

Erweiterte Repositionsmöglichkeiten bei Skoliosen durch Dual Innie-Langkopfschrauben (FaDi)

Problem

Eine Skoliose ist eine komplexe dreidimensionale Fehlstellung der Wirbelsäule. Dem muss bei der Korrektur Rechnung getragen werden, wobei sich die Korrektur entsprechend der Fehlbildung aus mehreren Einzelschritten zusammensetzt.

Anfänglich wurde nur über Distraction der Konkavität und Kompression der Konvexität in einer Ebene korrigiert (Harrington System), später kamen die Translation des Apex hinzu (z. B. Luque-Cerclagen). Nachdem entdeckt wurde, dass eine wesentliche Fehlstellung in der Rotation der Wirbelsäule besteht, wurde versucht, über eine Derotation des Stabes auch das sagittale Profil wiederherzustellen. Hierzu sollte die Krümmung des Stabes dem gewünschten postoperativen sagittalen Profil folgen, was gut funktioniert, wenn man harmonische thorakale und lumbale Krümmungen hat, aber Probleme aufwirft, wenn die Fehlstellung in der coronaren Ebene nicht das gewünschte sagittale Profil widerspiegelt, also insbesondere bei doppelbogig-thorakalen oder thorakolumbalen Skoliosen.

Zudem stellte sich heraus, dass sich durch die Stabderotation nicht wie erhofft auch die Rotation der einzelnen Wirbelkörper beseitigen lässt. Aus diesem Grund wurde die direkte Wirbelkörperderotation (DVR) etabliert, für die jedoch eine monoaxiale Verbindung zwischen Schraubenkopf und Wirbelkörper notwendig ist. Die Verwendung von Monoaxialschrauben macht bei Krümmungsverläufen wie oben beschrieben aber das Einbringen des an das sagittale Profil angepassten Stabes sehr anspruchsvoll. Hierbei können beträchtliche Kräfte auf einzelne Schrauben einwirken.

Durch die Verwendung der Dual-Innie-Langkopfschrauben lassen sich die oben genannten Operationsprinzipien auf einfache Weise kombinieren, wobei man in der Biegung des Stabes höhere Freiheiten hat und sich bei der Annäherung der Schrauben an den Stab die einwirkende Kraft auf mehrere Schrauben verteilt. Auch lässt sich die Polyaxialität nach Einbringen des Stabes wieder aufheben, so dass anschließend eine segmentale Derotation möglich ist.



Abbildung 1: Im Gegensatz zu den bisher bekannten Dual-Innie-Schrauben hat die FaDi-Schraube eine asymmetrische Polyaxialität (favoured angle), die ihr in einer Richtung eine größere Angulation erlaubt. Diese vereinfacht auch bei großen Rotationsfehlstellungen das Einführen des Stabes und vermeidet bei engen Verhältnissen eine Behinderung durch den Rippenbuckel.

Operationsprinzipien

1. Korrektur von der konkaven Seite ausgehend

Der Stab wird entsprechend dem gewünschten sagittalem Profil eingelegt, die Madenschrauben jedoch noch nicht angezogen. Dadurch, dass die Polyaxialschrauben mit den langen Köpfen noch sehr viel Spielraum haben, gelingt dies sehr schnell und einfach. Eine genaue Anpassung an die bestehende Krümmung ist nicht notwendig. Anschließend wird der Stab in die gewünschte

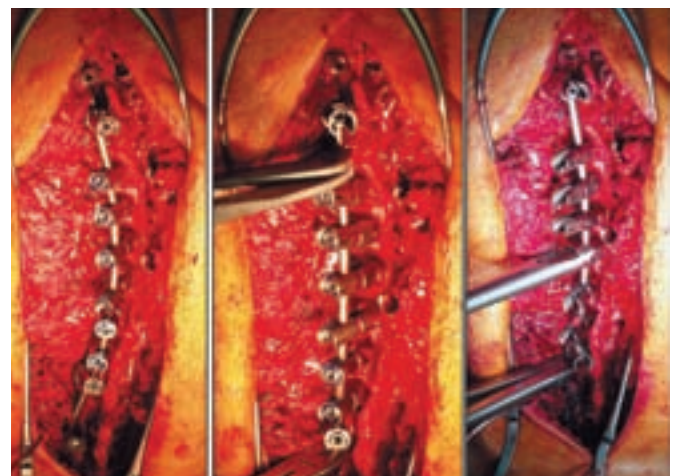


Abbildung 2: Einbringen und Reposition des Stabes von der konkaven Seite aus.

