

Ballonkyphoplastie – ein systematischer Überblick der Methode und Bewertung anhand von 4-Jahres-Ergebnissen

J.-U. Schulz¹, K. Buscher², M. Fuhs²

¹Kooperationsarzt für Orthopädie und Unfallchirurgie, Evangelisches Krankenhaus Kredenbach – Bernhard-Weiss-Klinik, Kreuztal; ²Katholische Kliniken Oberberg gGmbH, Abteilung für Orthopädie und Unfallchirurgie, Engelskirchen

Schlüsselwörter

Osteoporosebehandlung, Ballonkyphoplastie, Langzeitergebnisse

Zusammenfassung

Mit Zunahme der Lebenserwartung und einer veränderten Lebensführung im Zeitalter der Industrialisierung steigen die Prävalenz der Osteoporose und damit das Risiko, im Laufe des Lebens eine Fraktur eines Wirbelkörpers zu erleiden. Die klassischen Therapieoptionen mit einerseits medikamentöser Unterstützung des Knochenmetabolismus und Schmerztherapie sowie andererseits physikalischen Maßnahmen wie Steigerung des Aktivitätsgrads, Gangschulung, Sturzprophylaxe, Hilfsmittel- und Miederversorgung, werden in den letzten Jahren durch die operativen Verfahren der Vertebro- und Kyphoplastie ergänzt. Beide sind minimal invasive Operationsverfahren, die sich durch schnelle Beseitigung der Schmerzen und Verminderung der Kyphose auszeichnen. Besonders die Kyphoplastie erlaubt eine kontrollierte Stabilisierung des gebrochenen Wirbelkörpers durch Einbringen kontrastmittelgefüllter Ballone, mit denen der betroffene Wirbelkörper gezielt aufgerichtet und der entstandene Hohlraum kontrolliert mit Knochenzement aufgefüllt werden kann. In einem Kollektiv von nunmehr 389 operierten Wirbelkörpern bei 269 Patienten zeigten sich sowohl unmittelbar postoperativ als auch in der Nachsorge bis zu vier Jahre nach der Operation durchweg positive Resultate. Dabei beschränken sich die Ergebnisse nicht nur auf apparativ fassbare Ergebnisse wie Wirbelkörperhöhe, Kyphosewinkel und Zementlokalisation, sondern beziehen auch die Patientenzufriedenheit mit Steigerung des Aktivitätsgrads und Minderung der Schmerzen mit ein.

Keywords

Osteoporosis treatment, balloon kyphoplasty, long term results

Summary

Higher life expectancy and lifestyle changes in the industrialized era have brought about an increased prevalence of osteoporosis and with it the risk of sustaining a vertebral fracture at some time in life. Conventional therapies comprise medication to support bone metabolism and pain management on the one hand and physical therapy on the other, including exercises to increase the activity level, gait training, the prevention of falls and the provision of supportive devices and corsets. These therapies have been supplemented by surgical vertebroplastic or kyphoplastic treatment. These minimally invasive surgical procedures are characterized by rapid pain relief and a decrease in kyphosis. Kyphoplasty in particular provides for controlled stabilisation of the fractured vertebra by introduction of radiopaque bone tamps (balloons) which allow for a directed restoration in vertebral height of the affected vertebral body and subsequent controlled filling of the created cavity with bone cement. The results of 389 surgically treated vertebrae in 269 patients were consistently positive, both immediately postoperatively as well as during the follow-up period of up to 4 years. These results comprise technically measured parameters like vertebral height, kyphotic angle and cement localisation as well as patient satisfaction with regard to pain relief and the increased level of activity.

Ballon kyphoplasty – systematic method overview and result evaluation at 4 years

Osteologie 2008; 17: 225–233

porotischer Wirbelkörperfraktur gestiegen (1).

Für Deutschland liegt die Prävalenz der Osteoporose auf der Grundlage der WHO-Definition einer erniedrigten Knochendichtemessung (DXA-T-Wert $< -2,5$) bei postmenopausalen Frauen bei etwa sieben Prozent im Alter von 55 Jahren und steigt auf 19 Prozent im Alter von 80 Jahren an. Die jährliche Inzidenz morphometrisch nachweisbarer Wirbelkörperbrüche bei 50- bis 79-jährigen Frauen beträgt etwa ein Prozent, bei den Männern im gleichen Alter 0,6 Prozent und nimmt mit dem Lebensalter exponentiell zu (2). In den USA treten jährlich schätzungsweise 700 000 osteoporotische Wirbelkörperkompressionsfrakturen auf. In Europa wird diese Zahl auf 1,4 Millionen geschätzt (4).

Folgen des Wirbelbruchs sind akute bis chronische Rückenschmerzen, Kyphosierung mit Verminderung der Körpergröße, Verlust an Lungenvolumen und Vitalkapazität, Folgebrüche, Einschränkung von Aktivitätsgrad und Lebensqualität (5–7).

Kyphoplastie

Das minimal invasive Verfahren der Ballonkyphoplastie wurde 1998 von Mark Reiley zur Wiederherstellung der Wirbelkörperhöhe und der spinalen Aufrichtung entwickelt, um dadurch Frakturschmerzen zu lindern, die spinale Funktionalität zu verbessern und die Lebensqualität zu erhöhen (8–11).

Die Methode beschränkt sich primär auf stabile Frakturen ohne Verlagerung der Hinterkante. Dabei können osteoporotische, tumor- oder metastasenbedingte (12) und

Grundlagen der Osteoporose

Traumatische Wirbelkörperfrakturen haben in den letzten Jahrzehnten zugenommen. Die weitaus größte Zahl der Wirbelkörperfrakturen – vor allem des älteren Menschen

– entsteht jedoch nach inadäquaten Traumata bei Osteoporose. Mit zunehmender Lebenserwartung und den durch die Industrialisierung veränderten Lebensbedingungen, einhergehend mit einer verminderten Aktivität der Bevölkerung, ist die Prävalenz der Osteoporose und damit die Inzidenz osteo-



Abb. 1 Der Eingriff erfolgt in Vollnarkose, in Ausnahmefällen auch in Lokalanästhesie. Der Patient wird auf einem röntgendurchlässigen Tisch auf dem Bauch so gelagert, dass eine Durchleuchtung in zwei Ebenen möglich ist. Gesicht, Brustkorb und Becken werden gepolstert. Unter Röntgenkontrolle wird der betroffene Wirbelkörper aufgesucht.

auch traumatische Frakturen versorgt werden (13–15).

Wegen des dauerhaften Verbleibs von Polymethylmethacrylat-Zement (PMMA) im Knochen mit Langzeitauswirkungen auf die Biomechanik der Wirbelsäule eignete sich die Kyphoplastie zunächst nur für die Anwendung bei Patienten über 50 Jahren. Mit der Entwicklung von bioresorbierbarem Knochenzement (Hydroxylapatit, einem Kalzium-Phosphat-Salz von hohem Härtegrad) hat sich diese Altersgrenze nach unten verschoben (16). Dennoch bleibt die Ballonkyphoplastie eine bevorzugte Domäne für die Versorgung der osteoporotischen Sinterungsfraktur, die sich zumeist als Grund- oder Deckplattenimpressionsfraktur (Frakturtyp A nach der Magerl-Klassifikation) darstellt (17).

