

Jens Kelm¹, Ahmed Abuazab^{2,3}, Markus Markenstein³, Wolfram Käfer²

Ballonkyphoplastie und konservative Therapie bei traumatischen Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule

Outcome of balloon kyphoplasty and conservative treatment in patients with traumatic fractures of the thoracic and lumbar spine

Zusammenfassung: Die Ballonkyphoplastie ist eine effiziente Therapieoption zur Behandlung von Wirbelkörperfrakturen. Sie ermöglicht eine schnelle Frakturstabilisierung und eine rasche postoperative Schmerzreduktion. Alternativ zur Ballonkyphoplastie besteht das Konzept der konservativen Therapie. Ziel dieser Arbeit war der Vergleich des Therapieerfolgs zwischen Ballonkyphoplastie und konservativer Therapie in der Behandlung von frischen, stabilen, traumatischen Wirbelkörperfrakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule.

Aus den Ergebnissen kann gefolgert werden, dass im untersuchten Patientengut das Outcome durch die Ballonkyphoplastie dem der konservativen Therapie überlegen ist. Dies zeigt sich an einem höheren Körperfunktionsstatus in den Aktivitäten des täglichen Lebens sowie einer geringeren Schmerzintensität und kann durch die Verbesserung objektiver radiomorphologischer Parameter zusätzlich belegt werden.

Schlüsselwörter: stabile Wirbelkörperfrakturen, Ballonkyphoplastie, konservative Therapie, Outcome

Zitierweise

Kelm J, Abuazab A, Markenstein M, Käfer W: Outcome von Ballonkyphoplastie und konservativer Therapie bei Patienten mit traumatischen Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule.

OUP 2018; 7: 459–464 DOI 10.3238/oup.2018.0459–0464

Einleitung

Als effiziente Behandlungsoption bei Wirbelkörperfrakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule steht seit den späten 90er-Jahren des vorigen Jahrhunderts die Ballonkyphoplastie zur Verfügung. Anfangs wurde die Ballonkyphoplastie vornehmlich zur Behandlung von osteoporotischen Frakturen

eingesetzt; in Erweiterung des Indikationsspektrums findet die Therapiemethode auch in der Behandlung von traumatischen Wirbelkörperfrakturen Anwendung [2, 15].

Alternativ zur Ballonkyphoplastie besteht das Konzept der konservativen Therapie [17].

Derzeit existieren nur wenige Studien, die explizit den Therapieerfolg des

Summary: Balloon kyphoplasty is an effective therapy option for the treatment of vertebral body fractures. It enables rapid fracture stabilization and rapid postoperative pain reduction. Alternatively, there is the concept of conservative therapy.

The aim of this work was the comparison of the therapeutic success between balloon kyphoplasty and conservative therapy in the treatment of fresh stable traumatic vertebral body fractures of the thoracic and lumbar spine.

From the results it can be concluded that in the examined patients the outcome of balloon kyphoplasty is superior to that of conservative therapy. This is proven by a higher body function status in the activities of daily life, as well as a lower pain intensity and can be further demonstrated by the improvement of objective radiomorphological parameters.

Keywords: stable vertebral body fractures, balloon kyphoplasty, conservative therapy, outcome

Citation

Kelm J, Abuazab A, Markenstein M, Käfer W: Outcome of balloon kyphoplasty and conservative treatment in patients with traumatic fractures of the thoracic and lumbar spine.

OUP 2018; 7: 459–464 DOI 10.3238/oup.2018.0459–0464

operativen dem des konservativen Vorgehens gegenüberstellen, wobei eine niedrige Evidenz und fehlende Langzeitergebnisse zu bemängeln sind.

Ziel dieser Arbeit war es, zu überprüfen, welcher Therapieansatz (operativ versus konservativ) zur Behandlung von stabilen traumatischen Wirbelkörperfrakturen bessere Ergebnisse liefert.