Position derotiert, was nur mit sehr geringem Kraftaufwand geschieht, da die Madenschrauben am Apex noch nicht heruntergedreht wurden und somit auch noch keine endgültige Korrektur geschieht. Um die Stellung zu halten, werden die Madenschrauben nun auf einer Seite, also entweder proximal oder distal, festgezogen. Die Korrektur erfolgt anschließend über schrittweises und langsames Herunterdrehen der Schrauben am Apex (Abb. 2B). Es ist wichtig, dass der Stab dabei nicht auf beiden Seiten fixiert ist, denn durch die Korrektur der Krümmung wird es auch zu einer Längenausdehnung kommen, die nicht behindert werden darf.

Die Korrektur erfolgt über eine Translation des Apex, ähnlich wie beim Anziehen von sublaminären Cerclagen. Die Bewegung des Apex in Relation zu den Neutralwirbeln wird in der Aufsicht (Abbildung 4) noch deutlicher.

Nachdem die Korrektur erfolgt ist, können die Köpfe der Langkopfschrauben nochmals ausgerichtet werden, um dann die Polyaxialität durch Anziehen der äußeren Innies aufzuheben. Jetzt kann, wenn nötig, eine vorsichtige Distraction zwischen den Schraubenköpfen und die schrittweise Derotation der einzelnen Wirbel erfolgen. Man muss berücksichtigen, dass zur Distraction die innere Innies gelöst werden muss und dabei die Derotation wieder verloren gehen kann, weshalb sie entweder vor der Derotation oder nach Einbringen des zweiten Stabes geschehen sollte.



Abbildung 3 zeigt die Korrektur nochmals in der Seitansicht. Der Stab ist an die gewünschte Kyphose angepasst und die Wirbelkörper werden langsam an ihn herangeführt. Durch die Überkonturierung des konkaven Stabes kann die Derotation noch unterstützt werden. Bei der Wiederherstellung der Kyphose sollte auch die Flexibilität und Plastizität des Titanstabes berücksichtigt werden.

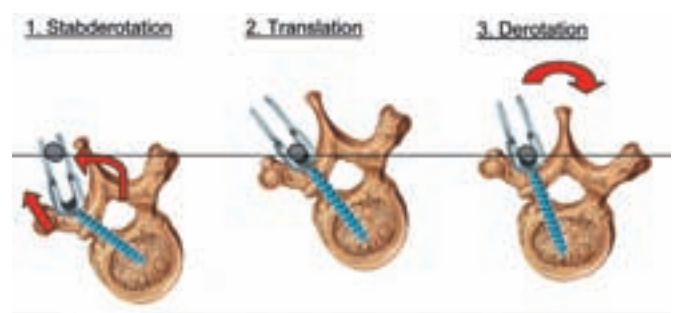


Abbildung 4: Korrektur von der Konkavseite aus in der Aufsicht. Die Linie stellt jeweils die Ebene des Stabes dar, um zu zeigen, dass der Wirbelkörper im Apex an den Stab herangeführt und dann um diesen derotiert wird. Ein Teil der Derotation erfolgt bereits durch die Translation an den überkonturierten Stab.

2. Korrektur von der Konvexseite ausgehend

Manche Operateure bevorzugen die Korrektur von der Konvexseite ausgehend, da sie das Setzen der Schrauben auf dieser Seite als einfacher empfinden. Weil die mediale Pedikelwand dicker ist als die laterale, ist ein Ausreißen der Schraube bei der segmentalen Derotation weniger wahrscheinlich, dafür ist es anderen Operateuren unangenehm, die Schraube Richtung Spinalkanal zu rotieren.

Bei der Korrektur von der Konkavseite ist eine Approximation des Apex an den Stab nicht möglich, weshalb hier nicht unbedingt Langkopfschrauben notwendig sind. Aufgrund der größeren Angulation (favoured angle) haben sie sich aber vor allem bei prominentem Rippenbuckel bewährt.

