



KYPHOPLASTIE

Autorin: Mag. Ingrid Wilbacher

Soweit in diesem Kontext personenbezogene Bezeichnungen nur in weiblicher oder nur in männlicher Form angeführt sind, beziehen sie sich generell auf Frauen und Männer in gleicher Weise.

1 Kurzbericht

Kyphoplastie ist eine modifizierte Methode der Vertebroplastie bei tumorös oder osteoporotisch bedingten Wirbelkörperkompressionsfrakturen. Wie die Vertebroplastie ist auch die Kyphoplastie eine perkutane minimalinvasive Operationstechnik. Knochenzement wird in einen durch einen Ballon präformierten Hohlraum des frakturierten Wirbelkörpers appliziert, der Vorteil zur Vertebroplastie ist der geringere Druck bei der Knochenzementapplikation und die dabei gleichzeitig mögliche Aufrichtung des Wirbelkörpers.

Zahlreiche Studien beschreiben eine signifikante Schmerzreduktion für die Patienten nach Kyphoplastie, sowie eine verbesserte Mobilität und kürzerem Krankenhausaufenthalt nach dem Eingriff. Kontrollierte Vergleichsstudien mit Evaluation der Langzeitergebnisse existieren nicht. Eine solche Studie ist im Laufen und soll 2006 Ergebnisse liefern.

Existierende Guidelines (NHS 2003, NICE 2003, ICSI 2003) zur Kyphoplastie sehen die Methode der Kyphoplastie als **viel versprechend**, schränken ihre Empfehlungen jedoch wegen der **mangelnden Evidenz** ein. Eine genaue Indikationsstellung, die exakte Schulung der durchführenden Chirurgen, sowie ein intraoperativ eingesetztes Bild gebendes Monitoring sind Voraussetzungen für das Gelingen der Kyphoplastie. Über Langzeiteffekte gibt es keine Aussagen, die längste Studie untersucht Patienten bis 12 Monate nach der Operation.

Existierende Guidelines (CCE 2002, CCOHTA 2002, ICSI 2003) zur Vertebroplastie sehen auch ungenügende Evidenz für den Rückschluss, dass die perkutane Vertebroplastie eine sichere und effektive Methode in der Behandlung osteoporotisch bedingter Wirbelkompressionsfrakturen ist. Es gibt keine prospektiven Studien über Sicherheit und Langzeit-Effektivität.

Der HTA Report der Blue Cross Blue Shield Association aus dem Jahr 2004 sieht die vorhandene Evidenz für die Kyphoplastie als unzureichend an, Schlussfolgerungen über den Nutzen der Kyphoplastie an sich und im Vergleich zu alternativen Behandlungen können nicht gezogen werden.

Der HTA Report des Medical Advisory Secretariat sieht die Kyphoplastie als Alternative zur Vertebroplastie, allerdings mit einem Empfehlungsgrad Level 4.

Lediglich der HTA Report der Schweizer Federal Commission for Services of the Health Insurance Scheme befürwortet die Methode der Kyphoplastie unter den Einschränkungen der genauen Indikationsstellung, der Durchführung durch einen geschulten Experten und dem Hinweis auf ungenügende Langzeitevidenz. Die Methode der Durchführung dieses HTA Reports entspricht jedoch nicht der gängigen Praxis.

2 Fragestellung

Gibt es entsprechende Evidenz für die Methode der Kyphoplastie?

3 Perkutane Vertebroplastie – Ballonkyphoplastie

Die perkutane Vertebroplastie wird seit 1987¹ in der Stabilisierung osteoporotisch oder tumorös bedingter Wirbelkörperfrakturen eingesetzt. Perkutan wird Knochenzement von hoher Viskosität aus Polymethylmetacrylat (PMMA) über einen transpedikulären Zugangsweg unter Druck eingebracht, erlaubt jedoch keine Aufrichtung des frakturierten Wirbelkörpers. Anfang der 90er Jahre wurde die Vertebroplastie zur Palliativbehandlung insbesondere von Wirbelkörpermetastasen angewandt, seit Mitte der 90er Jahre wurden auch osteoporotische Wirbelkörperkompressionsfrakturen durch Vertebroplastie behandelt. Die Komplikationsrate betrifft vor allem Zementextrusionen. Zementaustritte in den Spinalkanal können zu schweren neurologischen Komplikationen führen, weiters besteht der Verdacht, dass durch eine PMMA Zementierung eine Fraktur des benachbarten, nicht zementierten Wirbels provoziert wird.

