

# Idiopathische Skoliose

Per D. Trobisch

## Einleitung

Mit Skoliose wird eine seitliche, meist S-förmige Verformung der Wirbelsäule beschrieben. Per Definition muss die Krümmung in der AP-Röntgenaufnahme mindestens  $10^\circ$  betragen. Dabei wird die Krümmung mit Hilfe des sogenannten Cobb-Winkels gemessen (► Abb. 1).

3-dimensional gesehen handelt es sich bei der Skoliose jedoch um eine Formabweichung in allen drei Raumebenen. Neben der mindestens  $10^\circ$  betragenden Abweichung in der Koronalebene (von vorne betrachtet), findet sich immer auch eine Abweichung in der Axialebene (Rotationsabweichung) und häufig auch in der Sagittalebene (von der Seite betrachtet)[1].

Die Skoliose ist ein sehr heterogenes Krankheitsbild mit vielen möglichen Ursachen. Der vorliegende Artikel befasst sich mit der häufigsten Form der Skoliose – der idiopathischen Skoliose. Die idiopathische Skoliose ist letztendlich eine Ausschlussdiagnose, wenn syndromatische (z.B. bei Marfan-Syndrom), neuromuskuläre (z.B. bei Zerebralparese) oder kongenitale (z.B. bei Halbwirbel) Ursachen ausgeschlossen wurden (► Abb. 2).

Trotz jahrzehntelanger intensiver Forschung bleibt die Ätiologie der idiopathischen Skoliose unbekannt. Die Verkrümmung entsteht wahrscheinlich als Resultat eines „zu schnellen“ Wachstums der ventralen Wirbelsäulenabschnitte im Verhältnis zu den dorsalen Abschnitten, weswegen bei den meisten idiopathischen Skoliosen auch eine tho-

rakale Hypokyphose beobachtet wird. Kompensatorisch kommt es dann zu einer Rotationsabweichung und schließlich auch zu der koronalen Abweichung der betroffenen Wirbelsäulenabschnitte.

Eine häufig verwendete Einteilung der Skoliose richtet sich nach dem Alter bei Erstdiagnose (nicht dem jeweils aktuellem Alter). Entwickelt sich die Skoliose innerhalb der ersten drei Lebensjahre, handelt es sich um eine sogenannte infantile (idiopathische) Skoliose. Wird sie zwischen dem 4. und 10. Lebensjahr entdeckt, handelt es sich um eine juvenile (idiopathische) Skoliose und Skoliosen, die sich nach dem 10. und bis zum 18. Lebensjahr entwickeln werden als adoleszente (idiopathische) Skoliosen bezeichnet [1]. Parallel wird auch häufig in early und late onset Skoliose (vor bzw. nach dem 5. Lebensjahr) unterschieden. Diese Einteilung hat sich im deutschen Sprachraum bisher jedoch noch nicht durchsetzen können. Weitere namentlich nicht unbekannt Klassifikationen sind die King- und die Lenke-Klassifikation [2,3]. Sie wurden jedoch hauptsächlich zu akademischen Zwecken sowie zur operativen Planungserleichterung entwickelt und sollen hier nicht weiter vertieft werden.

## Prävalenz

Die Prävalenz der idiopathischen Skoliose ist bei Kindern äußerst gering, springt dann jedoch bei Jugendlichen rasant auf ca. 1 % bis 2 % an. Während bei Kindern Jungen und Mädchen noch in etwa gleich häufig betroffen sind, sind bei den Jugendlichen in mehr als

80 % Mädchen betroffen. Betrachtet man lediglich die schweren Skoliosen ( $>30^\circ$ ) bei Jugendlichen, be-