Um mittels eines Cantilever-Manövers zu korrigieren, sollten aber an einem Ende, meist distal, Langkopfschrauben eingesetzt werden. Die Korrektur ist nur möglich, wenn gleichzeitig auch eine Kyphose dieser Seite vorliegt. Der etwas unterkonturiertere (flachere) Stab wird proximal eingefädelt und dann die Maden distal nur soweit heruntergedreht, bis sie Kontakt mit dem Stab haben. Anschließend werden sie von proximal nach distal langsam festgezogen, wobei Druck auf den Apex ausgeübt wird (siehe Abb. 5-B). Nun wird die Polyaxialität aufgehoben, und bei Bedarf kann noch eine Kompression erfolgen, was insbesondere bei thorakalen Hyperkyphosen effektiv ist. Anschließend erfolgt die segmentale Derotation der einzelnen Wirbelkörper. Falls die Korrektur der Skoliose noch nicht ausreichend ist, kann sie über In-Situ Bender noch verbessert werden, was jedoch bei Verwendung von Titanstäben nur eingeschränkt möglich ist. Zudem kann nach Einbringen des zweiten Stabes noch eine Distraction der Konkavität erfolgen. Wir benutzen die Korrektur über die Konkavseite meist nicht als alleinige Maßnahme, sondern als Unterstützung der Korrektur von der Gegenseite bei ausgeprägten und rigiden Krümmun-



Abbildung 5: Korrektur von der Konvexseite ausgehend. Langkopfschrauben sollten vor allem am distalen Ende verwendet werden, um langsam Druck auf den Apex auszuüben (Cantilever-Manöver). Vom Apex ausgehend werden die Madenschrauben nach und nach heruntergedreht.

gen. Die hauptsächliche Korrektur erfolgt also durch die verschiedenartige Konturierung des konvexen und konkaven Stabes, wodurch auch eine Rotationskomponente auf den Wirbelkörper einwirkt (Abb 4 B und 5 B).

3. Segmentale Derotation

Nachdem der Stab seine endgültige Position erreicht hat, wird die Polyaxialität durch Festziehen der äußeren Innies aufgehoben. Man kann nun entweder nur ein Ende verriegeln und sich Segment für Segment hocharbeiten oder sowohl die proximalen und distalen Schrauben festdrehen und den Apex als Block derotieren („regional derotation“). Das hängt auch davon ab, wie viele Derotationshülsen zur Verfügung stehen. Wir wiederholen diesen Vorgang in der Regel mehrmals, wobei wir mit einer En-Bloc-Derotation beginnen und anschließend Segment für Segment nochmals lösen und schrittweise nachrotieren („direct vertebral body derotation“).



Abbildung 6 A: Die segmentale Derotation erfolgt nur mit einem einliegenden Stab, wobei, um die Last zu verteilen, jeweils mehrere Hülsen verwendet werden. Man fixiert die proximalen und distalen Hülsen und rotiert mehrere Apexwirbel en-bloc. Es wird aber immer nur ein Wirbel fixiert und dann die Hülsen nach proximal versetzt. Am Ende der Krümmung (Neutralwirbel) muss natürlich zur Gegenseite rotiert werden. Man beachte den Verlauf der Dornfortsätze nach der Derotation.



Abbildung 5 B: Die rotierende Wirkung des Druckes auf die Apexwirbel ist nochmals schematisch in der Aufsicht dargestellt.

Auch die Rotation über beide Pedikelschrauben nach Einbringen des zweiten Stabes ist beschrieben, jedoch muss man davon ausgehen, dass der zweite Stab eine effektive Rotation verhindert, weil er sperrt und sich das Rotationszentrum verändert. Will man dennoch, z. B. wegen unzureichender Knochenqualität oder Pedikelgröße, über beide Seiten derotieren, empfehlen wir, nur auf der konkaven Seite den Stab einzulegen und auf der Gegenseite entweder Monoaxialschrauben zu verwenden oder den Schraubenzieher, der ja ebenfalls die Polyaxialität aufhebt, zu benutzen und so die Rotation um den konkaven Stab zu unterstützen.

4. Doppelbogige Skoliosen:

Da Skoliosen mit nur einer strukturellen Krümmung im Wesentlichen eine Domäne der ventralen Korrektur sind, bilden doppelbogige Krümmungen die häufigste Indikation. Normale thorakale und lumbale Krümmungen (Lenke 3 oder 6) stellen kein wesentliches Problem dar. Man muss sich überlegen, mit welcher Krümmung man beginnen möchte. Wir beginnen meist mit der rigideren Krümmung und mit der größeren Rotationskomponente. Auch muss das sagittale Profil beachtet werden, da ein Cantilever-Manöver nur bei Hyperkyphosen sinnvoll ist, wohingegen sich ausgeprägte lumbale Hyperlordosen sehr gut mittels

