

Indikationen für eine Formkorrektur mittels minimal-invasiver Spondylodese

Die operative Behandlung von Skoliosen mit Instrumentation sollte nur in einem Skoliosezentrum durchgeführt werden, das eine adäquate Behandlung der komplexen Komplikationen gewährleisten kann.

Skoliosenkorrektur – Historischer Überblick

Bereits in den 50er Jahren wurden erstmalig Skoliosen mit dem Harrington-Instrumentarium operativ versorgt. Die Korrektur erfolgte über eine Distraction an der Konkavseite und eine Kompression an der Konvexseite. Der Nachteil war, dass die Patienten mit einem Gipskorsett und in der weiteren Folge mit einem abnehmbaren Korsett für bis zu ein Jahr immobilisiert wurden.

Luque entwickelte in den 60er Jahren ein Implantat, mit dem eine segmentale Korrektur über Laminadrähte mit Stabfixation möglich war. Mit diesem Implantat konnten die Patienten teilweise ohne Korsett mobilisiert werden. Die Korrektur war eine segmentale Translation.

Asher entwickelte ein System in Kombination von Laminadrähten mit Haken und Schrauben. Eine Beckenfixation erfolgte nach der Galveston-Technik. Die Korrektur bestand in einer Translation über die Laminadrähte, einer Distraction an der konkaven und einer Kompression an der konvexen Seite. Postoperativ wurde eine Mobilisation im Korsett für bis zu 6 Monate verordnet [7, 14, 15].

Cotrel u. Dubousset entwickelten das so genannte CD-Instrumentarium mit einem Implantat, das aus monoaxialen Schrauben und Haken besteht. Sie be-

schrieben als erste die Korrektur mittels Derotation. Ebenso führten sie an der konkaven Seite eine Distraction und an der konvexen Seite eine Kompression durch. Die Patienten konnten postoperativ bei entsprechend guter Knochenqualität ohne Korsett mobilisiert werden [15].

Mit dem *USS Low Profile* steht ein Implantat zur Verfügung, mit dem im Segment eine Translation zur Korrektur, aber auch eine Distraction und Kompression an der konkaven bzw. der konvexen Seite vorgenommen werden können. Ein großer Vorteil liegt in dem geringem Auftragen der monoaxialen Schraubenköpfe und der einfachen Handhabung im Vergleich zu anderen Implantaten [4, 6, 9, 11].

Die Entwicklung des *Expedium* schuf ein Implantat, mit dem die Korrektur über polyaxiale Schrauben einfacher als bei monoaxialen Verschraubungen möglich ist. Die Korrektur wird in allen 3 Ebenen erreicht. Mit dem *Dual Inny* ist es möglich, aus einer polyaxialen eine monoaxiale Schraube durch Fixation des Schraubenkopfs vorzunehmen. Die Weiterentwicklung der *Dual-inny*-Schraube stellt

eine polyaxiale Schraube mit Langkopf dar. Mit diesen Schrauben, die von verschiedenen Firmen erhältlich sind, kann ohne Repositor die Stabeinlage in die Tulpenschraube erfolgen.

Für den Erfolg einer operativen Skoliosebehandlung sollte der Blutverlust möglichst gering gehalten werden. Dies ist durch spezielle Präparationstechniken möglich (Spray mit Diathermie oder Ultrainzision). Ebenso wichtig ist ein Mitteldruck von 60 mmHg während der Operation. Die Operationszeit sollte so kurz wie möglich, aber so lange wie notwendig gehalten werden [13, 17].

Fehlende Flexibilität

In diesen Fällen ist eine dorsale oder ventrale Lockerung notwendig. Die Rigidität kann vor der Operation durch Funktionsaufnahmen im Bending bestimmt werden. Die thorakale Lockerung kann endoskopisch assistiert oder minimalinvasiv vorgenommen werden. Lumbale Lockerungen können ebenso über minimalinvasive Zugänge erfolgen.