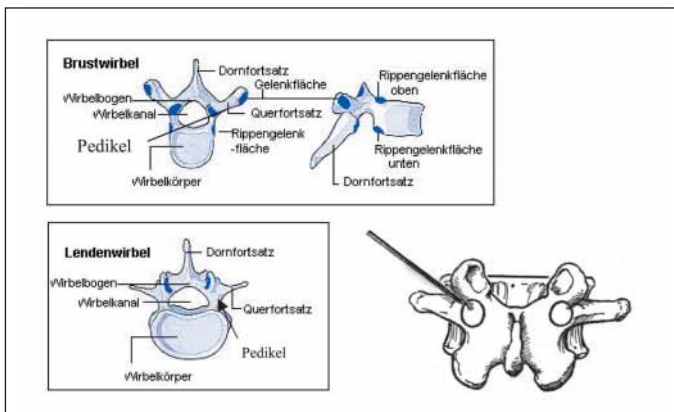


Abb. 2

Für den Zugang zum Wirbelkörper ist die genaue Kenntnis der Anatomie des Wirbels wichtig, um den im a.p.-Röntgenbild ovalär imponierenden Pedikel gezielt aufsuchen zu können.

Diagnostik und Indikation

Zur eindeutigen Diagnose eines Wirbelbruchs ist ein Röntgenbild in zwei Ebenen nicht ausreichend, da hier nicht sicher zwischen alten und frischen Brüchen unterschieden werden kann und mitunter ganz frische Brüche noch nicht erkennbar sind. Eine weitergehende Diagnostik ist notwendig, falls daraus Konsequenzen folgen, wenn also z. B. die Entscheidung über eine operative Aufrichtung des Wirbelkörpers davon abhängt; hierzu eignet sich dann am besten die Magnetresonanztomografie (MRT). Von besonderer Aussagekraft sind die fettunterdrückten Sequenzen (STIR oder TIRM), da ein in dieser Technik dargestelltes Ödem des Wirbelkörpers für eine frische Fraktur spricht und auch im Röntgenbild stumme Wirbelbrüche anzeigt. Ist eine MRT-Untersuchung nicht möglich, empfiehlt sich eine Computertomografie oder eine Skelettszintigrafie.

Die Indikation zur Ballonkyphoplastie wird nach den gültigen Leitlinien des DVO (Dachverband der deutschsprachigen osteologischen Fachgesellschaften) (2) gestellt, so dass nur im begründeten Einzelfall bei ausführlicher Patientenaufklärung von diesen abgewichen werden kann. Es ist zu erwarten, dass die dort angegebenen strikten zeitlichen Vorgaben angesichts der neuen Datenlage in Zukunft großzügiger formuliert werden wird.

Operationstechnik

Bei gesicherter Indikation und operationsfähigem Patienten erfolgt der Eingriff in Vollnarkose, in Ausnahmefällen auch in Lokalanästhesie.

Der Patient wird auf einem röntgendurchlässigen Tisch auf dem Bauch so gelagert, dass eine Durchleuchtung in zwei Ebenen möglich ist (Abb. 1). Gesicht, Brustkorb und Becken werden gepolstert. Unter Röntgenkontrolle wird der betroffene Wirbelkörper aufgesucht. Für den Zugang zum Wirbelkörper ist die genaue Kenntnis über die Anatomie des Wirbels wichtig (Abb. 2), um den im a.p.-Röntgenbild ovalär imponierenden Pedikel gezielt aufsuchen zu können. Der Zugangsweg ist entweder transpedikulär (geeignet von LWK 5 bis BWK 10) oder extrapedikulär (geeignet für Brüche oberhalb von BWK 10).

Der Hautschnitt erfolgt etwa einen Zentimeter neben dem Pedikel, dann erfolgt die Präparation stumpf bis auf den Querfortsatz. Nun wird eine Jamshidi-Nadel (Abb. 3) jeweils auf den lateralen Rand des linken und rechten Pedikels gesetzt und in den Knochen eingebracht, bis der Wirbelkörper sicher erreicht ist. Die Lage wird in zwei Ebenen kontrolliert. Die Nadel wird entfernt, der Trokar belassen und über diesen je ein Führungsdraht in den Wirbelkörper geführt. Danach wird der Trokar entfernt und über den Draht der sogenannte Osteointroducer in den Knochen eingebracht, bis dessen Spitze sicher die Hinterwand des Wirbelkörpers überschritten hat. Falls erforderlich kann an dieser Stelle eine Biopsie entnommen werden. Im weiteren Ablauf muss nun ein Pfad für den Ballon geschaffen werden, indem der Zementapplikator mit einem Führungsdraht bis an die Vorderwand des Wirbelkörpers heran geschoben wird.

Über diesen Hohlraum lässt sich nun der zusammengefaltete Ballon, an den ein Volumen- und Druckmessgerät angeschlossen ist, einbringen.

Wenn beide Ballons positioniert sind (Abb. 4), werden sie unter Röntgenkontrolle kontrolliert aufgefüllt. Der Endpunkt der Inflation ist gegeben, wenn die Wirbelkörperendplatten wieder aufgerichtet sind, oder

ein Druck von max. 400 psi (=20,4 atm), das maximale Ballonvolumen, bzw. Kontakt zur Kortikalis erreicht sind.

Um den Hohlraum des Wirbelkörpers stabil zu halten, werden die Ballone belassen bis der Zement die richtige zähflüssige Konsistenz aufweist und erst kurz vor der Zementbefüllung entfernt. Dieser kann dann in den präformierten Hohlraum eingefüllt werden.

Nach 15 Minuten ist der Zement ausgehärtet und die Arbeitsinstrumente können entfernt werden. Zum Schluss ist nur eine Hautnaht erforderlich.

Der Patient kann nach dem Aufwachen aus der Narkose bei der Verwendung von PMMA-Zement sofort und bei der Verwendung von Biozement nach 24 Stunden mobilisiert werden. Eine spezifische Nachbehandlung ist bei traumatischen Frakturen nicht erforderlich. Allerdings ist es empfehlenswert, für vier bis sechs Wochen nach dem Eingriff auf rückenbelastende Tätigkeiten zu verzichten. Im Falle der osteoporotischen Fraktur ist eine spezifische Osteoporosetherapie angezeigt.

Fallbeispiele

Fall 1 – osteoporotische Spontanfraktur

Die 71-jährige Patientin verspürte in tiefer Vorbeuge beim Anziehen der Schuhe ein „Krachen“ und einen plötzlichen Schmerz im hochlumbalen Bereich. Schmerzbedingt war sie nicht mehr geh- oder stehfähig. Nativradiologisch wurde eine Sinterungsfraktur des Lendenwirbelkörpers (LWK) 1 dokumentiert. Weitere Frakturen wurden mittels MRT ausgeschlossen. Die Abbildungen zeigen die prä- sowie postoperative Situation mit guter Wirbelaufriechung (Abb. 5). Die Patientin gab präoperativ einen VAS-Wert von 8 an, postoperativ von 0. Die Mobilisation gelang noch am Operationstag. Die Patientin wurde am zweiten postoperativen Tag entlassen.