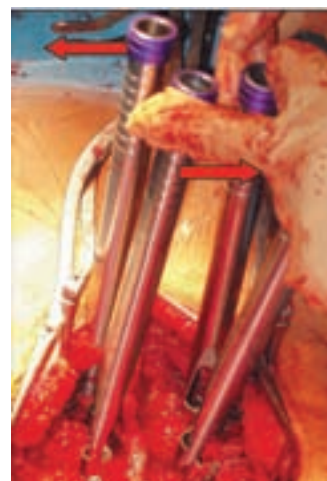


Abbildung 6 B: Bei zwei einliegenden Stäben kann man jeweils zwei Wirbelkörper gegeneinander derotieren und hat über die Einleitung der Kraft über beide Pedikel stabilere Verhältnisse, jedoch muß man davon ausgehen, dass der zweite Stab eine effektive Rotation verhindert.

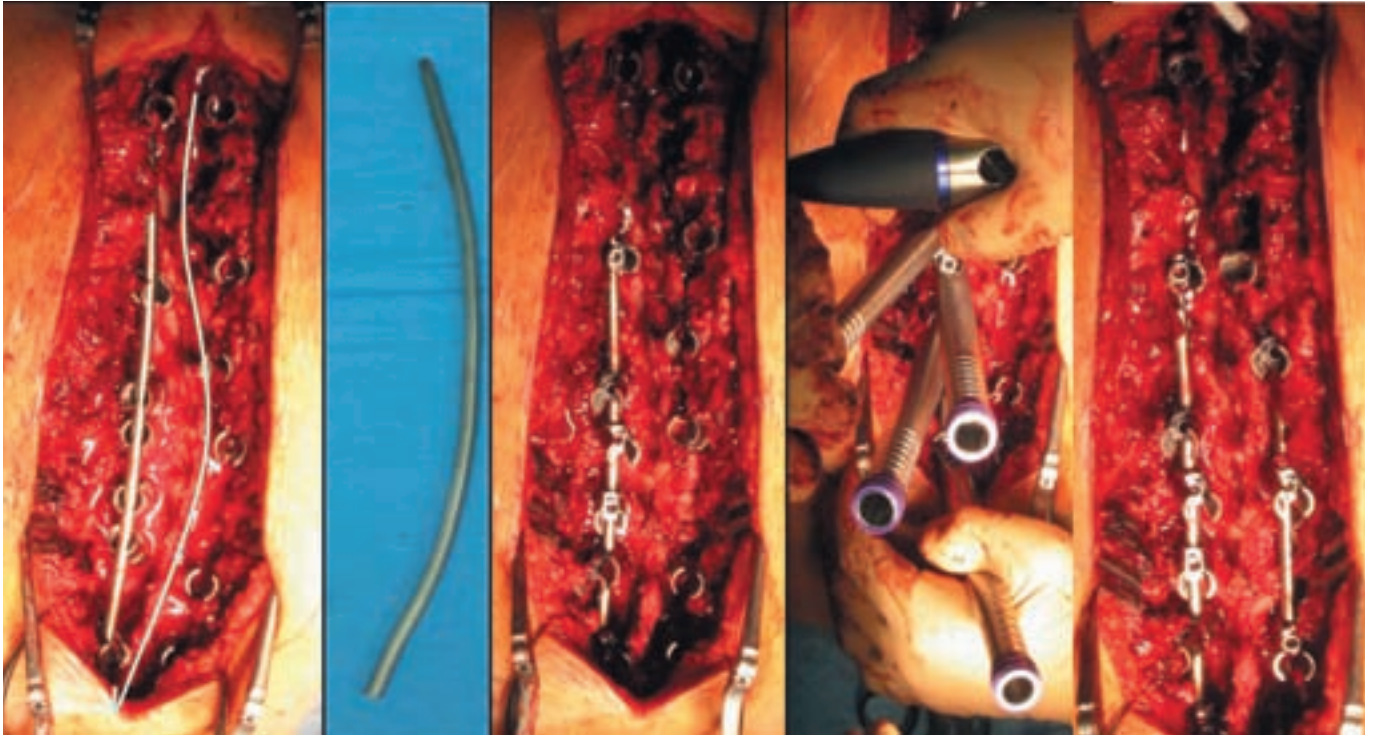


Abbildung 7 A: Korrektur einer doppelbogigen thorakalen Skoliose. Man sieht den Verlauf der Dornfortsätze vor und nach Derotation und die Krümmung des Stabes, die sich an dem gewünschten sagittalen Profil orientiert.

Langkopfschrauben von der Konkavität aus korrigieren lassen.