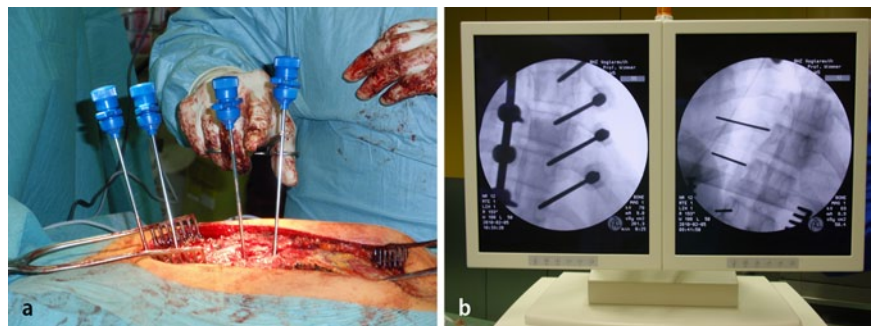


Abb. 1 ▲ **a** Intraoperatives Bild mit gesetzten Jamshdi-Nadeln in der Muskulatur; **b** a.p.-Röntgenkontrolle der Nadellage

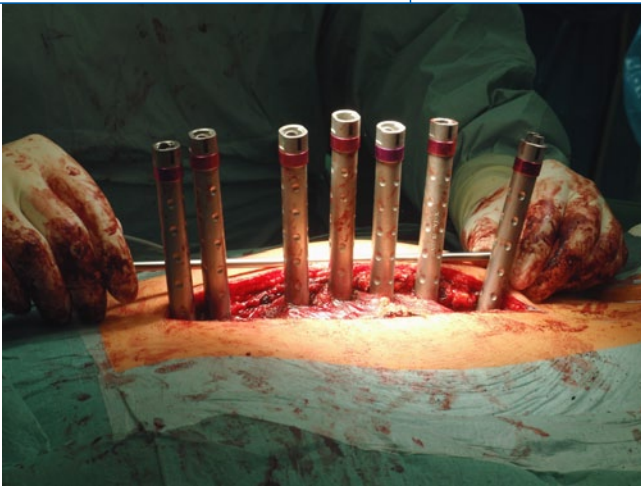


Abb. 2 ▲ X-Tab-Schrauben in situ mit Hülse



Abb. 3 ▲ Der Stab wird über die Muskulatur von proximal nach distal eingebracht

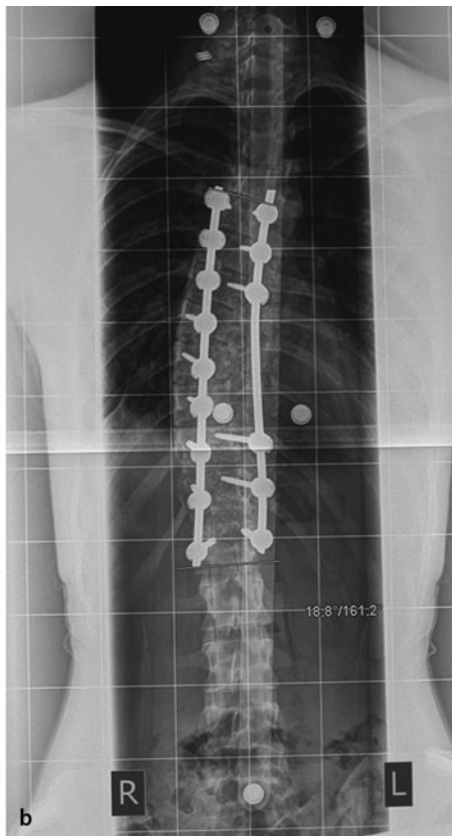


Abb. 4 ▲ a Präoperatives a.p.-Röntgenbild einer thorakolumbalen Skoliose von 54°; b postoperatives a.p.-Röntgenbild mit Korrektur



Abb. 5 ▲ Postoperatives a.p.-Röntgenbild einer kombinierten Skoliose, präoperativ thorakal 61°, lumbal 58°, jetzt 17° thorakal und 15° lumbal

Operationsprinzip und -ziel

Mit der minimalinvasiven Spondylodese- (MIS-)Technik wird die operative Behandlung thorakaler, lumbaler, kombinierter und thorakolumbalen Skoliosen ermöglicht. Es wird bei der operativen Behandlung der Skoliose mindestens eine

Korrektur von 50% in der frontalen Ebene angestrebt. Bei flexiblen Primärkrümmungen können bis zu 90% korrigiert werden. Mit der minimalinvasiven Operationstechnik wird die Muskulatur an der konvexen Seite zur Gänze geschont, an der konkaven Seite ist dies nur teilweise möglich [13, 17].