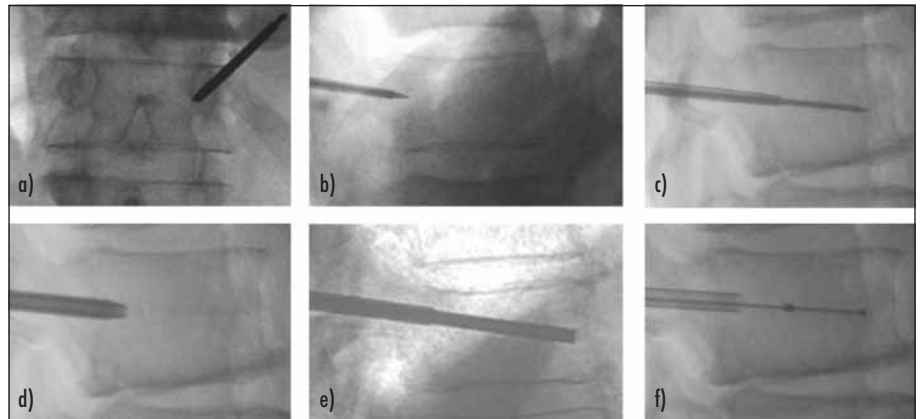


Abb. 3 Eine Jamshidi-Nadel wird jeweils auf den lateralen Rand des linken und rechten Pedikels gesetzt und in den Knochen eingebracht bis der Wirbelkörper (WK) sicher erreicht ist. Die Nadel wird entfernt, der Trokar belassen und über diesen je eine Führungsdraht in den WK geführt. Danach wird der Trokar entfernt und über den Draht der sogenannte Osteointroducer in den Knochen eingebracht bis dessen Spitze sicher die Hinterwand des WK überschritten hat. Im weiteren Verlauf muss nun ein Pfad für den Ballon geschaffen werden, indem der Zementapplikator mit einem Führungsdraht bis an die Vorderwand des WK heran geschoben wird. Über diesen Hohlraum lässt sich nun der zusammengefaltete Ballon einbringen.

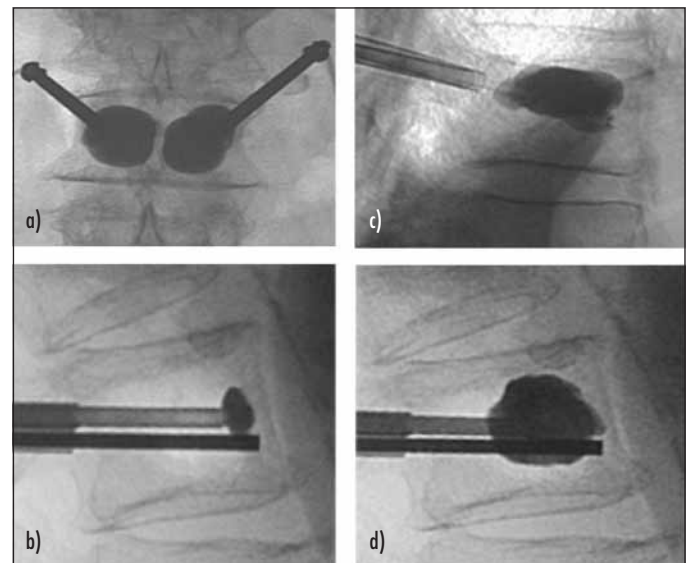


Abb. 4 Um den Hohlraum des Wirbelkörpers stabil zu halten, werden die Ballone belassen bis der Zement die richtige zähflüssige Konsistenz aufweist und erst kurz vor der Zementbefüllung entfernt. Nach 15 Minuten ist der Zement ausgehärtet und die Arbeitsinstrumente können entfernt werden.



Abb. 5 Sinterungsfraktur des Lendenwirbelkörpers (LWK) 1. Die Abbildungen zeigen die prä-(a) sowie postoperative (d) Situation mit guter Wirbelaufriechung. Die Mobilisation gelang noch am Operationstag. Die Patientin wurde am zweiten postoperativen Tag entlassen; (b) MRT T2, (c) MRT STIR

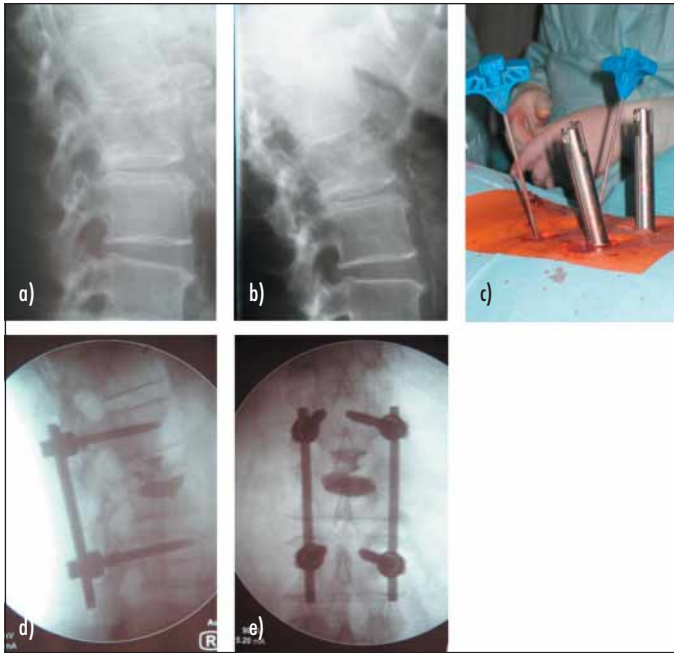


Abb. 6
Abnehmende Wirbelhöhe
im Verlauf von zwei
Wochen; minimalinvasives
Vorgehen, intraoperative
Durchleuchtungsbilder

Fall 2 – pathologische Fraktur bei Bronchialkarzinom

Der 64-jährige Mann klagte seit zwei Monaten über zunehmende lumbale Schmerzen ohne radikuläre Ausstrahlung. Als Nebendiagnosen bestanden eine arterielle Hypertonie sowie ein oral eingestellter Diabetes mellitus. Im Rahmen der Abklärung erhöhter Entzündungsparameter (CRP 89,9 mg/dl) fand sich nativ-radiologisch eine tumorverdächtige Gewebsverdichtung im rechten Lungenunterlappen. Die Histologie zeigte ein gering differenziertes Plattenepithelkarzinom. Kernspintomografisch fanden sich Knochenmetastasen in LWK 2 und im Bereich des Iliosakralgelenkes (Abb. 6). Aufgrund persistierender lokaler Beschwerden an der Lendenwirbel-

säule (LWS) trotz adäquater Schmerztherapie bei nativradiologisch zunehmender Wirbelkörpersinterung und drohender Instabilität rieten wir zur Kyphoplastie mit zusätzlicher Spondylodese L1 auf L3 mittels minimal-invasiv eingebrachtem Fixateur interne. Am ersten Tag nach der Operation war der Patient mobilisiert und deutlich beschwerdegemindert und wurde am dritten Tag nach der Operation zur onkologischen Therapie verlegt.