¹ Chirurgisch-Orthopädisches Zentrum Illingen

² Abteilung für Wirbelsäulen Chirurgie, Westfalzklinikum Standort II Kusel

³ Hauptabteilung Chirurgie: Unfallchirurgie/Orthopädische Chirurgie, Caritas Krankenhaus Lebach



Abbildung 1 Präoperative Messung des SSA und der Wirbelkörperhöhen

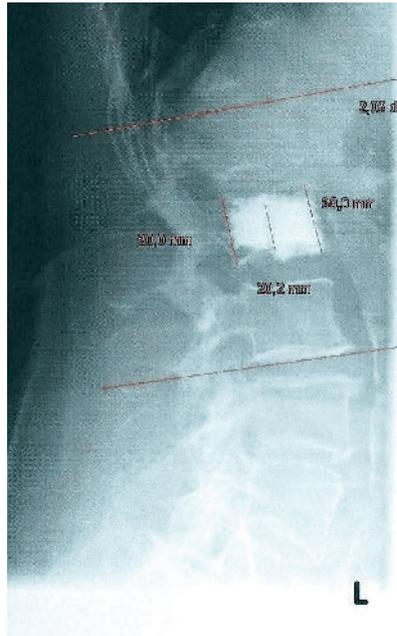


Abbildung 2 Posttherapeutische (BKP-Gruppe) Messung des SSA und der Wirbelkörperhöhen

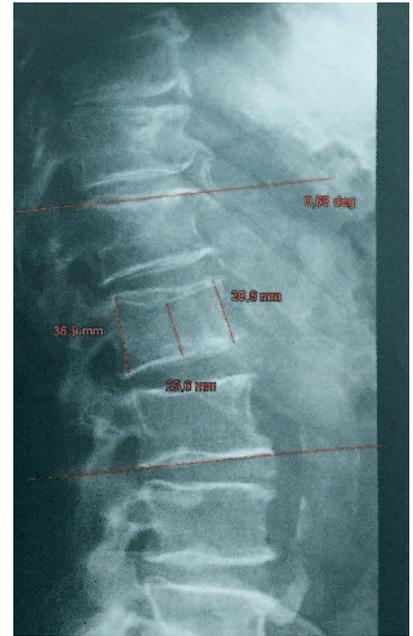


Abbildung 3 Posttherapeutische (KT-Gruppe) Messung des SSA und der Wirbelkörperhöhen

Patienten und Methoden

Patienten

41 Patienten (24 Frauen/17 Männer) mit einem mittleren Alter von 64,1 (\pm 14,4) Jahren wurden in die Studie inkludiert, die in einem Zeitraum von 4 Jahren (01.07.2010–30.06.2014) in der unfallchirurgischen Abteilung des Caritas Krankenhauses Lebach wegen einer stabilen traumatischen Wirbelkörperfraktur der Brust- und/oder Lendenwirbelsäule behandelt wurden. Einschlusskriterium bei allen Patienten war, dass die Indikation zur Behandlung durch eine Ballonkyphoplastie leitlinienkonform [1] gestellt werden konnte. Patienten, die eine ballonkyphoplastische Versorgung ablehnten, wurden konservativ behandelt.

Ein Ethikantrag wurde bei der Ethikkommission der Ärztekammer des Saar-

lands gestellt und unter der Nr. 82/15 genehmigt [19].

Methoden

Ballonkyphoplastie

Bei dem Verfahren wurden transpedikulär unter Röntgenkontrolle 2 Ballonkatheter in den frakturierten Wirbelkörper eingebracht und mit einem wasserlöslichen Röntgenkontrastmittel aufgefüllt. Durch die Auffüllung des Ballons wurde die Spongiosa komprimiert, sodass eine verdichtete Wand aus Spongiosamaterial entstand und der Wirbelkörper leicht aufgerichtet werden konnte. Danach wurde unter Röntgendurchleuchtung ca. 1–2 ml Niederviskose-Zement der Firma Medtronic (typischerweise Polymethylmethacrylat, PMMA)

mit niedrigem Injektionsdruck in den Hohlraum eingespritzt [16].