Indikationen:

- thorakale, lumbale, thorakolumbale Skoliosen,
- Hyperkyphose,
- Skoliosen idiopathische Genese,
- Skoliosen neuropathischer Genese.

Kontraindikationen:

- rigide Skoliosen (Bending kleiner als 20%, Korrektur der primären Krümmung),
- Osteoporose (T-Score kleiner als -2,3).

Operationstechnik MIS Hybrid

Bei üblicher Intubationstechnik erfolgt die Allgemeinnarkose des Patienten in Bauchlage auf einem Lagerungskissen. Die Halswirbelsäule muss leicht kyphosierend gelagert werden, um bei der Einbringung des Stabs von proximal keine Probleme mit dem Hinterhaupt zu bekommen.

Es kann ein durchgehender medianer Hautschnitt geführt werden. Alternativ ist ein zweigeteilter (bei thorakalen Skoliosen) bzw. dreigeteilter (bei thorakolumbalen Skoliosen) medianer Hautschnitt möglich. Die Präparation der paravertebralen Muskulatur an der konkaven Seite erfolgt mit der Elektrokoagulation in Spraytechnik. Die Wirbelgelenke werden eröffnet. Der Eintrittspunkt in den Pedikel wird zunächst an der Konkavenseite dargestellt. Nach Eröffnen des Gelenks wird ein K-Draht lateral an der Pedikelfwand rechts auf 3 Uhr, links auf 9 Uhr dargestellt. Sind alle K-Drähte gesetzt, kann die Lage unter a.p.-Durchleuchtung kontrolliert werden.

Mit der Pedikeleröffnungsahle wird die Kortikalis des Pedikels bis zu einer Tiefe von knapp 10 mm eröffnet. Mit den Markierungen bei 30, 40 und 50 mm wird der Pedikel weiter eröffnet, die Länge der Pedikelschrauben kann mit einem Tiefenmessgerät bestimmt werden, kann aber auch durch die Skalierung der Ahle abgelesen werden.

- **Ein Austasten des Pedikelkanals ist immer empfehlenswert, um mögliche Perforationen ausschließen zu können.**

Die Pedikelschraube wird mit dem Aufnahmeinstrument aufgenommen und in den vorbereiteten Pedikel eingebracht, sodass der Schraubenkopf gut verankert ist. Es können hierfür eine VIPER™-x-Tab-Schraube oder eine polyaxiale Schraube VIPER™-2 verwendet werden. Um Kosten zu sparen, sind auch Expe-

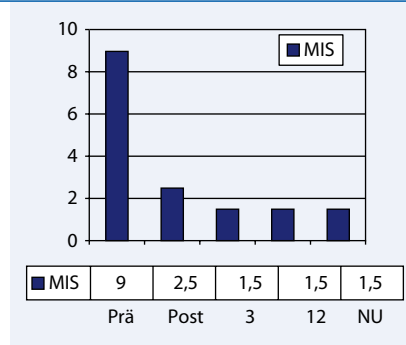


Abb. 6 ▲ Klinisches Ergebnis im Verlauf: 0 sehr zufrieden, 10 maximal unzufrieden, präoperativ und Nachuntersuchung (NU) 3 sowie 12 Monate postoperativ. MIS minimalinvasive Spondylodese

dium-Dual- oder Single-Inny-Schrauben verwendbar. Sind alle Schrauben an der konkaven Seite eingebracht und ausgerichtet, wird die Länge des Stabs bestimmt; dies kann mit einem Haltefaden vorgenommen werden. Für das Anbiegen des Stabs wird die Biegezange mit Rolle verwendet. Der Kobalt-Chrom-Stab wird nun zurechtgebogen. Die Biegung sollte dem zu erreichenden sagittalen Profil entsprechen.

Der Stab wird von proximal nach distal eingeführt. Bei der Verwendung von Single-Inny-Schrauben wird ein Repositor am Schraubenkopf befestigt. Bei der Verwendung von Langkopfschrauben ist das nicht notwendig. Hier wird der Stab direkt in die Tulpenschraube eingelegt. Die Korrektur erfolgt über eine Derotation und Translation. Erst dann wird der Stab mit der Inny-Schraube fixiert. Bei Verwendung einer Dual-Inny-Schraube wird aus der polyaxialen Schraube durch Fixation des äußeren Rings eine monoaxiale. Im Anschluss wird eine Korrektur im Sinne einer Translation vorgenommen. Erst dann wird die Innenschraube fixiert.