Die Kyphoplastie ist ebenfalls ein perkutanes minimalinvasives Stabilisierungsverfahren. Durch die Einbringung eines Ballonkatheters in den Wirbelkörper wird eine intravertebrale Kavität präformiert, in die PMMA- Knochenzement unter Vermeidung von Druck appliziert wird. Durch das Entfalten des Ballonkatheters ist es möglich einen kyphotisch deformierten Wirbelkörper wieder aufzurichten.

Vorrangiges Ziel beider Verfahren ist eine Reduktion der Schmerzsymptomatik.

4 Guidelines zur Kyphoplastie

4.1 NHS 2003

National Health Service, Interventional Procedure Guidance 20, November 2003

- Es gibt keine Langzeitstudien über Kyphoplastie, daher kann keine Empfehlung dafür abgegeben werden.
- Wenn Kyphoplastie durchgeführt wird, bedarf es genauer Information des Patienten (inklusive darüber, dass keine Langzeitstudien existieren).
- Exaktes Training zur Durchführung der Methode, exakte Anwendung des Materials, ausschließliche Verwendung erprobten Materials sind Voraussetzung.
- Die Möglichkeit zur spinalen Operation muss im stand by vorhanden sein.
- Kyphoplastie soll nur bei Patienten mit konservativ nicht beherrschbaren Schmerzen durchgeführt werden.
- Die Möglichkeit weiterer Wirbelkörperfrakturen durch die Aufrichtung der Wirbelkörper soll bedacht werden.
- Ballon Kyphoplastie ist nur bei Patienten mit rezenten Frakturen und

Veränderung der Wirbelsäulenkrümmung (unter Wahrung der erwähnten Punkte) indiziert.

4.2 NICE 2003

National Institute for Clinical Excellence, Interventional Procedures Programme, Procedure number 179

Interventional procedure overview of Balloon kyphoplasty for vertebral compression fractures, March 2003.

- Es gibt wenig Studien; alle erstrecken sich über kurze Zeiträume, umfassen kleine Patientenzahlen, sind statistisch mangelhaft evaluiert, Studiendesigns nur als Fall- und Serienstudien.
- Kyphoplastie soll nur in speziellen Fällen und von gut geschulten Ärzten vorgenommen werden (nur dann ist relative Sicherheit gegeben).
- Es existiert zuwenig Evidenz für die Abgabe einer Empfehlung.

NICE 2006 – empfiehlt die Anwendung der Kyphoplastie nur unter der Voraussetzung, dass die Patienten genau aufgeklärt werden über Nutzen und Risiken, und dass die Prozeduren aufgezeichnet werden. Ballon-Kyphoplastie soll weiters nur dann durchgeführt werden, wenn ein Team von Spezialisten, inklusive einem Radiologen und einem *spinal surgeon*, dies im Vorfeld diskutiert hat, sowie bildgebende Diagnostik im Behandlungsbereich vorhanden und ein *spinal surgeon* in Rufbereitschaft sind.

Die NICE Experten finden keine ausreichende Evidenz für den Einsatz der Kyphoplastie aufgrund der fehlenden Langzeitstudien und der Problematik des Zementaustritts.

4.3 ICSI 2003

Institute for Clinical Systems Improvement, Technology Assessment Report Vertebroplasty and Balloon-Assisted Vertebroplasty for the Treatment of Osteoporotic Compression Fractures, December, 2003

- Vertebroplastie sollte nur sorgfältig ausgewählten Patienten angeboten werden, deren Schmerzen bei konservativer Therapie nicht kontrollierbar sind und länger als 10 bis 12 Wochen anhalten.
- Keine klare Evidenz existiert darüber, ob die Aufrichtung der Wirbelkörper durch Ballon-assistierte Vertebroplastie erreicht wird, und ob eine gelungene Aufrichtung weitere Wirbelkörperfrakturen auslösen kann.
- Die Behandlung könnte im Akutfall wertvoll sein, ist jedoch nicht entsprechend evaluiert.
- Sicherheit der Methode ist nicht ausreichend evaluiert (Komplikationen).
- Evaluation der Ursache der Osteoporose und adäquate Osteoporose Therapie vor der Operationsentscheidung sind unzureichend evaluiert.