Konservative Therapie

Die konservative Therapie wurde ambulant durchgeführt. Ein standardisierter Therapieablauf war – mit Ausnahme der generellen Verordnung einer Orthese – aufgrund der verschiedenen in die Behandlung der Patienten involvierten physiotherapeutischen Institutionen, nicht möglich. Grundsätzlich zielte das konservativ therapeutische Konzept darauf ab, Immobilisationsschäden zu vermeiden, die Wiederherstellung der Beweglichkeit zu ermöglichen und die Rumpfmuskulatur zu kräftigen [17].

Score-Auswertung

Zur Überprüfung der Mobilität, der Körperfunktion sowie der Aktivitäten des täglichen Lebens wurden in beiden Gruppen der ODI-Score (Oswestry Disability Index) [6] und der WOMAC-Score (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index) [12] eingesetzt, zur Erhebung der Schmerzintensität die visuelle Analogskala (VAS) [7] verwendet. Der Untersuchungszeitpunkt lag in der BKP-Gruppe bei 28,8 (\pm 12,7) Monaten, in der KT-Gruppe bei 34,6 (\pm 16) Monaten.

	Minimale Behinderung	Mäßige Behinderung	Starke Behinderung	Invaldisierend
BKP	15 (71 %)	6 (29 %)	0	0
KT	10 (50 %)	7 (35 %)	2 (10 %)	1 (5 %)

Tabelle 1 Verteilung (absolut und %) der Patienten nach dem Maß der Beeinträchtigung entsprechend dem ODI-Score

ODI

Beim ODI-Score handelt sich um ein Instrument zur Bestimmung der körperlichen Funktionsfähigkeit. Mithilfe des ODI können die empfundenen Einschränkungen, die ein Patient im Alltag aufgrund von Rückenschmerzen erlebt, ermittelt werden [6].

WOMAC

Der WOMAC-Score erlaubt es, das Ausmaß der Beeinträchtigung und den Einschränkungsgrad der Lebensqualität der Patienten zu evaluieren [1].

VAS

Zur zielorientierten Erhebung der Schmerzintensität wurde die VAS (visuelle Analogskala) verwendet [7].

Röntgenbild-Auswertung

Ferner wurde die Veränderung der radiomorphologischen Parameter nach erfolgter Therapie gemessen, dabei wurde das Unfallbild mit dem unmittelbar durchgeführten Bild nach Behandlungsabschluss verglichen. So wurde bei der BKP-Gruppe das postoperative Bild und bei der KT-Gruppe das Bild nach Therapieabschluss (im Mittel nach 12 Wochen konservativer Behandlung) zum Vergleich herangezogen. Zur Auswertung wurden die seitlichen Röntgenbilder der betroffenen Wirbelsäulenabschnitte verwendet.

Sagittales segmentales Alignment

Das SSA wurde in Anlehnung an Cobb [18] durch eine seitliche Aufnahme erfasst, indem entlang der Deckplatte des dem frakturierten Wirbel unmittelbar kranial benachbarten Wirbelkörpers

und der Grundplatte des kaudal benachbarten Wirbelkörpers jeweils eine Gerade gezeichnet und an deren Lotschnittpunkt der Winkel gemessen wurde (Abb. 1–3) [8, 10].

Wirbelkörperhöhe

In der seitlichen Röntgenaufnahme wurden anteriore, intermediäre und posteriore Wirbelkörperhöhen ermittelt, wobei der Abstand zwischen der kranialen Deckplatte und der kaudalen Bodenplatte (Abb. 1–3) des frakturierten Wirbels gemessen wurde.