Erfolgte die Teilkorrektur an der konkaven Seite, wird die Jamshidi-Nadel unter BV-Kontrolle im a.p.-Strahlengang an der konvexen Seite transmural eingebracht und an den Pedikel angedockt. Man kann eine Markierung 2 cm oberhalb der Hautoberfläche setzen, um zu sehen, ob die Gefahr einer medialen Perforation der Pedikelfwand besteht. Es ist bekannt, dass die durchschnittliche Länge des Pedikels 2 cm in der BWS und LWS beträgt. Bei Erreichen der Markierung und fehlerhafter Lage der Nadelspitze kann schon bei der reinen a.p.-Durch-

Orthopäde 2011 · 40:135–140
DOI 10.1007/s00132-010-1712-3
© Springer-Verlag 2011

C. Wimmer · T. Pfandlsteiner
Indikationen für eine Formkorrektur mittels minimalinvasiver Spondylodese

Zusammenfassung

Die Indikation zur operativen Behandlung thorakaler, lumbaler, kombinierter und thorakolumbalen Skoliosen besteht bei einer Krümmung in der Brustwirbelsäule von mehr als 50° nach Cobb und in der Lendenwirbelsäule von mehr als 45° nach Cobb. Die Ursache kann eine idiopathische oder neuropathische Skoliose sein. Die obere Grenze der operativen Behandlung liegt derzeit bei 90°-Skoliosen. Es wird eine Korrektur der Skoliose von mindestens 50% in der frontalen Ebene angestrebt. Bei flexiblen primären Krümmungen können bis zu 90% korrigiert werden. Mit der minimalinvasiven Operationstechnik wird die Muskulatur an der konvexen Seite komplett geschont, an der konkaven Seite ist dies nur teilweise möglich.

Schlüsselwörter

Lendenwirbelsäule · Brustwirbelsäule · Skoliose · Fusion · VIPER 2

Indications for deformity correction with minimally invasive spondylodesis

Abstract

The indications for surgical treatment of thoracic, lumbar, combined and thoracolumbar scoliosis are given for a curvature of the thoracic spine with a Cobb angle more than 50° and more than 45° in the lumbar spine. The maximum Cobb angle is 90°. The aim is the correction of more than 50% in the frontal plane and correction of scoliosis is possible in flexible curvatures up to 90%. By the minimally invasive surgical technique the muscular damage is completely avoided on the convex side but on the concave side this is only partly possible. This is the first report of a muscle preserving minimally invasive surgical technique for the convex side of scoliosis.

Keywords

Lumbar spine · Thoracic spine · Scoliosis · Fusion · VIPER 2

Tab. 1 Operationszeit (min)	
Thorakale Skoliosen	165 (145–185)
Thorakolumbale Skoliosen	175 (155–195)
Lumbale Skoliosen	145 (125–190)
Kombinierte Skoliosen	185 (170–210)

Tab. 2 Blutverlust (ml)	
Thorakale Skoliosen	170 (100–230)
Thorakolumbale Skoliosen	155 (130–195)
Lumbale Skoliosen	140 (120–250)
Kombinierte Skoliosen	185 (170–300)

Tab. 3 Korrektur der Skoliose gemessen nach Cobb		
Thorakale Skoliosen	18° (15–28°)	70%
Thorakolumbale Skoliosen	16° (14–25°)	75%
Lumbale Skoliosen	11° (9–18°)	85%
Kombinierte Skoliosen	19° (18–31°)	71%

Tab. 4 Durchleuchtungsstrahlenbelastung des Patienten bei Schraubensetzung	
	Bestrahlungszeit in Sekunden
Thorakale Skoliosen	75 (65–100)
Thorakolumbale Skoliosen	89 (79–115)
Lumbale Skoliosen	86 (75–105)
Kombinierte Skoliosen	101 (89–139)

leuchtung eine Fehllage erkannt werden (▣ Abb. 1a,b).