Guidelines zur Vertebroplastie

4.4 CCE 2002

Centre for Clinical Effectiveness, Monash Institute of Health Services Research², 10 May, 2002

Safety and efficacy of percutaneous vertebroplasty in symptomatic osteoporotic vertebral compression fractures

- Ungenügende Evidenz für den Rückschluss, dass perkutane Vertebroplastie eine sichere und effektive Methode in der Behandlung osteoporotischer Wirbelkompressionsfrakturen ist.

4.5 CCOHTA 2002

The Canadian Coordinating Office for Health Technology Assessment³

Percutaneous Vertebroplasty: A Bone Cement Procedure for Spinal Pain Relief
Issue 31, May 2002

- Perkutane Vertebroplastie wird zur Schmerzlinderung, mechanischen Stabilisierung der Wirbelkörper bei Osteoporose und Tumoren angewandt.
- Die Therapie verspricht schnelle Schmerzlinderung und verbesserte Mobilität (15 Studien mit 882 Personen mit 1500 WK-Einbrüchen). Schwere Komplikationen mit Zementleckagen oder zusätzlichen Wirbelkörperfrakturen waren selten.
- Trotz des steigenden Einsatzes der perkutanen Vertebroplastie gibt es keine prospektiven Studien über Sicherheit und Langzeit-Effektivität.
- Arzt- und Materialkosten belaufen sich auf C\$ 300 - 600 (€190 - 380) pro behandelter Vertebra, exklusive Spitals- und Untersuchungskosten.
- Studien sind limitiert durch: geringe Fallzahlen, heterogene Populationen, lost follow ups, kurze follow ups, Bias der retrospektiven Studien. Keine der Studien hatte Kontrollgruppen zum Vergleich, damit ist Generalisierung nicht möglich. Sicherheit und Langzeiteffekt bleiben ungewiss.

5 Health Technology Assessment

5.1 HTA record 20050007

University of York, Centre for Reviews and Dissemination

Percutaneous kyphoplasty for vertebral fractures caused by osteoporosis and malignancy.

Chicago IL: Blue Cross Blue Shield Association (BCBS), 2004:21⁴.

- Die meisten Studien zur Kyphoplastie sind unkontrollierte, retrospektive Studien mit heterogenem Patientengut. Solche Studien sind nicht geeignet, Placeboeffekte oder durch den natürlichen Krankheitsverlauf hervorgerufene Effekte auszuschließen.
- Die vorhandene Evidenz ist unzureichend und erlaubt keine Schlussfolgerungen über den Langzeitnutzen der Kyphoplastie.
- Die vorhandene Evidenz erlaubt keine Schlussfolgerungen über den Effekt der Kyphoplastie im Vergleich zu alternativen Behandlungen.

5.2 HTA Report of Ballon Kyphoplasty

Balloon Kyphoplasty for the Treatment of Vertebral Fractures

Documentation to the Federal Commission for Services of the Health Insurance Scheme, Ch, Final Version, 29-6-2004

- Die Methode der Kyphoplastie wird unter den Einschränkungen der genauen Indikationsstellung, der Durchführung durch einen geschulten Experten und dem Hinweis auf ungenügende Langzeitevidenz befürwortet.

Allerdings basiert die Empfehlung auf Fallserien, die bekannterweise erhebliche Limitationen hinsichtlich der Aussagekraft aufweisen. Die Kostenvergleichsberechnungen zeigen deutlich reduzierte Kosten für Kyphoplastie bei Osteoporose (durch kürzere Behandlungsdauer und geringeren Medikamentenbedarf). Für die Kosten der Kyphoplastie werden jedoch nur die Krankenhaustage und das Material berechnet (S58)⁵. Die Operationskosten von CHF 3,950, die zuvor angegeben werden (S52), fehlen in der Kostenvergleichsrechnung. Demnach ergibt sich ein Unterschied von etwa CHF 10 Mio bei Behandlung ohne Kyphoplastie und etwa CHF 7,9 Mio mit Kyphoplastie. Rechnet man Folgekosten nach operativen und post-operativen Komplikationen mit ein, ist der Vorsprung der Kyphoplastie beinahe wettgemacht.

