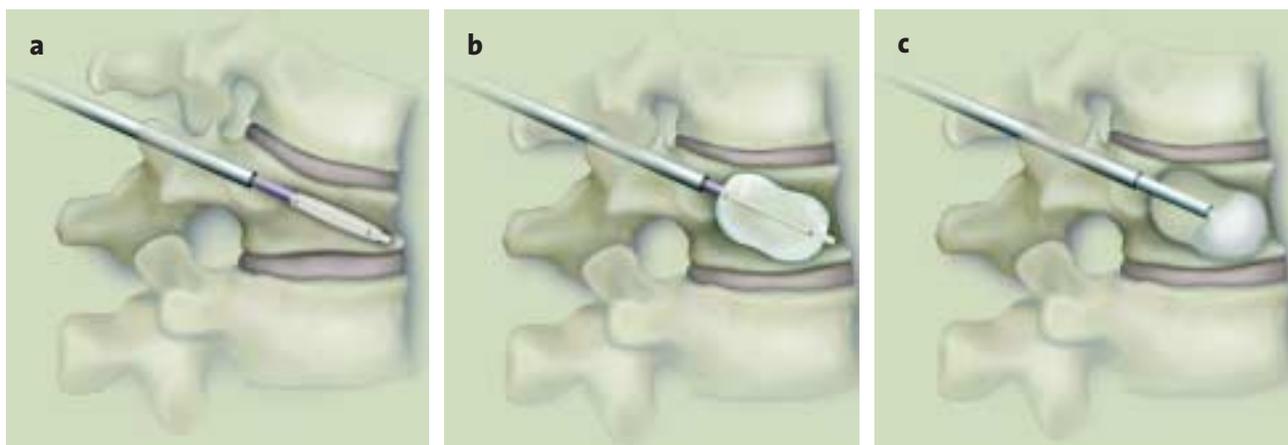


Abbildung 6a–c: **Schematische Darstellung der Kyphoplastik**

Stößel wird der Kanal für den zu verwendenden Ballon vorbereitet. Dieser Kanal reicht zu 80% in den Wirbelkörper hinein und lässt 20% der anterioren Wand stehen. Durch die Arbeitskanüle werden dann die Ballons in den vorbereiteten Knochenkanal geschoben. Durch stufenweises Aufblasen des Ballons mit Kochsalzlösung, der ein röntgendichtes Kontrastmittel beigemischt ist, wird der Wirbel wieder aufgerichtet und die Kyphose vermindert (Abb. 6). Dies geschieht unter Monitorüberwachung des Druckaufbaus und -verlaufs. In die entstandene Höhle wird ein speziell für die Kyphoplastik hochvisköser Knochenzement ohne hohen Druck appliziert, sodass das Risiko des Zementabflusses auf ein Minimum reduziert wird. Dies erfolgt ebenfalls unter Bildwandlerkontrolle.

Der Patient wird nur ein bis wenige Tage stationär behandelt und kann nach der Operation sofort die Wirbelsäule belasten. Die durch die frische Fraktur hervorgerufenen Schmerzen verschwinden.

— Klinische Resultate

Die Methode wurde in den USA entwickelt und die ersten Berichte über die Ergebnisse sind wie bei allen neuen Methoden hoffnungsvoll bis enthusiastisch. Weltweit sind bereits über 65.000 Ballon-Kyphoplastiken durchgeführt worden und dokumentiert. Ergebnisberichte gibt es von der 22. Jahrestagung der Amerikanischen Gesellschaft für Knochen- und Mineralforschung im September 2000 in Toronto. Hier berichteten *J. M. Lane et al.* in einer Sammelstudie aus den USA über die ersten 226 Kyphoplastiken bei 121 Patienten im Alter zwischen 40–96 Jahre. Bei den ersten 30 Kyphoplastiken wurden folgende Ergebnisse erzielt: Die Wirbelkörperhöhe konnte im Durchschnitt vorne um 45% und in der Mitte um 54% aufgerichtet, der Kyphosewinkel um 17° reduziert werden. Von 75 Patienten gaben 96% eine sofortige Schmerzlinderung an, zwei Patienten hatten unverändert Schmerzen und bei einem Patienten hatten sich die Schmerzen verstärkt. Als Nebenwirkungen wurden festgestellt:

- Blutung im Rückenmarkskanal, die durch eine zweite Operation ohne Folgen blieb,

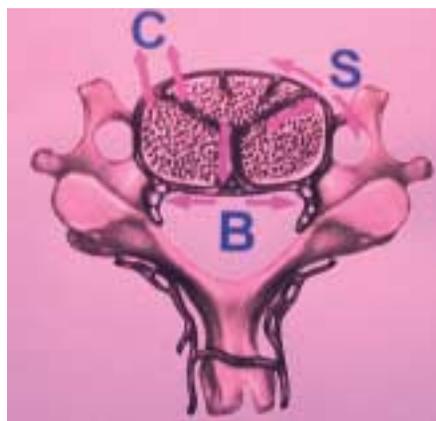


Abbildung 7: **Klassifikation von Zementaustritten:**

- Typ B: via basivertebrale Vene**
- Typ S: via Segmentvene**
- Typ C: via kortikaler Defekt**

- inkomplette Querschnittslähmung,
- vorübergehendes akutes Lungenversagen (ARDS).

Im Labor lassen sich laut *Belkoff et al. (2001)* experimentelle Kompressionsfrakturen bis auf 97% der ursprünglichen Höhe mit der PKP wieder aufrichten. Die durch die Zementierung erreichte Augmentierung ist vergleichbar mit dem Effekt der Vertebroplastik. Auch die ersten publizierten klinischen Ergebnisse sind vielversprechend. *Lieberman et al. (2001)* konnten in 70% der Fälle die Wirbelkörperhöhe um durchschnittlich 47% erhöhen, verbunden mit einer signifikanten Schmerzerleichterung.

Berlemann et al. (2001) konnten bei 20 Patienten eine Aufrichtung von Wirbelkörpersinterungen um bis zu 18° dokumentieren, was einer Erweiterung der anterioren Wirbelkörperhöhe um 90% entsprach. Die Aufrichtung gelang umso besser, je jünger die Sinterung war. Frakturen, die jünger als vier Wochen waren, konnten durchschnittlich um 43% aufgerichtet werden. Bei Veränderungen älter als acht bis zehn Wochen gelang eine wesentliche Aufrichtung nur noch in Einzelfällen. Auch *Garfin et al. (2001)* beschrieben eine altersabhängige Reponierbarkeit der Frakturen, wobei in Fällen jünger als drei Monate die Kyphose um durchschnittlich 50% gebessert werden konnte.

Coumans und Liebermann (2003) konnten bei einem Follow-up nach zwölf

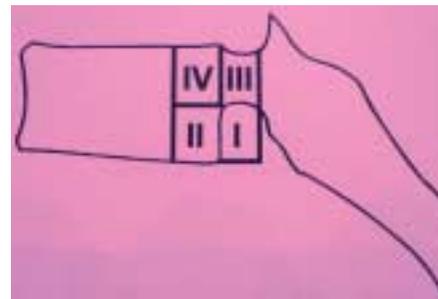


Abbildung 8: **Zoneneinteilung für potenziellen Zementaustritt im seitlichen Röntgenbild:**

- Zone I: Neuroforamen**
- Zone II: Wirbelkörper anterior des Neuroforamen**
- Zone III: Pedikelwurzel**
- Zone IV: Wirbelkörper vor der Pedikelwurzel**

Monaten bei 74 Patienten mit 179 Kyphoplastiken eine anhaltende Schmerzreduktion sowie eine Verbesserung der Lebensqualität (SF-36) aufzeigen.

Ananthakrishnan et al. (2003) untersuchten in einem experimentellen Aufbau den intradiskalen Druck vor und nach Vertebro- und Kyphoplastik. Sie konnten zeigen, dass beide Verfahren den intradiskalen Druck im Vergleich zum Normalbefund unter Last erhöhen. Es zeigte sich gleichzeitig kein Unterschied im intradiskalen Druck zwischen den Präparaten, die mit einer Vertebroplastik, und denen, die mit einer Kyphoplastik behandelt wurden.