Sind alle Jamshidi-Nadeln an der konvexen Seite gesetzt, wird der Mandrin entfernt und durch einen K-Draht ersetzt.

— **Bereits beim Einbringen des K-Drahts kann eine Fehllage getastet werden.**

Die Muskulatur wird mit dem kleinen und großen Dilatator präpariert. Der Pedikel wird mit dem Gewindeschneider unterschritten (1 mm). Je nach Größe des Pedikels steht eine 5-, 6- oder 7-mm-x-Tab-Schraube zur Verfügung. Die Schraube wird mit einer äußeren Hülse und dem Schraubendreher über den K-Draht eingebracht. Unter BV-Kontrolle wird die Lage kontrolliert (▣ Abb. 2).

Sind alle x-Tab-Schrauben eingebracht, werden sie ausgerichtet. Der Stab wird dem zu erreichenden sagittalen Profil angepasst und dementsprechend angebogen.

Bei Verwendung des Kobalt-Chrom-Stabs wird eine Stabfasszange verwendet. Der Stab wird von kranial nach kaudal eingebracht, und nach Abschluss der Instrumentation und dem Festdrehen der Innies mit dem Drehmomentschlüssel werden die „extension sleeves“ der x-Tab-Schrauben entfernt (▣ Abb. 3).

An der Konkavseite wird die Spondyloidesestrecke mit autologem und homologem Knochen bzw. mit einem Knochersatzmaterial (osteokonduktiv) angelegt.

Postoperative Behandlung

Die Mobilisation erfolgt ab dem 1. bzw. 2. postoperativem Tag. Bei Notwendigkeit Anpassen eines Korsetts. Die Nahtentfernung wird ab dem 13. postoperativen Tag vorgenommen, für 3 Monate postoperativ wird Schonung verordnet.

Ergebnisse

Zwischen Juli 2007 bis April 2010 wurden 49 Patienten (31 Frauen, 18 Männer) mit einem Altersdurchschnitt von 18,6 (16–29 Jahren) aufgrund einer idiopathischen oder neurogenen Skoliose operiert. Alle Operationen wurden von dorsal mit dem VIPER-II-Expedium-System vom Autor vorgenommen. Die Patienten wurden 3, 6, 12 und 24 Monate postoperativ nachuntersucht. Die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit betrug 27 (6–33 Monate).

Der Cobb-Winkel betrug vor der Operation im Durchschnitt 67,5° (45–85°). Insgesamt wurden 20 thorakale, 21 thorakolumbale, 10 lumbale und 7 kombinierte Skoliosen operiert (▣ Abb. 4a,b und 5).

Die Operationszeit betrug im Durchschnitt 175 min (▣ Tab. 1), der Blutverlust im Durchschnitt 165 ml (▣ Tab. 2). Die Korrekturen verteilten sich zu 70% auf thorakale, 75% thorakolumbale, 71% kombinierte und 85% lumbale Skoliosen. Die durchschnittliche Korrektur betrug 75 (50–85%; ▣ Tab. 3).

Der Korrekturverlust betrug 2° bei den thorakalen, 2° bei den thorakolumbalen, 2° bei den kombinierten und 3° bei den lumbalen Krümmungen. Der Korrekturverlust lag bei durchschnittlich 1,5° Grad (0–3°). Der Patienten-Disability-Score ergab,

dass 81% mit der Operation sehr zufrieden waren und bei 19% eine Verbesserung feststellbar war.

Der knöchernen Durchbau wurde mit Hilfe eines Computertomogramms oder einer Röntgenaufnahme festgestellt, die Fusionsrate betrug 95%.

Implantatbedingte Komplikationen konnten nicht festgestellt werden. Es fand sich insgesamt eine Komplikationsrate von 5%. Dies waren Saumbildungen im Bereich der Pedikelschrauben (3/273, 0,9%), laterale Fehlposition der Pedikelschraube 1%, keine vollständige Fusion nach 9 Monaten postoperativ 2%, oberflächliche Wundheilungsstörung 1%, jedoch kein Infekt.

Die Werte für die kosmetische Zufriedenheit betrugen präoperativ 9, postoperativ und im Follow-up 3, 6, 12 und 24 Monate 1,5, wobei 10 maximale Unzufriedenheit und 0 maximale Zufriedenheit bedeutet (▣ Abb. 6, 7a,b).