Es besteht die Möglichkeit, getrennt die rechtskonvexe thorakale Skoliose von links und anschließend die Lumbalskoliose von rechts jeweils von der Konkavseite aus zu korrigieren. Möchte man, um besser derotieren zu können, nur über einen Stab korrigieren, kann man die

thorakale Krümmung von konvexseits über ein Cantilever-Manöver und anschließend die lumbale Krümmung von konkav mittels Translation über die Langkopfschrauben korrigieren.

Bei doppelbogig thorakalen Krümmungen bestand oft das Problem, dass man, wenn man den Stab harmonisch an die Kyphose anpasst, sich dieser schwer einfä-

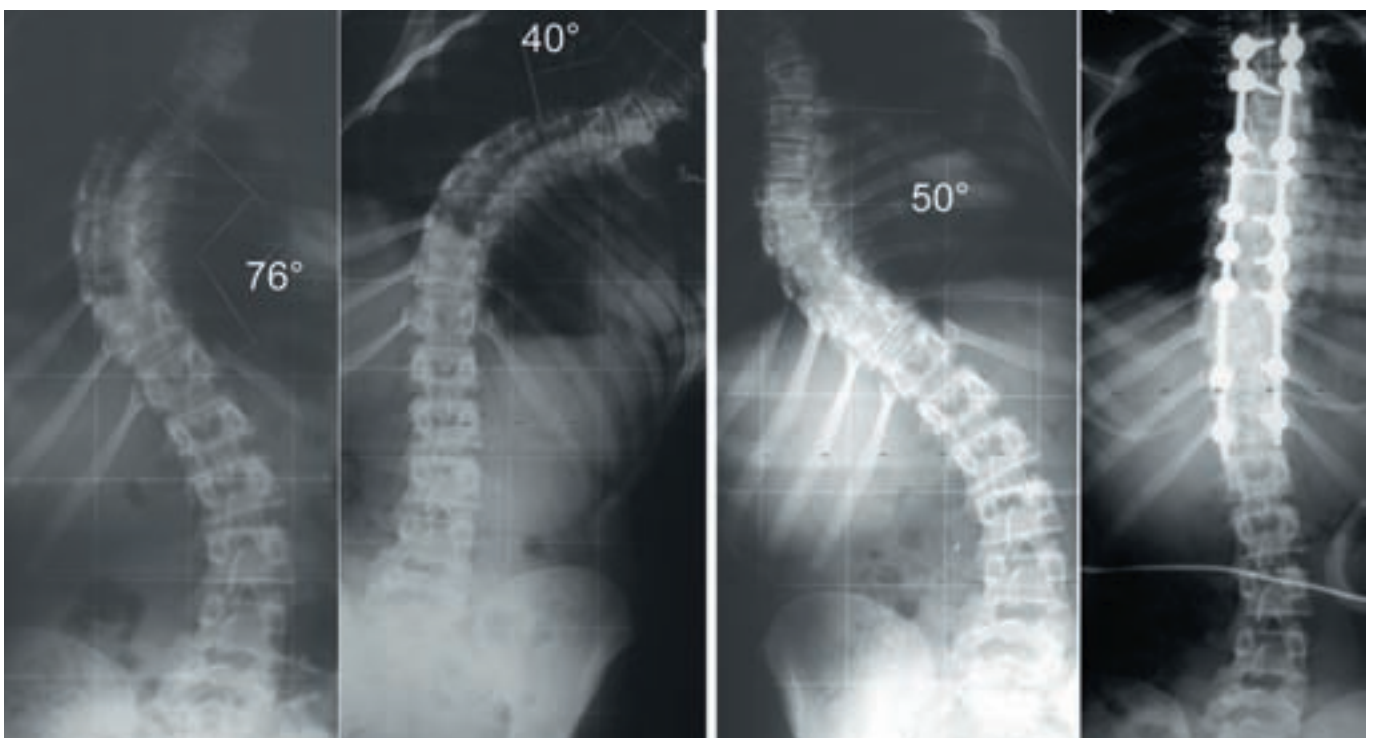


Abbildung 7 B: Röntgenbilder der oben dargestellten Patientin, die von Th 2 bis Th 12 stabilisiert wurde, um die rigide obere Krümmung und den Schulterhochstand zu korrigieren.

deln ließ. Dies wird durch die Verwendung von Langkopfschrauben wesentlich einfacher (Abb. 7). Der Stab kann in die längeren Köpfe eingeführt werden, ohne sich an deren Verlauf orientieren zu müssen. Anschließend wird segmental reponiert. Bei kontrakten Skoliosen empfiehlt sich zudem ein dorsales Release und eine gleichzeitige Korrektur des Rippenbuckels. Dies erleichtert dann auch die Derotation und verhindert eine plastische Deformierung des Titanstabes.