Statistik

Zur deskriptiven Darstellung werden der Mittelwert und die Standardabweichung angegeben. An statistischen Tests kam der Chi-Quadrat-Test, bei Normalverteilung von 2 unabhängigen Stichproben der T-Test zum Einsatz. Bei nicht normalverteilten Daten wurde der Mann-Witney-U-Test für unabhängige Stichproben, der Wilcoxon-Test bei verbundenen Stichproben durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ [9] festgelegt. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Computersoftware-System SPSS Statistics 23.

Ergebnisse

Patienten

41 Patienten mit einem Alter von 64,1 ($\pm 14,4$) Jahren konnten in die Studie inkludiert werden, dabei wurden 21 Patienten der BKP-Gruppe und 20 Patienten der KT-Gruppe zugeführt. Bezogen auf die Altersverteilung unterschieden sich die beiden Gruppen nicht signifikant ($p = 0,4$), hingegen war die Geschlechterverteilung

(BKP-Gruppe 16 w/5 m; KT-Gruppe 8 w/12 m) signifikant ($p = 0,019$) unterschiedlich. Der Zeitabstand zwischen dem Abschluss der operativen bzw. der konservativen Therapie und dem Nachuntersuchungszeitpunkt lag in der BKP-Gruppe bei 28,8 ($\pm 12,7$) Monaten, in der KT-Gruppe bei 34,6 (± 16) Monaten ($p = 0,235$).

ODI

Der ODI-Score betrug in der BKP-Gruppe 12,9 % ($\pm 12,3$) und in der KT-Gruppe 24,7 % ($\pm 18,9$), es wurde ein statistisch signifikanter Unterschied gefunden ($p = 0,027$). Den Grad der Beeinträchtigung zeigt Tabelle 1, in der immerhin 3 Patienten der KT-Gruppe mit starken, bzw. invalidisierenden Behinderungen einzuordnen waren.

WOMAC

Im WOMAC-Score erreichte die BKP-Gruppe 29,7 ($\pm 32,3$), die KT-Gruppe 58,1 ($\pm 48,4$) Punkte ($p = 0,043$). Bezogen auf die einzelnen Score-Dimensionen konnten im Gruppenvergleich hinsichtlich Steifigkeit ($p = 0,13$) und Schmerzen ($p = 0,14$) keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden, allerdings konnte bei der Dimension „Funktion“ ($p = 0,033$) ein signifikanter Unterschied zugunsten der BKP-Gruppe aufgezeigt werden.

VAS

Während bei der BKP-Gruppe des VAS-Score bei 0,9 ($\pm 1,3$) lag, zeigte sich bei den konservativ behandelten Patienten ein Wert von 2,9 ($\pm 2,1$). Ein statistisch signifikanter Unterschied ($p = 0,002$) zwischen beiden Gruppen konnte zugunsten der BKP-Gruppe nachgewiesen werden.

Radiomorphologische Veränderung

Sagittales segmentales Alignment

Das SSA in der BKP-Gruppe verbesserte sich durch die Therapie um 10 % nicht signifikant ($p = 0,39$), während es sich in der KT-Gruppe signifikant ($p = 0,012$) um 47 % verschlechterte. Im Gruppenvergleich zeigte sich erwartungsgemäß ein signifikanter Unterschied ($p < 0,01$)

BKP	Anteriore Wirbelkörperhöhe	Intermediäre Wirbelkörperhöhe	Posteriore Wirbelkörperhöhe
Präoperativ X [\pm SD]	22,6 [$\pm 5,9$]	18,6 [$\pm 4,8$]	27,6 [$\pm 5,4$]
Postoperativ X [\pm SD]	28,9 [$\pm 5,9$]	24,9 [$\pm 5,1$]	31,3 [$\pm 5,4$]
p-Wert	< 0,001	0,001	0,003

Tabelle 2 Wirbelkörperhöhe in BKP-Gruppe in mm prä- und postoperativ

hinsichtlich der Veränderung des SSA zugunsten der BKP-Gruppe.