Fall 3 – multiple osteoporotische Frakturen

Zehn Wochen nach einem Sturz aus dem Stand auf Glatteis beklagte der 72-jährige Patient persistierende Schmerzen lumbal und im unteren Anteil der Brustwirbelsäule

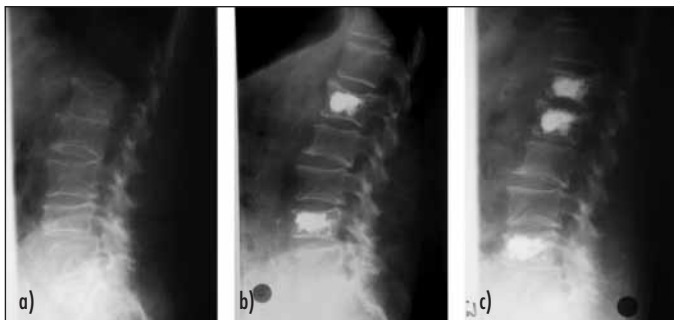


Abb. 8
(a) Plasmazytomwirbel,
(b) nach Kyphoplastie
der LWK 1 und LWK 4, (c)
versorgte Anschlussfraktur

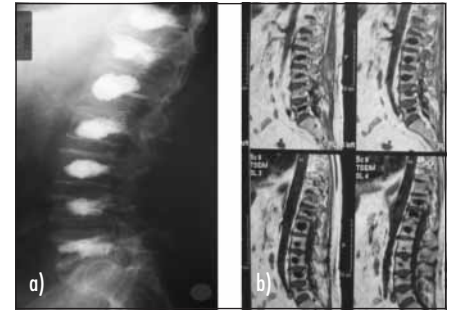


Abb. 7 7-Etagen-Kyphoplastie; postoperatives MRT

(BWS). In der Vorgeschichte waren ein Prostata- und ein Blasenkarzinom bekannt. Ein MRT einen Monat nach dem Trauma zeigte frische Frakturen des Brustwirbelkörpers (BWK) 12 und LWK 4 bei einer sechsgliedrigen LWS. Aufgrund zunehmender Schmerzsymptomatik (VAS 7) wurde in Anbetracht der Vorerkrankungen eine Skelettszintigrafie angefertigt. Für Metastasen fand sich kein Anhalt, jedoch fanden sich weitere frische Frakturen bei BWK 11, LWK 2, 3 und 5. Abbildung 7 zeigt den postoperativen Zustand nach 7-Etagen-Kyphoplastie. Der statistisch am häufigsten betroffene Wirbelkörper LWK 1 wurde in gleicher Sitzung ebenfalls augmentiert. Noch am Operationstag konnte sich der Patient selbst mobilisieren. Am vierten Tag nach der Operation verließ der Patient deutlich beschwerdegemindert (VAS 3) die Klinik.

Fall 4 – pathologische Fraktur bei multiple Myelom

Die 76-jährige Patientin wurde aufgrund akut spontan exazerbierter Rückenschmerzen notfallmäßig stationär aufgenommen. Sie klagte seit Monaten über starke Beschwerden (VAS 7) und war wegen osteoporotischer Wirbelsinterungen bereits mit einem 3-Punkt-Korsett versorgt. In der Kernspintomografie bestätigten sich neben älteren Sinterungen auch frische Frakturen der LWK 1 und 4. Die Mobilisation nach der Kyphoplastie (Abb. 8) gelang schmerzfrei bereits sechs Stunden postoperativ. Im Rahmen der Kyphoplastie wurden Stanzbiopsien entnommen, bei deren histologischer Aufarbeitung atypische Plasmazellen ge-

funden wurden und so die Erstdiagnose eines Plasmoytoms gestellt wurde. Die Patientin wurde am ersten Tag nach der Operation entlassen und onkologisch weiterbehandelt. Nach weiteren fünf Monaten trat ohne Trauma eine Anschlussfraktur des BWK 12 ein. Die Patientin wünschte erneut die operative Vorgehensweise.

Auswertung und Einschätzung des Verfahrens

Osteoporotische Sinterungsfrakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule sind in der Regel unkomplizierte Kompressionsbrüche, die spontan oder durch geringe und damit inadäquate Krafteinleitung entstehen. Sie sind meist stabil oder allenfalls definitionsgemäß instabil bei Ausstrahlung in die Hinterkante.

Damit können diese Brüche gut konservativ behandelt werden. Allerdings stehen die erheblichen Schmerzen oft einer Mobilisierung entgegen, was zu einer erheblichen Komorbidität und zu einer gesteigerten Mortalität führt (18). Vor diesem Hintergrund ist die Frage nach Behandlungsalternativen gerechtfertigt. Handelt es sich um invasive Methoden, muss der Altersstruktur der typischen Osteoporosepatienten Rechnung getragen werden und es ist die Forderung einer deutlichen positiven Beeinflussung des Spontanverlaufs zu stellen. Zuletzt dürfen auch ökonomische Faktoren nicht unbeachtet bleiben.

Die Ballonkyphoplastie wird seit ihrer Einführung als ideale operativer Methode mit günstiger Beeinflussung der genannten Faktoren propagiert (8). Das Verfahren findet auch in der Versorgung unfallbedingter und pathologischer Frakturen Anwendung.

Patientenkollektiv

Eine Bewertung der Methode soll anhand der eigenen Erfahrungen versucht werden. Beginnend im Mai 2004 wurden mittlerweile 269 Patienten (72 Prozent weiblich) im eigenen Patientengut mittels Ballonkyphoplastie operativ versorgt. 76 Prozent der Frakturen waren osteoporosebedingt,

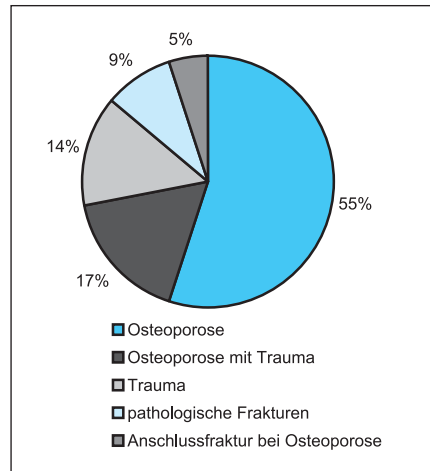


Abb. 9 Bewertung der Ballonkyphoplastie: Ursachen für eine Ballonkyphoplastie

14 Prozent traumatisch und bei zehn Prozent handelte es sich um instabile Frakturen bei malignen Grunderkrankungen (Abb. 9).

Gerade in den letztgenannten Fällen kamen auch Kombinationen mit minimal-invasiven dorsalen Instrumentierungen zum Einsatz. Bei der Gesamtheit des Patientengutes wurden insgesamt 389 Wirbel stabilisiert (durchschnittlich 1,36 Wirbel je OP). Im Maximum erfolgte die Versorgung von neun Wirbeln in einer knapp dreistündigen Sitzung. Entsprechend der mechanischen Belastung zeigten sich zwei Häufigkeitsgipfel im thorakolumbalen Übergang sowie in der mittleren Brustwirbelsäule (Abb. 10).

Sämtliche Eingriffe erfolgten in Intubationsnarkose. Grundsätzlich war der intraoperative Analgetikabedarf sehr gering und die Narkose flach zu führen. Darin zeigt sich auch die Eignung für das osteoporose-

spezifische Patientenkollektiv. Mit Ausnahme von Einzelfällen und bei Anwendung vor Kalziumtriphosphat-Zement erfolgte die Mobilisierung frühzeitig nach dem Abklingen der allgemeinen Narkosesymptome. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle konnte der stationäre Aufenthalt einschließlich präoperativer Diagnostik auf die untere Grenzverweildauer limitiert werden. Eine Anschlussheilbehandlung war nur in Einzelfällen erforderlich.