Indikationen:

Alle Formen von juvenilen Skoliosen, die einer dorsalen Korrektur bedürfen, jedoch auch degenerative Skoliosen des älteren Menschen.

Vor allem bei ausgeprägter Rotationskomponente, lumbaler Hyperlordose und lumbalem Kollaps können die tiefliegenden Wirbel des Apex effektiv durch Translation zum Stab reponiert werden (Abbildung 8).

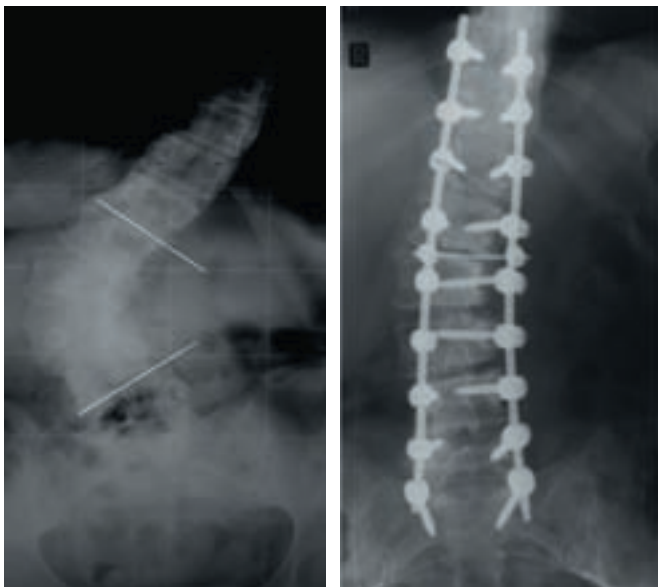


Abbildung 8: Degenerative Skoliose einer 70-jährigen Patientin. Die Aufrichtung erfolgte im Wesentlichen durch die Translation der Schrauben zum Stab. Hierdurch stellte sich auch die Länge der LWS wieder her. Aufgrund der Osteoporose wurde auf eine vollständige Derotation verzichtet.

Vorteile:

Die eigentliche Korrektur stellt meist eine Kombination aller oben angeführten Manöver dar. So kann man bei sehr rigiden thorakalen Skoliosen durchaus von konkav beginnen, und wenn man merkt, dass die Kräfte, die auf die Schrauben wirken, zu stark werden, die Korrektur von der Konvexseite durch ein Cantilever-Manöver unterstützen. Der große Vorteil der Langkopfschrauben besteht darin, dass die Korrektur langsam erfolgt und sich die Kräfte über viele Segmente verteilen, wohingegen man früher den Stab bei jeder einzelnen Schraube in die endgültige Stellung bringen musste. Vor allem bei Schrau-

ben-Stab-Systemen, die die Korrektur über Translation (Side-loading) erzielen oder bei Monoaxialschrauben, traten hier oft erhebliche Kräfte auf.

Ein weiterer Vorteil ist, dass das Einbringen des Stabes sehr viel einfacher und schneller erfolgt und man in der Biegung des Stabes mehr Freiheiten hat. Diese kann sich mehr an der endgültigen Korrektur orientieren. Die Wirbelsäule wird dann an den Stab angepasst und nicht umgekehrt.

Ein wesentlicher Vorteil besteht auch in der Möglichkeit der segmentalen Derotation, ohne dass man Monoaxialschrauben verwenden müsste. Insgesamt wird die Korrektur einfacher und schonender, das Stabeinbringen schneller und die Möglichkeiten vielfältiger.

Literatur:

Direct vertebral rotation: a new technique of three-dimensional deformity correction with segmental pedicle screw fixation in adolescent idiopathic scoliosis
Lee SM, Suk SI, Chung ER ; Spine. 2004



Autor:

Dr. Florian Geiger

Facharzt für spezielle orthopädische Chirurgie
und Kinderorthopädie

Oberarzt der Abteilung für Wirbelsäulen Chirurgie
Orthopädische Universitätsklinik Friedrichsheim gGmbH
60528 Frankfurt am Main

Tel.: (069) 6705 408

Fax: (069) 6705 220

f.geiger@friedrichsheim.de

www.friedrichsheim.de