Wirbelkörperhöhe

Nach Ballonkyphoplastie war eine signifikante Vergrößerung der Wirbelkörperhöhe nachweisbar. Während die anteriore Wirbelkörperhöhe eine Verbesserung um 27 % ($p < 0,001$) erreichte, verbesserte sich die intermediäre Höhe um 34 % ($p < 0,001$) respektive erhöhte sich der posteriore Wirbelkörperanteil um 13 % ($p < 0,003$) gegenüber der präoperativen Messung.

Im Gegensatz dazu konnte bei der konservativen Therapie kein Höhengewinn nachgewiesen werden, hier zeigte sich in allen Wirbelkörperabschnitten eine signifikante Höhenminderung zwischen 4 und 22 %. Tabelle 2 und 3 zeigen die Veränderungen der Wirbelkörperhöhen beider Gruppen nach Therapieabschluss.

Diskussion

Scores

Die in dieser Studie erhobenen Score-Werte rekrutierten sich aus einer einmaligen Erhebung. Hohe Score-Werte charakterisieren eine starke Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit (ODI und WOMAC) sowie eine höhere Schmerzintensität (VAS).

ODI-Score

Der durchschnittliche Wert des ODI-Scores nach erfolgter Ballonkyphoplastie betrug 12,9 % ($\pm 12,3$), der nach konservativer Therapie 24,7 % ($\pm 18,9$).

Der hohe Wert von 24,7 % verdeutlicht, dass die Patienten nach konservativer Therapie in den Aktivitäten des täglichen Lebens durch starke Rückenschmerzen höhergradig beeinträchtigt sind als die der BKP-Gruppe. Übereinstimmend mit der Literatur zeigt sich, dass die Ballonkyphoplastie durch die Verbesserung der Funktionsfähigkeit, verbunden mit einer Verringerung der Beeinträchtigungen in den Aktivitäten des täglichen Lebens, eine schnellere Rückkehr in das häusliche Umfeld und das soziale Leben ermöglichen kann [4].

Während Zapałowicz et al. von einer generellen Verbesserung des präoperativen ODI-Wertes von 50 % zu postoperativen Werten zwischen 21 % und 10 % berichten [26] und unsere Ergebnisse bestätigen, erwähnen Lee et al. in einer prospektiven Studie darüber, dass der bestehende, initial deutliche Unterschied bezüglich der körperlichen Beeinträchtigung beider Therapieansätze sich in der Langzeitbeobachtung verringert bzw. angleicht [14]. Welchen Einfluss der zeitliche Abstand zwischen Therapieabschluss und Nachuntersuchungszeitpunkt auf die Ergebnisse unserer Studie nimmt, kann aufgrund des Studiendesigns nicht beantwortet werden.

WOMAC-Score

Ein signifikanter Unterschied ($p = 0,043$) zwischen den beiden Therapieverfahren konnte auch hinsichtlich des WOMAC-Scores aufgezeigt werden. Analysiert man die einzelnen Dimensionen, wird deutlich, dass die Score-Dimension „Funktion“ den größten Anteil der Veränderung des Gesamtscores ausmacht und auch nur hier ein signifi-

kanter Unterschied ($p = 0,033$) nachgewiesen werden konnte, während die Dimensionen „Schmerz“ und „Steifigkeit“ sich nur gering (nicht signifikant) zugunsten der BKP-Gruppe unterscheiden. Einerseits ist davon auszugehen, dass dieses Ergebnis die im ODI-Score ermittelten Score-Ergebnisse bezogen auf körperliche Beeinträchtigungen unterstützt, andererseits sollte aufgrund des Überwiegens der Anzahl der abgefragten Items (17 Funktion, 5 Schmerzen, 2 Steifigkeit) für die Dimension „Funktion“ eine falsch positive Gesamtsignifikanz ebenfalls in Erwägung gezogen werden.