Anmerkung: Fallstudien wurden gepoolt und vergleichbare Daten addiert. Daraus wird ein Altersdurchschnitt, sowie die durchschnittliche Schmerzreduktion (hierbei sind nur 9 von 10 Studien inkludiert), die durchschnittlich untersuchte Patientenmenge von n=55 (7 – 155!), die durchschnittlich untersuchte Wirbelkörperfrakturzahl von n=88 (8 – 214!!) und die durchschnittliche follow-up Zeit berechnet.⁶

5.3 Health Technology Literature Review

The Medical Advisory Secretariat, Ministry of Health and Long-Term Care, Canada
Balloon Kyphoplasty⁷

- The expected total direct medical cost per patient is about \$700 for standard vertebroplasty and \$4,300 for balloon kyphoplasty.
- There is level 4 evidence that balloon kyphoplasty to treat pain associated with vertebral compression fractures due to osteoporosis is as effective as vertebroplasty at relieving pain.
- The evidence suggests that it restores the height of the affected vertebra. It also results in lower fracture rates in other vertebrae compared with vertebroplasty, and in fewer neurological complications due to cement leakage compared with vertebroplasty.
- Balloon kyphoplasty is a reasonable alternative to vertebroplasty, although it must be reiterated that this conclusion is based on evidence from level 4 studies.

6 Einzelne Studien

8 Studien wurden der Anfrage beigelegt, im Volltext gelesen und anhand einer Checklist auf Design, Durchführung, statistische Auswertung, Ein- Ausschlusskriterien, Forschungsfrage, Endpunkte und Ergebnisse geprüft.

Die Studien beschreiben die Methode der Kyphoplastie als minimal invasiv und - vor allem bezüglich der raschen Schmerzminderung und Mobilisierung - vorteilhaft.

Komplikationen wie Zementaustritte fanden sich mehrfach, jedoch in geringer Zahl und wurden hauptsächlich als „klinisch nicht relevant“ beschrieben.

Die Fallzahlen waren durchwegs gering, Es gibt keine Langzeitergebnisse.

Der Preis des benötigten Materials wird mit € 3,600 angegeben.

Nur eine der Studien ist ein RCT (Randomised Control Trial) für den Vergleich zwischen Vertebroplastie und Kyphoplastie, alle anderen sind Fallserien mit oder ohne (teilweise retrospektiver) Kontrollgruppe.

Keine der Studien ist geeignet, die existierenden Guidelines aus 2002 und 2003 in Richtung einer klaren Empfehlung zu revidieren.

6.1 Beiliegende Reference List

Der Anfrage liegt eine Reference List mit 25 Literaturangaben bei.

Diese Literatur wurde im PubMed gesucht und auf Abstract Ebene gelesen.

Von sechs Studien war kein Abstract vorhanden⁸.

Vier Studien waren Fallstudien⁹.

Zwei Studien beschreiben Leichenexperimente zur Messung der Krafteinwirkung der Kyphoplastie, eine weitere beschreibt die einwirkenden Kräfte auf die benachbarten Wirbel¹⁰.

Vier Studien haben sehr geringe Fallzahlen (19 - 65)¹¹.

Eine Studie ist bekannt interessensgeleitet¹².

Eine Studie wurde nicht gefunden¹³.

Drei Studien beschreiben ähnliche Ergebnisse bezüglich Schmerzreduktion und empfehlen weitere Studien zur Evaluierung von Langzeitergebnissen¹⁴.

Eine Arbeit beschreibt eine anonyme Internet-Umfrage über Komplikationen bei Vertebro- oder Kyphoplastie¹⁵.

Eine Studie vergleicht die Techniken mit einem oder zwei Ballons¹⁶.

Ein Review (2004) findet mangelnde Evidenz, jedoch eine laufende Studie (Prospektive randomisierte Studie) zum Thema¹⁷.

Keine dieser Studien ist geeignet, die existierenden Guidelines aus 2002 und 2003 in Richtung einer klaren Empfehlung zu revidieren.