Die Ergebnisse in Bezug auf Korrektur und Korrekturverlust liegen im Bereich anderer Instrumentationen [2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 17]. Die Komplikationsrate liegt deutlich unter der in der Literatur beschriebenen [1, 3, 14, 16, 17], speziell die Infektionsrate konnte stark gesenkt werden (4,35 vs. bis 21% [9, 14]). Die Handhabung des Instrumentariums ist einfach mit klassischer Derotation und segmentaler Translation über den Repositor oder die Hülse über die Schraubenverlängerung der x-Tab-Schraube. Ein großer Vorteil ist die Stabilität des extra harten Kobalt-Chrom-Stabs mit 5,5 mm. Mit diesem Stab kann die Korrektur sicher erreicht und v. a. auch gehalten werden. Ein signifikanter Korrekturverlust war bisher nicht feststellbar. Die ausschließliche Verwendung von Pedikelschrauben führt zu einer deutlich besseren Korrektur der Skoliose [1, 5, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 17] und zu einem deutlich geringeren Korrekturverlust. Vergleicht man die Korrektur des sagittalen Profils, ergeben sich keine Unterschiede zu den offenen dorsalen Operationsverfahren [1, 5, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 17].

Ein Nachteil besteht in der intraoperativen Strahlenbelastung beim Einbringen der x-Tab-Schrauben durch die Durchleuchtung (▣ Tab. 4).

Die Behandlung von Deformitäten durch die minimalinvasive Operations-

Hier steht eine Anzeige.



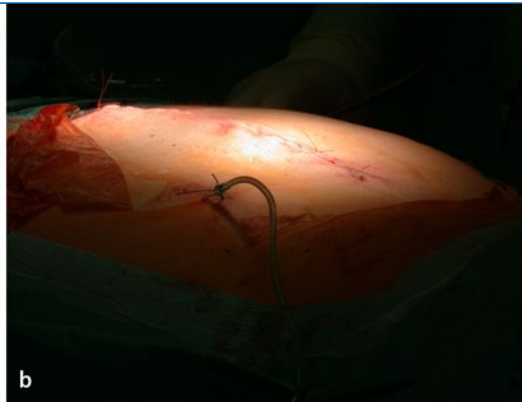


Abb. 7 **a** Klinisches präoperatives Bild in Bauchlage mit Darstellung des Rippenbuckels nach Lagerung. **b** Klinisches postoperatives Bild mit vollständiger Korrektur des Rippenbuckels

technik ist in Kombination mit der Miniopenteknik möglich. Das Problem der posterioren Spondylodese und Fusion ist gelöst [1, 3, 13].

- Die Operation sollte jedoch nur von sehr erfahrenen Anwendern durchgeführt werden.

Die Vorteile dieser Operationstechnik sind der signifikant geringere Blutverlust als bei den offen durchgeführten Operationen, das signifikant geringere Muskeltrauma mit Erhaltung der Muskulatur, der geringere Schmerz postoperativ und die deutlich raschere Mobilisierung postoperativ sowie die deutlich geringere muskuläre Insuffizienz postoperativ als auch im Follow-up [1, 3, 4, 8, 12, 13, 17, 18, 19, 20, 21]. Bezüglich der Operationszeit besteht kein Unterschied.

Fazit für die Praxis

- Die operative Behandlung mit der Hybridtechnik zeigt gleich gute Korrekturergebnisse wie die traditionellen offenen dorsalen Verfahren.
- Das sagittale Profil wird in gleicher Weise korrigiert wie bei den offenen Verfahren.
- Der Vorteil dieses Verfahrens besteht in den signifikant geringeren Blutverlusten, der geringeren Operationszeit und früheren Mobilisation.
- Bezüglich der Korrektur des frontalen und sagittalen Profils besteht kein Unterschied.
- Hinsichtlich der knöchernen Durchbauung der Spondylodese konnte kein Unterschied gesehen werden, ebenso wenig beim Korrekturverlust.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. C. Wimmer



Klinik für Wirbelsäulenchirurgie mit Skoliosezentrum, Behandlungszentrum Vogtareuth
Krankenhausstraße 20,
83569 Vogtareuth
ProfWimmer@t-online.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor weist auf folgende Beziehung hin: Beratervertrag mit DePuy Spine International. Der Beitrag ist unabhängig und produktneutral.