Komplikationen

Da die Ballonkyphoplastie grundsätzlich mit einem konservativen Vorgehen konkurriert, ist die Komplikationsrate von besonderem Interesse.

Ein Zementaustritt aus dem Wirbelkörper verursacht meist keine Beschwerden, es sei denn, es kommt zur Kompression von Spinalnerven oder des Rückenmarks. Zusätzliche Risiken sind die Thrombosierung spinaler Gefäße oder Embolisierung mit Organ-, beziehungsweise Lungenembolien (19).

Neben den Komplikationen durch die Zementierung können auch über den Zugangsweg anatomische Strukturen verletzt werden: Durch Abrutschen von Injektionsnadel oder Führungsdraht können je nach Höhe des Bruchs Lunge, Herzbeutel oder große Gefäße perforiert werden. Seltener kann es zur Verletzung vom Rückenmarkshäuten und zum Austritt von Liquor kommen (20, 21). In der Literatur wird die Häufigkeit des Auftretens der genannten Komplikationen als gering angegeben; sicherge-

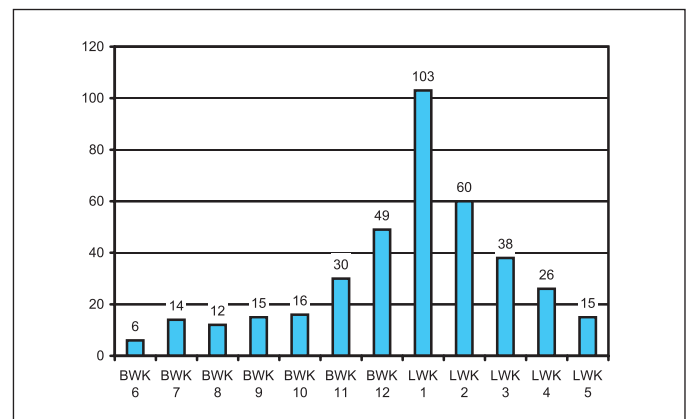


Abb. 10 Bewertung der Ballonkyphoplastie: Lokalisationsverteilung der Wirbelkörperfrakturen

stellt wird das Vermeiden dieser Komplikationen durch die ständige Kontrolle aller Arbeitsschritte unter dem Bildwandler.

Im eigenen Patientengut waren Zementaustritte die häufigste Komplikation; diese sind auch bei der Kyphoplastie trotz Präformierung eines im Randbereich verdichteten Hohlraums möglich. Gefäßkanäle und kleine Fissuren lassen sich nicht vollständig verschließen, so dass ein Zementaustritt möglich ist. Dieser wurde in der Regel im Bereich der Endplatten zum Bandscheibenfach hin, seltener im Bereich der Seitenwände beobachtet (sieben Prozent der Fälle) (22, 23). Sämtliche Leckagen dieser Art waren ohne Relevanz für den weiteren klinischen Verlauf.

Problematischer sind Fissuren der Hinterkante sowie der Vv. basivertebrales. Zementaustritte können hier zu einer Verlegung des Spinalkanals führen. Eine ausreichend tiefe Platzierung der Arbeitstrocare und eine durchleuchtungskontrollierte Zementapplikation helfen, diese Komplikation zu minimieren. Im eigenen Patientengut wurde ein Zementübertritt in den Spinalraum in neun Fällen gesehen, davon dreimal mit einer deutlichen Verlegung des Lumens. Lediglich in einem Fall traten vorübergehende neurologische Defizite auf.

Gefäßübertritte wurden in sechs Fällen beobachtet, jedoch ohne hämodynamische oder kardiopulmonale Komplikationen. Weitere Probleme waren eine einmalige Ballonperforation durch die Wirbelkörperseitenwand und ein Fall eines Liquoraustritts bei einem extrapedikulären thorakalen Zugang. Insgesamt ergibt sich bei Berücksichtigung aller unerwünschten Ereignisse eine Komplikationsrate von 8,6 Prozent, wobei kein Ereignis das postoperative Ergebnis beeinträchtigt hat. Berücksichtigt man die Empfehlungen zur Anwendung der Methode, kann die Ballonkyphoplastie als sehr sicheres Operationsverfahren eingestuft werden.

Anschlussfrakturen

Da bei unseren Patienten ein Vergleichskollektiv nicht vorlag, kann über eine Verminderung der Folgefrakturen keine Aussage gemacht werden. Wichtig erscheinen jedoch

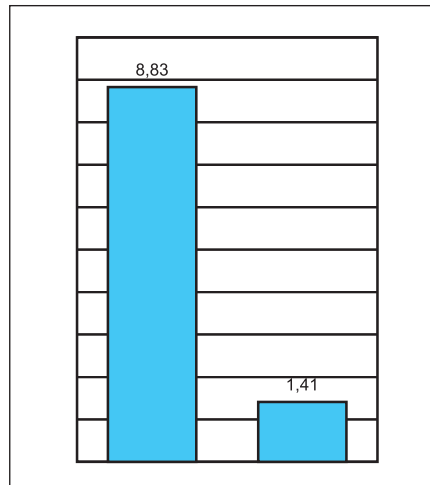


Abb. 11 Bewertung der Ballonkyphoplastie: Schmerzreduktion

die folgenden Erwägungen: In der präoperativen Kernspintomografie sind Randödeme im Endplattenbereich der Nachbarsegmente, die noch nicht zu einer Sinterung geführt haben, als Risikofaktor für eine Anschlussfraktur zu werten und sollten bei Nachweis im MRT zu einer Mitversorgung dieser Segmente führen (33). Auch die Lokalisation ist entscheidend. Die Häufigkeitsverteilung entspricht der Druckbelastung und kann als lokalisiertes Gefährdungsrisiko betrachtet werden. Verbleibt beispielsweise ein LWK 1 in einem sogenannten Sandwich zwischen einem frisch gesinterten BWK 12 und LWK 2, so sollte auch bei fehlendem Nachweis eines Ödems im MRT eine prophylaktische Stabilisierung erwogen werden.

Schmerzreduktion

Ein wesentlicher Aspekt der osteoporotischen Wirbelkörperfraktur sind die Schmerzen und die dadurch bedingte Immobilität und resultierende Komorbidität (8, 24). Die präoperative Selbsteinschätzung nach der Visuellen Analog Skala (VAS) lag – gemittelt auf verschiedene Aktivitäten – bei 8,83. Zum Zeitpunkt der Entlassung wurde das Schmerzempfinden mit durchschnittlich 1,41 um 84 Prozent reduziert angegeben. Hierbei war die Mobilität weitestgehend wieder hergestellt. Zur Nachbehandlung erfolgte die Medikation

mit einem Bisphosphonat sowie Kalzium und Vitamin D (Abb. 11).

Rekonstruktion der Wirbelkörperhöhenminderung

Durch die Höhenreduktion der Wirbelkörper können weitere Störungen resultieren: Im Bereich der Brustwirbelsäule resultiert eine Verminderung der Vitalkapazität der Lunge, die mit etwa neun Prozent je gebrochenem Segment angegeben wird (7). Bei einer Rekonstruktion der Wirbelkörperhöhe kann somit eine Wirkung auf die Morbidität und Mortalität erwartet werden (25–27).