7 Suche nach aktueller Literatur

Die erwähnten Guidelines über die Verwendung der Kyphoplastik sind aus den Jahren 2002 und 2003. Ob sich seither Veränderungen in der Evidenz ergeben haben, wurde in einer zusätzlichen Suche ermittelt.

In PubMed wurde mit dem keyword „kyphoplasty“ nach Literatur aus 2004 und 2005 gesucht.

Limits: humans, guidelines – 0 Ergebnisse

Limits: humans, RCT – 0 Ergebnisse

Limits: humans, reviews – 14 Ergebnisse

Die 14 Items wurden auf Abstract Ebene gelesen:

Die Aussagen kurz zusammengefasst:

Patienten bevorzugen minimalinvasive Verfahren, wichtig sind für Patienten in erster Linie Stabilisierung und Schmerzfreiheit.¹⁸

Die Behandlung einer Osteoporose sollte frühzeitig und Fächer übergreifend erfolgen¹⁹. Minimalinvasive Methoden klingen viel versprechend²⁰.

Die Berücksichtigung der anatomischen und physiologischen Gegebenheiten der Vertebralvenen könnte das Risiko der Komplikationen durch Zementaustritt bei Kyphoplastie verringern, z.B. durch Bauchlage, Erhöhung des zentralvenösen Drucks und des thorakalen Drucks während der Zementapplikation.²¹

Bei Osteoporose ist die Behandlung der Deformierung genauso wichtig wie die Schmerzreduktion.²²

Die Zeit bis zum Entstehen neurologischer Ausfallssymptomatik bei metastatisch bedingter epiduraler Rückenmarkseinklemmung ist ein unabhängiger Prognosefaktor des Outcomes.²³

Gute präinterventionelle Diagnostik und intraoperative Bilddarstellung sind notwendig für den Erfolg der Ballonkyphoplastie.²⁴

Die Kyphoplastie erfreut sich zunehmender Beliebtheit, jedoch bei immer noch geringer wissenschaftlicher Evidenz. Es gibt keine kontrollierten Studien. Eine RCT ist laufend.²⁵

Drei der gefundenen 14 Reviews sind ohne Abstract²⁶, eine Arbeit vergleicht die Methode der Kyphoplastie mit der Methode der Lordoplastie²⁷. Letztere ist eine weitere Methode der operativen Wirbelsäulenaufrichtung.

Eine in den Guidelines oder Reviews mehrmals erwähnte laufende Studie findet sich bei den „current controlled trials“²⁸. Erste Ergebnisse werden für 2006 erwartet.

Investigational Vertebroplasty Efficacy and Safety Trial/ A sham-controlled trial of percutaneous vertebroplasty

ISRCTN: ISRCTN81871888²⁹

Sponsor: National Institute of Arthritis and Musculoskeletal and Skin Diseases (NIAMS)

Date assigned: 11 NOVEMBER 2003

8 Zusammenfassung

Die Methode der Kyphoplastie klingt der Beschreibung nach logisch und viel versprechend. Durch die Stabilisierung und Aufrichtung des Wirbelkörpers mittels Zement kann eine deutliche Schmerzminderung und bessere Mobilität für die betroffenen Patienten erreicht werden. Dies bedeutet für die Patienten eine Steigerung der Lebensqualität. Die minimal invasive Technik ermöglicht auch solchen Patienten eine Operation, deren Allgemeinzustand längere Eingriffe nicht oder nur unter großem Risiko zuließe.

Die Kyphoplastie ist die Nachfolgemethode der Vertebroplastie. Die Vertebroplastie wird erstmals 1987 beschrieben, die Kyphoplastie 1998. Verwunderlich ist, dass trotz dieser 18 bzw. 7 Jahre noch keine RCT's mit Langzeitergebnissen publiziert wurden. Unkontrollierte und retrospektive Studien sind nicht geeignet Placeboeffekte oder Effekte, hervorgerufen durch den natürlichen Krankheitsverlauf, auszuschließen.

Selbst interessensgeleitete Studien weisen nur geringe Fallzahlen und kurze follow-up Zeiten auf.