Katzmann (2003) verglich PVP und PKP. In beiden Gruppen sah er mit 88% (PVP) beziehungsweise 90% (PKP) eine vergleichbare Schmerzreduktion. Eine Korrektur durch PKP konnte nur bei 19 von 82 Patienten erreicht werden. Innerhalb der ersten beiden Wochen nach Fraktur konnte mit der PKP noch bei 57,6% der Patienten eine Korrektur erzielt werden.

— Risiken und Komplikationen

Die üblichen Operationskomplikationen wie Thrombose, Embolie, Belastung des Herz-Kreislauf-Systems und Infektionen gelten auch für PVP und PKP. Zementextrusionen in den Spinalkanal können schwerwiegende neurologische Konsequenzen bis hin zur Paraplegie haben und sofortige Dekompressionen erforderlich machen. Weiterhin sind pulmo-

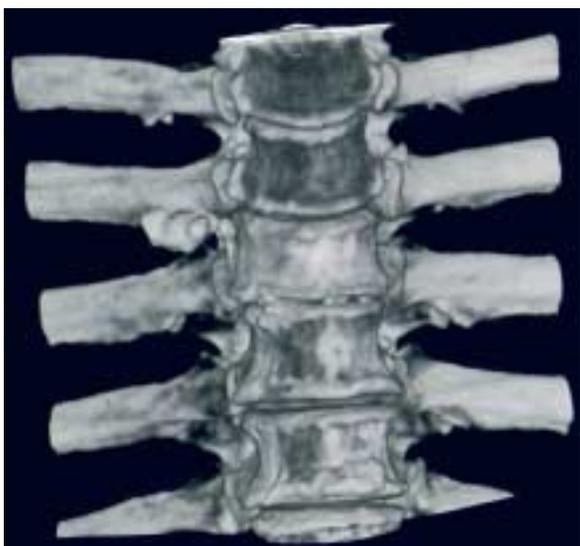


Abbildung 9: Zementaustritte im 3D-CT

nale Embolien nach Zementaustritt in Wirbelkörpergefäße beschrieben worden. Allerdings ist bei der PKP durch den wegen der Ballonvordehnung geringeren Applikationsdruck und wegen der Verwendung des speziell für die Kyphoplastik entwickelten hochviskösen Knochenzements die Gefahr geringer.

Insbesondere die Inzidenz von Zementaustritten führte in letzter Zeit zu einer zunehmend kritischen Sicht dieser Methoden. Eine klinisch relevante Einteilung nach *Yeom et al. (2003)* unterscheidet drei Typen des Zementaustritts (Abb. 7, S. 43):

- Typ B: via basivertebrale Vene (etwa 40%),
- Typ S: via Segmentvene (etwa 40%),
- Typ C: via kortikaler Defekt (etwa 20%).

Hierbei kann noch weiter differenziert werden:

- Typ BV: bis zum Foramen vasculare,
- Typ BC: in den Spinalkanal,
- Typ SH: horizontal,
- Typ SV: vertikal oder oblique,
- Typ SF: in das Foramen,
- Typ CD: in den Diskus,
- Typ CK: in den Spinalkanal,
- Typ CF: in das Foramen,
- Typ CWK: lateral oder anterior zum Wirbelkörper.

Potenziell gefährliche Austrittsstellen sind in gewissem Umfang bereits auf dem seitlichen Röntgenbild zu erkennen. Hierbei ist unbedingt zu berücksichtigen, dass Zementaustritte auf kon-

ventionellen Röntgenbildern häufig übersehen werden. Besonders Typ-B- und Typ-S-Austritte werden auf a.p.- und seitlichen Röntgenbildern, die intraoperativ nur zur Verfügung stehen, übersehen. Im lateralen Röntgenbild ist Zement in Zone I besonders prädictiv für einen Zementaustritt.