Weiterhin führt die Deformierung der Wirbelkörper gerade im thorakolumbalen Übergangsbereich sowie der Brustwirbelsäule zu einer zunehmenden Kyphosierung. Hierdurch wird der Körperschwerpunkt nach ventral verlagert und die Druckbelastung der vorderen Tragsäule erhöht (28). Ein im Spontanverlauf der Osteoporose erhöhtes Risiko von weiteren Wirbelbrüchen ist die Folge, die zum einen aus der Belastung der traglastgeminderten osteoporotischen Knochendichte, zum anderen aus einem erhöhten Sturzrisiko bei Gangunsicherheit und schnellerer Muskelemüdung resultiert.

Jede Annäherung an die Sollhöhe des Wirbelkörpers sollte sich daher günstig auf die Prognose der Osteoporose auswirken (26). Im eigenen Patientengut konnte durchschnittlich eine Höhenrekonstruktion auf 86,63 Prozent des Sollwerts erzielt werden bei einem vorbestehenden durchschnittlichen Höhenverlust von 71 Prozent der Sollhöhe (Abb. 12). Dabei gelang eine Minderung des lokalen Kyphosewinkels von 18,9 Grad auf 4,7 Grad (Abb. 13). Damit wird aus eigener Erfahrung ein deutlicher Einfluss auf die Wirbelkörperdeformität genommen.

Bewertung des stationären Behandlungsverlaufes

Die Ballonkyphoplastie hat sich als komplikationsarmes, minimal-invasives Operationsverfahren etabliert. Die Schmerzreduktion ist effektiv und die angestrebte Wiedererlangung der Mobilität kann in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle erzielt wer-

den. Daneben kann die frakturbedingte Wirbelkörperhöhenminderung positiv beeinflusst werden.

Langzeitergebnisse und Nachuntersuchungen

Die guten postoperativen Ergebnisse können aber erst dann für die Langzeitprognose von Nutzen sein und damit ein – wenn auch minimal-invasives – operatives Vorgehen rechtfertigen, wenn es sich hierbei um nachhaltige Effekte handelt. Insofern ist die Dauer der erzielten Schmerzreduktion und der Höhenrekonstruktion relevant.

Aus diesem Grund wurden sämtliche Patienten einmal jährlich erneut befragt und – wenn möglich – nachuntersucht. Bei insgesamt drei Nachuntersuchungsserien konnte damit ein Zeitraum von durchschnittlich 33 Monaten nach der Operation erfasst werden. Die Auswertung der Nachuntersuchungen zeigt nur ein geringfügiges Ansteigen der subjektiven Schmerzstärke (Abb. 14) sowie einen leichten Rekonstruktionsverlust (Abb. 15), der vorwiegend in den ersten sechs Monaten nach der Operation eintrat.

In acht Fällen wurde eine Knochenatrophie zwischen Zementauffüllung und der Deckplatte beobachtet. Dadurch resultierte ein stärkerer Rekonstruktionsverlust. Neben einer möglichen thermischen Nekrose dürfte eher eine unzureichende Zementauffüllung ursächlich sein. Über den gesamten Zeitraum entwickelte sich – ähnlich wie in der Literatur beschrieben – bei fünf Prozent der Patienten nach der Kyphoplastie eine erneute Fraktur (21, 24, 29–31). War diese symptomatisch, wurde eine erneute Versorgung erwogen. Ein Teil war jedoch lediglich ein Zufallsbefund im Rahmen der Nachuntersuchungen. Wir gehen – trotz fehlendem Vergleichskollektiv – von einer verringerten Refrakturrate im Vergleich zum Spontanverlauf aus.

Bemerkenswert ist die subjektive Einschätzung der Methode durch die Patienten selbst. So lag die Zufriedenheit bei allen Nachuntersuchungen bei über 90 Prozent, ebenso wie die Bewertung, dass mit der operativen Vorgehensweise der Krankheitsverlauf positiv beeinflusst worden sei.

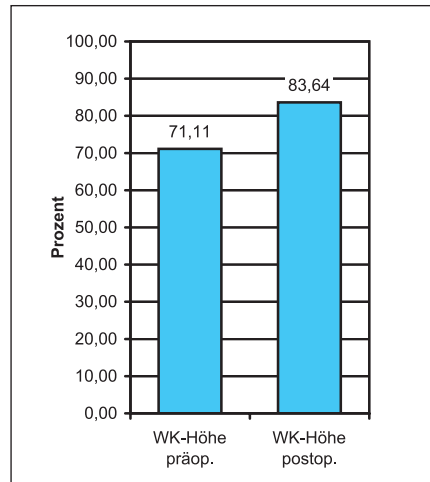


Abb. 12 Bewertung der Ballonkyphoplastie: Rekonstruktion der Wirbelkörperhöhe

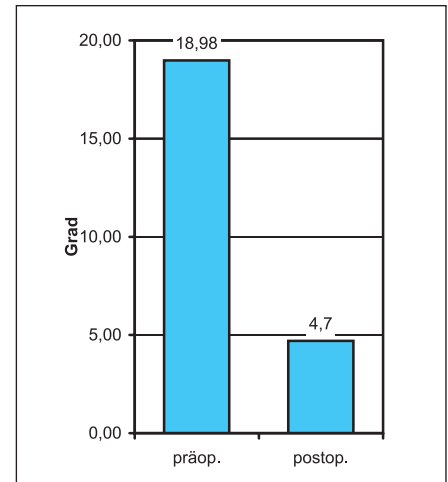


Abb. 13 Bewertung der Ballonkyphoplastie: Reduktion des Kyphosewinkels

Einsatz der Methode bei erweiterten Indikationen

Neben der klassischen Indikation der osteoporotischen Sinterungsfraktur bietet sich die Ballonkyphoplastie auch für traumatische Wirbelkörperfrakturen und Osteolysen bei disseminierten Tumorleiden an. Hierbei kann das Verfahren allein oder in Kombina-

tion mit einer dorsalen Instrumentierung verwendet werden, wodurch in der Regel eine zusätzliche ventrale Stabilisierung überflüssig wird.