Die Hauptkomplikation bei der Vertebroplastie ist der Zementaustritt in umliegendes Gewebe, sowie dessen Einschwemmung in das Herz-Kreislauf-System und allen damit verbundenen Komplikationen.

Die Komplikationsrate durch Zementaustritt scheint durch die neuere Methode der Kyphoplastie reduzierbar zu sein.

Von großer Wichtigkeit für die Durchführung der Kyphoplastie ist das entsprechende Können und Know-how des Chirurgen, sowie die richtige Verwendung des Zements gemäß den Anweisungen.

Wie bereits erwähnt ist über Langzeitergebnisse nichts bekannt. Eine laufende Studie verspricht dazu Ergebnisse für 2006.

Eine der Hauptindikationen für die Kyphoplastie sind osteoporotisch bedingte Kompressionsfrakturen von Wirbelkörpern. Über die Art der Osteoporosebehandlung vor und nach der Kyphoplastie wird in keiner Studie berichtet.

Kyphoplastie ist nur in ausgewählten Fällen indiziert. Nur solche Patienten, bei denen trotz konservativer Therapie (Osteoporosetherapie, Analgesie) nach Kompressionsfraktur eines Wirbelkörpers keine Besserung der Schmerzen und/ oder des Mobilitätsstatus erzielt werden kann, sowie Patienten mit gewissen malignen Erkrankungen oder seltenen Krankheitsbildern fallen im Einzelfall in diese Indikationsstellung.

Weiters muss zur Durchführung der Operation gewährleistet sein, dass der durchführende Arzt durch entsprechende Schulung und Erfahrung die bekannten

Komplikationen bestmöglich zu vermeiden weiß.

Das Material zur Kyphoplastie liegt preislich zwischen € 3,600 und 4,000.

Das Material zur Vertebroplastie liegt zwischen €190 und 380.

9 Literatur

- ¹ P Galibert, H Deramont, p Rosat, D LeGars, (1987) Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty; *Neurochirurgie* 33/2:166-168
- ² <http://www.med.monash.edu.au/healthservices/cce/>
- ³ www.ccohta.ca
- ⁴ http://www.bcbs.com/tec/Vol19/19_12.pdf
- ⁵ Balloon Kyphoplasty for the Treatment of Vertebral Fractures Documentation to the Federal Commission for Services of the Health Insurance Scheme; 29/06/2004; U. Berlemann, H. Fankhauser, P. Heini, G. Maestretti, P. Moulin, Balloon Kyphoplasty Project Group, IMOR Basel GmbH, R. Bergemann, H. Rosery
- ⁶ HTA Report (29.04.2004) Federal Commission for Services of the Health Insurance Scheme, CH, 2004; S 24/83
- ⁷ http://www.health.gov.on.ca/english/providers/program/mas/reviews/docs/kypho_1204.pdf
- ⁸ D.L.Miller. Patient radiation dose from vertebroplasty and kyphoplasty. *Radiology* 234(3):970-971, 2005
- Anonymous. Percutaneous kyphoplasty for vertebral fractures caused by osteoporosis and malignancy. *Technol. Eval. Cent. Assess. Program. Exec. Summ.* 19 (12): 1-2, 2004
- J.E. Rodriguez and L.E. Rodriguez. Kyphoplasty for the management of osteoporotic and malignant fractures of the spine. *Bol.Asoc.Med.P.R.* 96 (1): 23-28, 2004.
- F. Pellise. Reviewer's comment on: Balloon kyphoplasty for the treatment of pathological vertebral compressive fractures (i.N. Gaitanis et al.). *Eur.Spine J.*, 2004.
- J.A.Seibert. Vertebroplasty and kyphoplasty: do fluoroscopy operators know about radiation dose, and should they want to know? *Radiology* 232 (3): 633-634, 2004
- M.E. Myers. Vertebroplasty and kyphoplasty: is one of these procedures the best choice for all patients? *AJNR am.J.Neuroradiol.* 25 (7): 1297, 2004
- ⁹ S.T.Yoon, A.A. Qureshi, J.G. Heller, and J.C. Nordt, III. Kyphoplasty for Salvage of a failed Vertebroplasty in Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: Case Report and Surgical Technique. *J. Spinal Disord.Tech.* 18:S129-134, 2005
- M.J. Binning, O.N. Gottfried, P. Klimo, Jr., and M.H.Schmidt. Minimally invasive treatments for metastatic tumors of the spine; *Neurosurg.Clin.N.Am.* 15(4):459-465, 2004
- S. Masala, D. Tropepi, R. Fiori, R. Semprini, A. Martorana, F. Massari, G. Bernardi, and G. Simonetti. Kyphoplasty: a new opportunity for rehabilitation of neurologic disabilities. *Am.J.Phys.Med.Rehabil.* 83 (10):810-812, 2004
- K. Gnanalingham, M. Macanovic, S. Joshi, F. Afshar, and J. Yeh. Non-traumatic compression fractures of the thoracic spine following a seizure – treatment by percutaneous kyphoplasty. *Minim.Invasive.Neurosurg.* 47 (4):256-257, 2004
- ¹⁰ J. Steinmann, C.T.Tingey, G.Cruz, and Q.Dai. Biomechanical comparison of unipedicular versus bipedicular kyphoplasty. *Spine*30 (2):201-205, 2005
- D. Ananthakrishnan, S. Berven, V. Deviren, K. Cheng, J.C. Lotz, Z. Xu, and C.M. Pttlitz. The effect on anterior column loading due to diefferent vertebral augmentation techniques. *Clin. Biomech. (Bristol, Avon)* 20 (1):25-31, 2005
- M.L.Villarraga, A.J. Belezza, T.P. Harrigan, P.A. Cipton, S.M. Kurtz, and A.A.Edidin. The Biomechanical Effects of Kyphoplasty on Treated and Adjacent Nontreated Vertebral Bodies. *J. Spinal Disord.Tech.* 18 (1): 84-91, 2005
- ¹¹ S. Masala, P. Lunardi, R. Fiori, G. Liccardo, F. Massari, A. Ursone, and G. Simonetti. Vertebroplasty