Unseres Erachtens lassen sich viele Zementaustritte nicht oder nur unzureichend in Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen darstellen. Oftmals erkennt man das Ausmaß des Zementaustritts erst in postoperativen CT-Aufnahmen (Abb. 9).

Ausblick

In den nächsten Jahren sind Fortschritte auf dem Gebiet der verwendeten Augmentationsmaterialien zu erwarten. Das „ideale“ Material ist einfach und perkutan applizierbar, zeigt eine sofortige und lang andauernde mechanische Wirkung und ist biologisch inert. Die Frage, ob das Material über die Zeit entweder abbaubar oder knöchern integrierbar sein soll, wird noch unterschiedlich beantwortet. Es spricht sicherlich nichts dagegen, ein Material wie PMMA-Zement, der seit vielen Jahrzehnten sein biologisches und biomechanisches Verhalten im Rahmen der Endoprothetik bewiesen hat, für die Vertebroplastik zu verwenden. Aus diesem Grunde werden PMMA-Zemente auch wegen ihrer guten Applizierbarkeit und Mechanik am häufigsten verwendet. Von Alternativmaterialien wie Kalziumphosphatzementen verspricht man sich eine höhere biologische Potenz.

Weiteren klinischen Langzeitbeobachtungen bleibt es vorbehalten, zu überprüfen, ob die bei der Kyphoplastie mit Knochenzement stabilisierten, gefestigten Wirbel durch ihre verbesserten biomechanischen Eigenschaften zu vermehrten Frakturen der Nachbarwirbel führen.

Im Rahmen der Gesamtdiskussion gilt jedoch auch zu beachten, wie diese innovativen Techniken im Einzelfall zu finanzieren sein werden. Hier müssen auch Lösungsansätze – eventuell gemeinsam mit der Industrie – gesucht und gefunden werden, um den Patienten, die eine solche Therapie benötigen, diese Behandlungsform auch zukommen lassen zu können.

Fazit

Die **perkutane Vertebroplastik (PVP)** stellt ein minimal-invasives Verfahren dar, mit dem bei Patienten mit schmerzhaften osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen eine erhebliche Reduktion der Beschwerden möglich ist. Ein weiteres Zusammensintern des Wirbelkörpers wird verhindert. Die Reposition einer schon bestehenden Fehlstellung ist hierdurch jedoch nicht möglich. Trotz Beachtung der technischen Grundprinzipien und sorgfältiger Beobachtung des Zementflusses hat die PVP dennoch eine klinisch relevante Komplikationsrate und Morbidität, sodass die Durchführung nur dann empfehlenswert ist, wenn der Therapeut technisch und instrumentell in der Lage ist, eine Komplikation auch in offener Technik zeitnah zu revidieren. Offene Fragen betreffen zur Zeit nach wie vor die Langzeitreaktion des Knochens auf den injizierten Zement, was neben dem augmentierten Wirbel insbesondere aber auch für die nichtaugmentierten Anschlusssegmente gilt.

Die **perkutane Kyphoplastik (PKP)** stellt eine sinnvolle Erweiterung der Zementierungstechniken dar, mit der bereits gesinterte Wirbelkörper zumindest partiell wieder aufgerichtet werden können. Erste klinische Erfahrungen sind positiv, insgesamt aber noch spärlich. Ob die Patienten tatsächlich durch die Reposition in einem Maße profitieren, das über die reine Schmerzreduktion hinausgeht, wird sich erst in größer angelegten Langzeitstudien zeigen.

In der wissenschaftlichen und klinischen Diskussion ist auch die Frage, inwieweit die prophylaktische Augmentierung gefährdeter Wirbelkörper vor einer Sinterung sinnvoll ist. In jedem Fall sollte eine PVP lediglich als ein Baustein der Osteoporosetherapie verstanden werden, die individuell in Zusammenarbeit mit den entsprechenden Fachkollegen festzulegen ist.

Literatur beim Verfasser

Prof. Dr. med. Jörg Jerosch
Klinik für Orthopädie und
Orthopädische Chirurgie,
Johanna-Etienne-Krankenhaus,
Am Hasenberg 46,
41462 Neuss