Visuelle Analogskala

Der VAS-Score betrug nach erfolgter Ballonkyphoplastie 0,9 ($\pm 1,3$), nach konservativer Behandlung hingegen lag der VAS-Score bei 2,9 ($\pm 2,1$), des Weiteren zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied ($p 0,002$) zwischen beiden Therapieansätzen zugunsten der Ballonkyphoplastie. Aus der Literatur sind vergleichbare Ergebnisse bekannt. In einer prospektive Studie von Schmelzer-Schmied et al., die Patienten mit traumatischen Wirbelkörperfrakturen inkludierte, wurde ein VAS-Wert von 1,88 in der BKP-Gruppe, respektive 2,2 in der KT-Gruppe 6 Monate nach Therapieabschluss evaluiert [23], was unsere Beobachtungen bestätigt. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Wardlaw et al., die in einer groß angelegten Studie mit 300 Patienten nach 24 Monaten ebenfalls einen geringeren VAS-Score-Wert in der BKP-Gruppe als in ihrer KT-Gruppe evaluierten [25].

Analog zur der oben erwähnten Überlegenheit der Ballonkyphoplastie gegenüber der konservativen Therapie konnten auch Komp et al. in einer prospektiven Studie eine signifikante Überlegenheit des operierten Kollektivs bezogen auf den VAS-Score bestätigen [11].

Radiomorphologische Veränderung

Sagittales segmentales Alignment

Bezüglich der Veränderungen des SSA nach Ballonkyphoplastie lässt sich anmerken, dass sich ein Vergleich der bisher publizierten Arbeiten schwierig gestaltet, da in den jeweiligen Arbeiten

KT	Anteriore Wirbelkörperhöhe	Intermediäre Wirbelkörperhöhe	Posteriore Wirbelkörperhöhe
Prätherapeutisch X \pm SD]	23,1 \pm 2]	20,5 \pm 6,1]	30,5 \pm 5,4]
Posttherapeutisch X \pm SD]	20,8 \pm 7,9]	18,9 \pm 6,6]	29,1 \pm 5,6]
p-Wert	0,003	0,012	0,012

Tabelle 3 Wirbelkörperhöhe in der KT-Gruppe in mm prä- und posttherapeutisch

meist unterschiedliche Parameter, Messverfahren und -kriterien eingesetzt wurden [3, 5]. In dieser Arbeit wurde die Winkelmessung in Anlehnung an Cobb durchgeführt [18].

Eine Verbesserung des SSA um 10 % in der BKP-Gruppe bei gleichzeitiger Verschlechterung um 47 % in der KT-Gruppe führte erwartungsgemäß zu einem signifikanten Unterschied ($p < 0,01$) zugunsten der BKP-Gruppe.

Wie durch unsere Ergebnisse bestätigt, sehen auch Teyssédou et al. die Ballonkyphoplastie als sinnvollen Therapieansatz zur Behandlung traumatischer Wirbelkörper-Frakturen und berichten von einer postoperativen Verbesserung des sagittalen Profils der Wirbelsäule [24].

Ebenfalls beschreiben Saget et al. in einer 2-Jahres-Follow-up-Studie bei nicht osteoporotischen traumatischen Frakturen des thorakolumbalen Übergangs eine Verbesserung des SSA von präoperativ $12,8^\circ (\pm 5,0)$ auf postoperativ $8,2^\circ (\pm 5,1)$ [22].

Im Gegensatz dazu korreliert der hohe Korrekturverlust von 47 % in der KT-Gruppe unserer Studie mit den Ergebnissen von Reinhold et al. [21], die zeigen konnten, dass neben dem Höhenverlust durch das Trauma-Ereignis selbst zusätzlich mit einem Korrekturverlust während der konservativen Therapie zu rechnen ist, der mit einer zunehmenden Kyphosierung und damit einem schlechteren SSA der Wirbelsäule einhergeht.