- and kyphoplasty in the treatment of malignant vertebral fractures. *J.Chemother.* 16 Suppl 5:30-33,2004
- I.N.Gaitanis, A.G. Hadjipavlou, P.G. Katonis, M.N. Tzermiadianos, D.S. Pasku, and A.G. Patwardhan. Balloon kyphoplasty for the treatment of pathological vertebral compressive fractures. *Eur. Spine J.*,2004
- Du H. Choe, E.M. Marom, K. Ahrar, M.T. Truong, and J.E. Madewell. Pulmonary embolism of polymethyl methacrylate during percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty. *AJR Am.J.Roentgenol.* 183 (4):1097-1102, 2004
- J.M.Lane, R.Hong, J.Koob, T.Kiechle, R.Niesvicky, R.Pearse, D.Siegel, and A.R.Poynton. Kyphoplasty enhances function and structural alignment in multiple myeloma. *Clin. Orthop.* (426):49-53, 2004
- ¹² J.S.Harrop, B.Prpa, M.K. Reinhardt and I. Lieberman. Primary and secondary osteoporosis incidence of subsequent vertebral compression fractures after kyphoplasty. *Spine* 29 (19):2120-2125, 2004
- ¹³ R.J.Halpin, B.R. Bendok, and J.C. Liu. Minimally invasive treatments for spinal metastases: vertebroplasty, kyphoplasty, and radiofrequency ablation. *J. Support. Oncol.* 2 (4): 339-351, 2004
- ¹⁴ J.M.Spivak and M.G.Johnson. Percutaneous treatment of vertebral body pathology. *J.Am.Acad.Orthop.Surg.* 13 (1):6-17, 2005
- D. Fribourg, C. Tang, P.Sra, R. Delamarter and H. Bae. Incidence of subsequent vertebral fracture after kyphoplasty. *Spine* 29 (20):2270-2276, 2004
- P.F.Heini. The current treatment-a survey of osteoporotic fracture treatment. Osteoporotic spine fractures: the spine surgeon's perspective. *Osteoporos. Int.*, 2004
- ¹⁵ D.A.Nussbaum, P. Gailloud, and K. Murphy. A review of complications associated with vertebroplasty and kyphoplasty as reported to the food and drug administration medical device related web site. *J.Vasc.Interv.Radiol.* 15 (11):1185-1192, 2004
- ¹⁶ H.L.Yang, G.Q.Niu, D.C.Liang, G.L. Wang, B.Meng, L.Chen, J.Lu, Y. Zhou, H.Q. Mao, L.J. Zhao, X.Y.Liu, X.H. Gu, C.F.Ni, and T.S.Tang. The contrast study between single and double balloon bilateral dilatation of kyphoplasty. *Zhonghua Wai Ke.Za Zhi.* 42 (21): 1299-1302, 2004
- ¹⁷ A.Ohlin and O.Johnell. Vertebroplasty and kyphoplasty in the fractured osteoporotic spine. *Clin.Calcium* 14 (1): 65-69, 2004
- ¹⁸ Binning MJ, Gottfried ON, Klimo P Jr, Schmidt MH. Minimally invasive treatments for metastatic tumors of the spine. *Neurosurg Clin N Am.* 2004 Oct;15(4):459-65. Review. PMID: 15450881
- ¹⁹ Lin JT, Lane JM. Osteoporosis: a review. *Clin Orthop Relat Res.* 2004 Aug;(425):126-34. Review. PMID: 15292797
- Klimo P Jr, Schmidt MH. Surgical management of spinal metastases. *Oncologist.* 2004;9(2):188-96. Review. PMID: 15047923
- ²⁰ Lin JT, Lane JM. Osteoporosis: a review. *Clin Orthop Relat Res.* 2004 Aug;(425):126-34. Review. PMID: 15292797
- Wilcox RK. The biomechanics of vertebroplasty: a review. *Proc Inst Mech Eng [H].* 2004;218(1):1-10. Review. PMID: 14982341
- Truumees E, Hilibrand A, Vaccaro AR. Percutaneous vertebral augmentation. *Spine J.* 2004 Mar-Apr;4(2):218-29. Review. PMID: 15016401
- ²¹ Groen RJ, du Toit DF, Phillips FM, Hoogland PV, Kuizenga K, Coppes MH, Muller CJ, Grobbelaar M, Mattysen J. Anatomical and pathological considerations in percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty: a reappraisal of the vertebral venous system. *Spine.* 2004 Jul 1;29(13):1465-71. Review.