Literatur

1. Anand N, Baron EM, Thaiyanathan G (2008) Minimally invasive multilevel percutaneous correction and fusion for adult lumbar degenerative scoliosis: a technique and feasibility study. *J Spinal Disord Tech* 21:459–467
2. Bullmann V, Lilienqvist UR, Schmidt C, Schulte TL (2009) Dorsale operative Korrektur der idiopathischen Skoliose. Stellenwert von Pedikelschrauben vs. Haken. *Orthopade* 2:198–204
3. Fessler RG, O'Toole JE, Eichholz KM (2006) The development of minimally invasive spine surgery. *Neurosurg Clin North Am* 17:401–409
4. Kim DY, Lee SH, Chung SK (2005) Comparison of multifidus muscle atrophy and trunk extension muscle strength: percutaneous versus open pedicle screw fixation. *Spine* 30:123–129
5. Eakly E, Schlenska F, Angst M et al (1992) Biomechanical testing of three newly developed transpedicle and multiple segmental fixation systems. *Eur Spine J* 1:109–116
6. Hefti F (1989) Vertebral rotation in different types of scoliosis and the influence of some operative methods of rotation. Proceedings of the Combined Meeting of the Scoliosis Research Society and the European Spinal Deformity Society, Amsterdam, book of abstract, p 26
7. Jaza T, Gurkan IC, Jilmaz I (1999) A new approach to scoliosis. *Eur Spine J* 8:86–92
8. Lonstein J (1994) The Galveston technique using Luque or Cotrel – Duboussset rods. *Orthop Clin North Am* 25:311–320
9. Muschnik M, Schlenska F, Robinson PN, Kupferschmid C (1999) Dorsale Instrumentation for idiopathic adolescent scoliosis. Rod utention versus translation. *Eur Spine J* 8:93–99
10. Oppenheimer JH, DeCastro I, McDonnell DE (2009) Minimally invasive spine technology and minimally invasive spine surgery: a historical review. *Neurosurg Focus* 27:E9
11. Pfandlsteiner T, Wallnöfer P, Wimmer C (2008) Complication rate after correction of neurogenic scoliosis with USS low profile-Instrumentation. *Eur Spine J* 17:1540
12. Suk SL, Lee CK, Kim WU (2001) Thoracic pedicle screw fixation in spinal deformities: are they really safe? *Spine* 26:2049–2057
13. Talgott S, Aebi M, Webb J (1996) Manual of internal fixation of the spine. Lippincott Raven, Philadelphia, vol 1:171–192
14. Weber BR, Grob D, Dvorak J (1997) Posterior surgical approach to the lumbar spine and its effects on the multifidus muscle. *Spine* 22:1765–1772
15. Wimmer C (2008) Perkutane dorsale Stabilisierung an der Brust- und Lendenwirbelsäule mit dem Expedium LIS. *Oper Orthop Traumatol* 6:511–524
16. Wimmer C, Wallnoefer P, Walochnik N, Krismer M (2005) Die operative Behandlung der neuropathischen Skoliose. Eine Vergleichsstudie Luque versus Asher. ÖGO 2005, book of abstract. 178. Jahrestagung der ÖGO, 11.12.–13.12.2005, Innsbruck
17. Wimmer C, Gluch H, Nogler M, Walochnik N (2001) Treatment of idiopathic scoliosis with CD instrumentation: lumbar pedicle screw versus laminar hooks in 66 patients. *Acta Orthop Scand* 72:615–620
18. Wimmer C, Wallnöfer P, Walochnik N et al (2005) Comparative evaluation of luque and isola instrumentation for treatment of neuromuscular scoliosis. *Clin Orthop Relat Res* 439:181–192
19. Wimmer C, Pfandlsteiner T (2009) MIS in the treatment of scoliosis. A new concept. *Eur Spine J*, suppl 65
20. Wimmer C (2010) MIS in the treatment of idiopathic and neurogenic scoliosis. Instructional course of MIS advanced users. Miami University, 21.01.–22.01.2010
21. Wimmer C, Pfandlsteiner TH (2010) Application of MIS in complex pathology. Lunch Symposium Eurospine, 17.09.2010