Wirbelkörperhöhe

Übereinstimmend mit den Ergebnissen von Ledlie et al., die eine Wirbelaufrichtung von etwa 23 % der anterioren Wirbelkörperhöhe durch die Ballonkyphoplastie evaluierten [13], konnte in der vorliegenden Arbeit eine signifikante Verbesserung ($p < 0,001$) der anterioren Wirbelkörperhöhe von 27 % erzielt werden.

Gute Ergebnisse zeigten sich auch bezüglich der intermediären (34 %) und posterioren (13 %) Wirbelkörperhöhenkorrektur, was durch die Ergebnisse von Ondul et al. mit einer intermediären Wirbelkörperhöhenkorrektur von 35 % bestätigt wird [20].

Allgemein betrachtet zeigte ähnlich den Beobachtungen von Schmelzer-Schmied et al. die BKP-Gruppe nach abgeschlossener Therapie signifikant bessere, die KT-Gruppe signifikant schlechtere Korrekturwerte [23]. Aus dieser Beobachtung könnte der signifikant geringe VAS-Scorewert der BKP-Gruppe erklärt und die Überlegenheit der Ballonkyphoplastie gegenüber der konservativen Therapie für diese Indikationsstellung postuliert werden.

Limitationen

Ein limitierender Faktor dieser Arbeit besteht in der differierenden Geschlechterverteilung und der geringen Fallzahlen in beiden Gruppen.

Eine Messung der Knochendichte zum Ausschluss osteoporotischer Frakturen konnte prätherapeutisch nicht durchgeführt werden.

Des Weiteren erfolgte keine klinische Bewertung der spinalen Komorbidität, zudem konnte prätherapeutisch keine MRT-Untersuchung der Wirbelsäule durchgeführt werden.

Aufgrund der geringen Anzahl vergleichbarer Studien ist die Interpretation der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit schwierig.

Die Bestimmung des SSA erfolgte in Anlehnung an die Methode nach Cobb, während in vergleichbaren Studien andere Messmethoden eingesetzt wurden, was die Interpretation der Ergebnisse erschwert.

Durch die methodisch bedingten nicht erhobenen prätherapeutischen Score-Werte (ODI-, WOMAC- und VAS) ist die Aussagekraft dieser Arbeit eingeschränkt. OUP

Interessenkonflikt: Keine angegeben.

Korrespondenzadresse

Dr. med. Ahmed Abuazab
Westpfalzkrankenhaus Standort II
Im Flur 1
66869 Kusel
abuhmed81@hotmail.com

Literatur

- Ahrens M: Minimal invasive Wirbelsäulenintervention. 2. Auflage, Köln: Deutscher Ärzteverlag, 2009, 297–8, 300–4
- Börm W: Spinale Neurochirurgie, operatives Management von Wirbelsäulenerkrankungen. Stuttgart: Schattauer Verlag, 2009, 179–183, 382–5
- Costa F, Ortolina A, Cardia A, Sassi M: Efficacy of treatment with percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty for traumatic fracture of thoracolumbar junction. J Neurosurg Sci. 2009; 53: 13
- de Falco R, Bocchetti A: Balloon kyphoplasty for pure traumatic thoracolumbar fractures: retrospective analysis of 61 cases focusing on restoration of vertebral height. Eur Spine J. 2014; 23 Suppl 6: 664–70
- de Falco R, Scarano E, Di Celmo D, Grasso U, Guarnieri L: Balloon kyphoplasty in traumatic fractures of the thoracolumbar junction. Preliminary experience in 12 cases. J Neurosurg Sci. 2005; 49: 147–53
- Deemter F: Rückentraining. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2012, 38–9
- Eberhard A: Lehrbuch der Palliativmedizin. Stuttgart: Schattauer Verlag, 2012, 160–1
- Grifka J, Krämer J: Orthopädie Unfallchirurgie. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2013, 201–8
- Hedderich J, Sachs L: Angewandte Statistik. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2016
- Hohmann D: Orthopädische Technik. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2005, 307–8
- Komp M, Ruetten S, Godolias G: Minimally-invasive therapy for functionally unstable osteoporotic vertebral fractures by means of kyphoplasty. J Miner Stoffwechsl 2004; 11: 13–5
- Krukemeyer MG, Möllenhoff G: Endoprothetik: Ein Leitfaden für den Praktiker. Berlin: Walter de Gruyter, 2013, 5–6
- Ledlie JT, Renfro M: Balloon kyphoplasty one-year outcomes in vertebral body height restoration, chronic pain, and activity levels. J Neurosurg 2003; 98: 36–42
- Lee HM, Park SY, Lee SH, Suh SW, Hong JY: Comparative analysis of clinical outcomes in patients with osteoporotic vertebral compression fractures (OVCFs). Spine J 2012; 12: 998–1005