PMID: 15223940

²² Yuan HA, Brown CW, Phillips FM. Osteoporotic spinal deformity: a biomechanical rationale for the clinical consequences and treatment of vertebral body compression fractures. J Spinal Disord Tech. 2004 Jun;17(3):236-42. Review.

PMID: 15167341

²³ Byrne TN. Metastatic epidural cord compression. Curr Neurol Neurosci Rep. 2004 May;4(3):191-5. Review.

PMID: 15102344

²⁴ Grohs JG, Krepler P. Minimal invasive stabilization of osteoporotic vertebral compression fractures. Methods and preinterventional diagnostics] Radiologe. 2004 Mar;44(3):254-9. Review. German.

PMID: 15287361

²⁵ Ohlin A, Johnell O. Vertebroplasty and kyphoplasty in the fractured osteoporotic spine. Clin Calcium. 2004 Jan;14(1):65-9. Review.

PMID: 15576957

²⁶ Mathis JM, Ortiz AO, Zoarski GH. Vertebroplasty versus kyphoplasty: a comparison and contrast. AJNR Am J Neuroradiol. 2004 May;25(5):840-5. Review. No abstract available.

PMID: 15140732

Rodriguez JE, Rodriguez LE. Kyphoplasty for the management of osteoporotic and malignant fractures of the spine.

Bol Asoc Med P R. 2004 Jan-Feb;96(1):23-8. Review. No abstract available.

PMID: 15575327

Carrino JA, Chan R, Vaccaro AR. Vertebral augmentation: vertebroplasty and kyphoplasty. Semin Roentgenol. 2004 Jan;39(1):68-84. Review. No abstract available.

PMID: 14976838

²⁷ Heini PF, Orlor R. Kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral fractures. Eur Spine J. 2004 May;13(3):184-92. Epub 2004 Feb 25. Review.

PMID: 14986073

²⁸ <http://www.controlled-trials.com/isrctn/search.asp>

²⁹ <http://www.controlled-trials.com/isrctn/trial/%7C/0/81871888.html>