In der Therapie instabilitätsgefährdeter Wirbelmetastasen kann ebenfalls an den Einsatz der Ballonkyphoplastie gedacht werden (12). Die Indikation ist als palliativ respektive komplikationsbeschränkend zu werten, wenn auch der lokalen und ther-

Abb. 14 Bewertung der Ballonkyphoplastie: Schmerzverlauf über Nachuntersuchungszeitraum

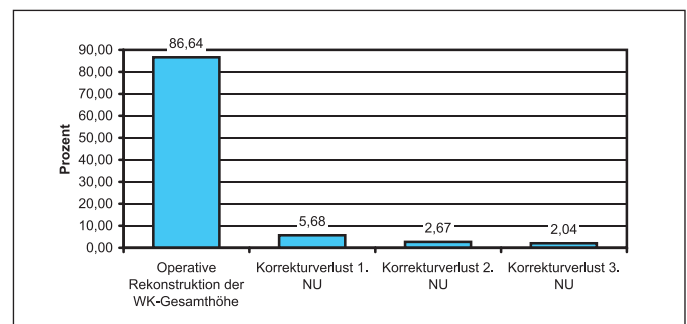
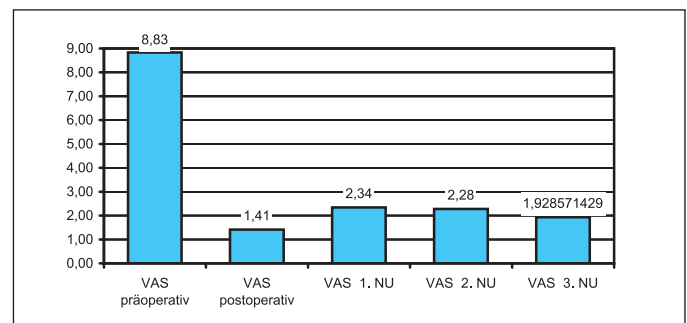


Abb. 15 Bewertung der Ballonkyphoplastie: Wirbelkörperhöhe über Nachuntersuchungszeitraum



mischen Wirkung des PMMA-Zements ein tumortoxisches Potenzial zugesprochen werden kann. Eine noch mögliche Radiatio erfolgt in der Regel nach erfolgter Kyphoplastie, da die Ausschwemmung von Tumorzellen durch die Balloninsufflation nicht ausgeschlossen werden kann. Auch bei diesen Indikationen kann ein kombiniertes Vorgehen sinnvoll sein. Eine bereits eingetretene Neurologie wird aber ein offenes Vorgehen erforderlich machen.

Vergleich der eigenen Resultate mit Daten aus der Literatur

Unsere Ergebnisse entsprechen den Daten aus der Literatur. Dabei wurden bisher fast ausschließlich unkontrollierte Patientenserien publiziert. Lediglich zwei Studien erfolgten bislang placebokontrolliert: Kasperk und Gräfe (2005) (24) führten eine prospektiv kontrollierte, jedoch nicht randomisierte Studie über drei Jahre durch mit 60 Patienten aus einem Kollektiv von 211 zugewiesenen Patienten. Indikation zum Eingriff waren anhaltende Schmerzen zwölf Monate nach dem Frakturereignis trotz adäquater analgetischer Therapie. Als Kontrollgruppe dienten 20 Patienten, die am Vortag der Operation den Eingriff abgelehnt hatten. Kontrolluntersuchungen fanden nach sechs, zwölf und 36 Monaten statt. Naturgemäß war der Aufrichtungsgrad dieser alten Frakturen geringer als bei frischen Frakturen. Trotzdem ergab sich eine erhebliche Schmerzreduktion: die Schmerzreduktion war unmittelbar postoperativ und anhaltend bis zu 36 Monaten signifikant im Vergleich zur Kontrollgruppe. Zusätzlich ergab sich eine signifikante Verminderung der Rate der Folgefrakturen (1-Jahresdaten: 50 Prozent Folgefrakturen in der Kontrollgruppe, 17,5 Prozent in der Kyphoplastiegruppe; $p=0,0084$), die sich auch in den 3-Jahresdaten bestätigte; als Ursache der verminderten Folgefrakturen wurde eine verbesserte Biomechanik diskutiert. Auch die Zahl der osteoporosebedingten Arztbesuche war vermindert und die Mobilität verbessert.

Die Studie zeigt neben dem Vorteil der Kyphoplastie bezüglich Schmerzen, Mobilität und Refrakturnrate in dem gewählten

Kollektiv, dass auch bei älteren Frakturen eine Kyphoplastie sinnvoll sein kann.

Eine internationale multizentrische Studie wurde auf dem ECTS-Kongress 2008 in Barcelona vorgestellt. S. Boonen berichtete über die FREE-Studie, in der 300 Patienten nach frischeren Wirbelkörperfrakturen (bis zu drei Monate nach dem Frakturereignis) randomisiert wurden und entweder eine Ballonkyphoplastie oder eine nichtoperative Therapie erhielten (34). Primärer Endpunkt war die Lebensqualität, gemessen mit dem SF-36; Lebensqualität, Schmerzen und Funktionsstatus waren in der Ballonkyphoplastiegruppe nach einem Monat signifikant besser; nach zwölf Monaten waren die Unterschiede geringer, favorisierten aber immer noch signifikant die Kyphoplastiegruppe. Bezüglich der Refrakturnrate bestand kein Unterschied. Die Daten legen nahe, dass durch die Kyphoplastie auch bei frischen Frakturen eine schnellere Schmerzlinderung und Mobilisierung nach Wirbelkörperfrakturen möglich ist als durch eine konservative Behandlung.

Zusammenfassende Bewertung

Die Anwendung der Ballonkyphoplastie erfolgt bei schmerzhaften Wirbelkörperbrüchen, bei denen mittels konservativer Therapie eine adäquate Schmerzreduktion und Mobilisierung nicht ausreichend ist. Die Einschränkungen der aktuellen DVO-Leitlinien müssen aufgrund der aktuellen Datenlage von zwei kontrollierten Studien überdacht werden.

Die Schmerzen sind neben der Operationsfähigkeit und der vorbestehenden Mobilität die wichtigsten Entscheidungsfaktoren für ein operatives Vorgehen. Obligat erfolgt eine MRT vor der Operation. Das Aufleuchten des Ödems in der STIR-Sequenz ist der genaueste Nachweis einer frischen Fraktur und erlaubt ferner einen Hinweis zur Differenzialdiagnose zu Frakturen anderer Genese. Wesentlich sind aber auch Ödeme in benachbarten Wirbelkörpern, die im konventionellen Röntgenbild unauffällig erscheinen. Hierdurch wird ein differenziertes operatives Vorgehen ermöglicht.

Bei unseren Patienten vergingen in der Regel drei Wochen zwischen dem vermeint-

lichen Frakturereignis und der endgültigen Versorgung. Mit länger werdendem Intervall stieg die Komplikationsrate und das Rekonstruktionsergebnis wurde schlechter. Hintergrund ist die zunehmende Konsolidierung und damit verminderte Plastizität des Wirbels, was intraoperativ einen höheren Ballondruck erforderlich macht.

In der Diskussion ist die Rate von Anschlussfrakturen nach erfolgter Kyphoplastie. Der versorgte Wirbel weist gegenüber den Nachbarsegmenten mit ebenfalls verminderter Knochendichte eine größere Härte auf, wodurch eine höhere Rate an Anschlussbrüchen zu erwarten wäre (29, 31–33). Diesem Effekt ist allenfalls durch die verbesserte Statik und Lastübertragung nach erfolgter, wenn auch unvollständiger Aufrichtung entgegenzuwirken. Eine geringere Rate von Anschlussfrakturen fand sich auch in der Studie von Kasperk (24) bei älteren Frakturen, nicht jedoch in der FREE-Studie (34).

Bei Berücksichtigung der genannten Aspekte liegt mit der Ballonkyphoplastie eine sichere und minimal-invasive Behandlungsmethode in der Therapie überwiegend osteoporosebedingter Wirbelfrakturen vor. Das Risiko des operativen Eingriffes wird nach der eigenen Erfahrung durch die effektive Schmerzlinderung und die schnelle Wiedererlangung der Mobilität aufgewogen. Die hieraus resultierende Minderung von Einflussfaktoren auf die Komorbidität und Mortalität überwiegt nach eigener Einschätzung in ihrer Bedeutung die bisher nicht sicher belegte Einflussnahme auf die Pathophysiologie von Wirbelkörpersinterfrakturen.