15. Markmiller M: Percutaneous balloon kyphoplasty of malignant lesions of the spine. A prospective consecutive study in 115 patients. *Eur Spine J.* 2015; 24: 2165–72
16. Müller-Mai C, Ekkernkamp A: *Frakturen Klassifikation und Behandlungsoptionen.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011, 284–91
17. Müller-Mai C, Ekkernkamp A: *Frakturen Klassifikation und Behandlungsoptionen.* Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2010, 264–6
18. Niethard FU, Pfeil J: *Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie.* Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2014, 415–6
19. Nr. 82/15 Ethikkommission der Ärztekammer des Saarlandes, genehmigt im Mai 2015
20. Ondul S, Durmus M: Minimally invasive stabilization of vertebral compression fractures using balloon kyphoplasty. *J Neurosurg Sci.* 2012; 56: 357–61
21. Reinhold M, Knop C, Lange U, Bastian L, Blauth M: Non-operative treatment of thoracolumbar spinal fractures. Long-term clinical results over 16 years. *Unfallchirurg.* 2003; 106: 566–76
22. Saget M, Teysseidou S, Prebet R, Vendevre T, Gayet LE, Pries P: Acrylic kyphoplasty in recent nonosteoporotic fractures of the thoracolumbar junction: a prospective clinical and 3D radiologic study of 54 patients. *J Spinal Disord Tech.* 2014; 27: E226–33
23. Schmelzer-Schmied N, Cartens C, Meeder PJ, Dafonseca K: Comparison of kyphoplasty with use of a calcium phosphate cement and non-operative therapy in patients with traumatic non-osteoporotic vertebral fractures. *Eur Spine J.* 2009; 5: 624–9
24. Teysseidou S, Saget M, Gayret LE, Pries P, Breque C, Vendevre T: Radiologic study of disc behavior following compression fracture of the thoracolumbar hinge managed by kyphoplasty: A 52-case series. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2016; 102: 61–5
25. Wardlaw D, Van Meirhaeghe J, Ransam J, Bastian L, Boonen S: Balloon kyphoplasty in patients with osteoporotic vertebral compression fractures. *Expert Dev Med Devices* 2012; 9: 423–36
26. Zapałowicz K, Radek M: Percutaneous balloon kyphoplasty in the treatment of painful vertebral compression fractures. *Neurochir Pol.* 2015; 49: 11–5

DOMBLICK FÜR ALLE!

EDITION



Dom op Kölsch

Offset-Druck auf 300g/qm
Profi-Silk-Bilderdruckpapier farbig lackierter Echtholzrahmen
(weiß oder schwarz)

Passepartout, signiert, datiert

Bildmaß: 50 x 50 cm

Preis: € 125,-



Dom op Kölsch

Offset-Druck auf 300g/qm Profi-Silk-Bilderdruckpapier
farbig lackierter Echtholzrahmen
(weiß oder schwarz), signiert, datiert

Bildmaß: 30 x 30 cm

Preis: € 65,-