Nicht unberücksichtigt bleiben darf auch der Kostenfaktor der Behandlung. Der kostenintensiven Operationsmethode sind jedoch die Kosten eines verlängerten stationären Krankenhausaufenthaltes im Falle einer konservativen Therapie sowie diejenigen, die durch die notwendige Schmerztherapie und den wahrscheinlichen Mobilitätsverlust mit Folgeerkrankungen etc. entstehen, gegenüberzustellen.

Literatur

1. Kritz-Silverstein D, Barret-Connor E. Grip strength and bone mineral density in older women. *J Bone Miner Res* 1994; 9: 45–51.
2. Dachverband Osteologie e.V. DVO-Leitlinie zur Prophylaxe, Diagnostik und Therapie der Osteoporose bei Frauen ab der Menopause, bei Männern ab dem 60. Lebensjahr. 2006.
3. World Health Organisation. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. Report of a WHO study group. *World Health Organ Tech Rep Ser* 1994; 843: 1–129.
4. Felsenberg D, Silman AJ, Lunt M et al. Incidence of vertebral fracture in Europe: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *J Bone Miner Res* 2002; 17: 716–724.
5. Gold D. The clinical impact of vertebral fractures: quality of life in women with osteoporosis. *Bone* 1996; 18 (3): 1855–1895.
6. Silverman S. The clinical consequences of vertebral compression fracture. *Bone* 1992; 13: 27–31.
7. Leech J, Dulberg C, Kellie S et al. Relationship of lung function to severity of osteoporosis in women. *Am Rev Respir Dis* 1990; 141: 68–71.
8. Garfin SR, Buckley RA, Ledlie J. Ballon kyphoplasty for symptomatic vertebral body compression fractures results in rapid, significant and sustained improvements in back pain, function and quality of life for elderly patients. *Spine* 2006; 31 (19): 2213–2220.
9. Ledlie JT, Renfro MB. Kyphoplasty treatment of vertebral fractures: 2-year outcomes show sustained benefits. *Spine* 2006; 31 (1): 57–64.
10. Gaitanis IN et al. Ballon kyphoplasty for the treatment of pathological vertebral compressive fractures. *Eur Spine J* 2005; 14 (3): 250–260.
11. Lieberman IH, Dudeney S, Reinhardt MK et al. Initial outcome and efficacy of „kyphoplasty“ in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 2001; 26: 1631–1638.
12. Fourny DR, Schomer DF, Nader R et al. Percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty for painful vertebral body fractures in cancer patients. *J Neurosurg* 2003; 98 (1): 21–30.
13. Lane JM et al. Minimally invasive options for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures. *Orthop Clin North Am* 2002; 33 (2): 431–438.
14. Liebermann I, Reinhardt MK. Vertebroplasty and kyphoplasty for osteolytic vertebral collapse. *Clin Orthop Relat Res* 2003; 415 (Suppl): 176–186.
15. Dudeney S et al. Kyphoplasty in the treatment of osteolytic compression fractures as a result of multiple myeloma. *J Clin Oncol* 2002; 20 (9): 2382–2387.
16. Hillmeier J, Meeder PJ, Nöldge G et al. Augmentation von Wirbelkörperfrakturen mit einem neuen Calciumphosphat-Zement nach Ballon-Kyphoplastie. *Orthopäde* 2004; 33: 31–39.
17. Magerl F, Aebi M, Gertzbein D et al. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 1994; 3: 184–201.
18. Diamond TH, Champion B, Clark WA. Management of acute osteoporotic fractures: a nonrandomized trial comparing percutaneous vertebroplasty with conservative therapy. *American J Med* 2003; 114: 257–265.
19. Bouza C, Lopez T, Margro A et al. Efficacy and safety of ballon kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures: a systematic review. *Eur Spine J* 2006; 15: 1068–1069.
20. Müller M, Biedermann M, Strecker W. Komplikationen im Rahmen der Kyphoplastie. *Orthopäde* 2006; 11: 1183–1186.
21. Taylor RS, Taylor RJ, Fritzell P. Ballon kyphoplasty an vertebroplasty for vertebral compression fractures. A comparative systematic review of efficacy and safety. *Spine* 2008; 31: 2747–2755.
22. Berlemann U, Franz T, Orler R, Heini PF. Kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral fractures: a prospective non-randomized study. *Eur Spine J* 2004; 13: 496–501.
23. Coumans JVCE, Reinhardt MK, Liebermann IH. Kyphoplasty for vertebral compression fractures: 1-year clinical outcomes from a prospective study. *J Neurosurg (Spine)* 2003; 99: 44–50.
24. Grafe I, Da Fonseca K, Hillmeier J et al. Reduction of pain and fracture incidence after kyphoplasty: 1 year outcome of a prospective controlled trial of patients with primary osteoporosis. *Osteoporosis Int* 2005; 16: 2005–2012.
25. Voggenreiter G, Lenz E, Obertacke U, Ascherl R. Effektivität von Vertebroplaste und Kyphoplastie in der Aufrichtung osteoporotischer Wirbelkörperfrakturen. *Akt Traumatol* 2006; 36: 1–5.
26. Voggenreiter G. Ballon Kyphoplasty is effective in deformity correction of osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 2005; 30 (24): 2806–2812.
27. Shindle MK, Gardner MJ, Koob J et al. Vertebral height restoration in osteoporotic compression fractures: kyphoplasty ballon tamp is superior to postural correction alone. *Osteoporosis International* 2006; 17 (12): 1815–1819.
28. Villagra LM, Crompton PA, Bellazza AJ et al. Knochen und Knochen-Zement-Belastungen in der thorakolumbalen Wirbelsäule nach Kyphoplastik. *Orthopäde* 2004; 33: 48–55.
29. Berlemann U, Ferguson SJ, Nolte LP, Heini PF. Adjacent vertebral failure after vertebroplasty. *J Bone Joint Surg* 2002; 84: 748–752.
30. Trout AT, Kallnes DF, Layton KF et al. Vertebral endplate fractures: an indicator of the abnormal forces generated in the spine after vertebroplasty. *J Bone Min Res* 2006; 21: 1797–1802.
31. Fribourg D, Tang C, Sra P et al. Incidence of subsequent vertebral fracture after kyphoplasty. *Spine* 2004; 29: 2270–2276.
32. Lin EP, Ekholm S, Hiwatashi A, Westesson PL. Vertebroplasty: cement leakage into the disc increases the risk of new fracture of adjacent vertebral body. *Am J Neuroradiol* 2004; 25: 175–180.
33. Kim SH, Kang HS, Choi JA, Ahn JM. Risk factors of new compression fractures in adjacent vertebrae after percutaneous vertebroplasty. *Acta Radiol* 2004; 45: 440–445.
34. Boonen S et al. Impact of ballon kyphoplasty on quality of life and risk of recurrent vertebral fractures: a randomized trial in patients with acute vertebral compression fractures. *ECTS*. May 2008.

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Jörg Uwe Schulz
 Zeithstr. 25
 51766 Engelskirchen
 E-Mail: Dr.UweSchulz@t-online.de