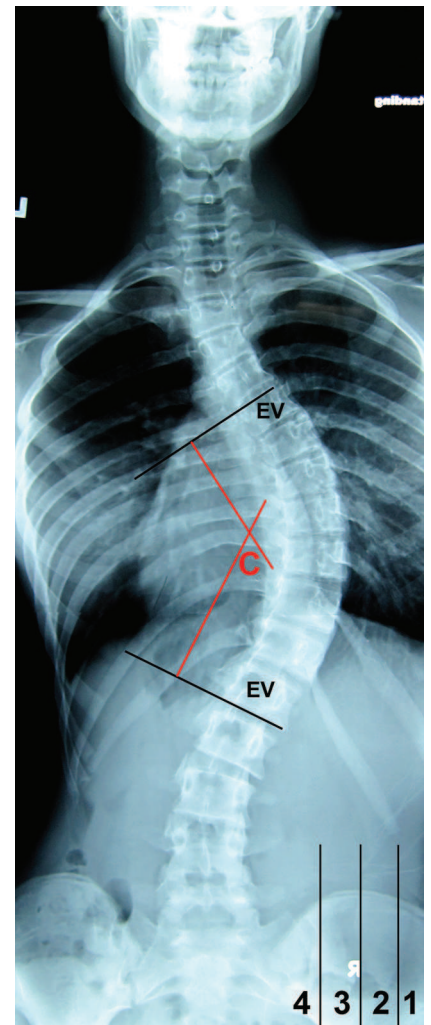


Abb. 1: Röntgenbild im postero-anterioren Strahlengang eines Jugendlichen Patienten mit Skoliose. Das Bild ist gedreht, so dass der Patient von hinten betrachtet wird. Die beiden Endwirbel (EV) sind die am stärksten gekippten Wirbel der Wirbelsäule. Der Schnittpunkt der beiden Linien, die vom Endwirbel aus gezogen werden, ergibt den Cobb-Winkel (C). Am rechten Beckenkamm erkennt man die Risserstadien. Die Apophyse befindet sich im dritten Viertel und somit die Skelettreife im Risser Stadium 3.



Abb.2: Skoliose aufgrund eines semisegmentierten Halbwirbels (mit dem unteren Wirbel verwachsen) des 1. Lendenwirbelkörpers

trägt das Mädchen:Jungen-Verhältnis sogar bereits 10:1.

Es findet sich zudem eine familiäre Häufung. Ca. 30 % der Betroffenen haben mindestens ein Familienmitglied mit Skoliose. Bei eineiigen Zwillingen steigt diese Häufung auf bis zu 70 %. Somit wird eine multifaktorielle Ursache mit starker genetischer Beteiligung vermutet [1].

### Prognose

Die Prognose hängt stark vom Ausmaß der Skoliose sowie vom Alter bzw. vom Entwicklungsstand des Patienten ab. Hier muss klar zwischen infantiler und adoleszenter Skoliose differenziert werden. Während sich die infantile Skoliose in ca. 80 % spontan auswächst, findet sich bei der adoleszenten Skoliose häufig keine spontane Besserung. Die juvenilen Skoliosen verhalten sich entsprechend der größeren Nähe zu den infantilen (z.B. 4-jährige) bzw. den adoleszenten (z.B. 9-jährige) Skoliosen.

Spezielle radiologische Kriterien helfen bei der Prognoseabschätzung. Bei Patienten mit infantiler Skoliose korreliert der weitere Ver-

lauf mit der Rotation des Rumpfes. Diese kann man mit der sog. Rib-Vertebral-Angle-Difference (RVAD) bestimmen. Aufgrund der Seltenheit der Erkrankung verweise ich im Rahmen dieser Übersichtsarbeit lediglich auf die weiterführende Literatur [1,4]. Bei der adoleszenten Skoliose sind die am häufigsten verwendeten Faktoren zur Berechnung der Prognose der Cobb-Winkel sowie der Skelett-Reifegrad, gemessen mit Hilfe des Risser-Zeichens (►Abb. 1). Basierend auf historische Studien, die den natürlichen Verlauf unbehandelter Skoliose dokumentiert haben, lassen sich folgende grobe Faustregeln aufstellen [5,6]:

- 1. Vor Abschluss des knöchernen Wachstums, lässt sich die Prognose nicht vorhersagen (►Abb. 3).
- 2. Nach Abschluss des knöchernen Wachstums, haben Skoliosen mit mehr als 40° eine hohe Wahrscheinlichkeit der lebenslangen Progredienz und Skoliosen mit weniger als 40° eine geringe Wahrscheinlichkeit der lebenslangen Progredienz.

Somit ist das Behandlungsziel während des knöchernen Wachstums die Vermeidung der Progredienz einer Skoliose bis 40°. Ist dieses Ziel erreicht, kann die Behandlung abgeschlossen werden. Sind jedoch die 40° erreicht, sollte über eine operative Versorgung zur Vermeidung einer weiteren Progredienz nachgedacht werden. Es ist wichtig anzumerken, dass die 40° lediglich eine grobe Orientierung aufgrund der relativ schwachen Datenlage darstellen. Da sich die operativen Techniken im Laufe der letzten Jahrzehnte deutlich verbessert haben und man auch schwere Skoliosen heute sicher und gut operieren kann, wird die Grenze von 40° zunehmend auf 50° und mehr hochgesetzt.

### Symptomatik

Die Symptomatik ist meistens relativ blande. In der Regel wird die Verdachtsdiagnose im Rahmen der fachorthopädischen Untersuchung gestellt oder weil die Eltern z.B. eine Tailenasymmetrie oder einen Schulterschiefstand bemerken. Auf gezieltes Nachfragen im Rahmen der fachorthopädischen Vorstellung geben Jugendliche nicht selten auch Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule an. Dieser Schmerz ist in der Regel jedoch nicht durch die Skoliose selber verursacht sondern findet sich in ähnlicher Prävalenz auch in der „gesunden“ Vergleichsbevölkerung. Ursachen können z.B. muskuläre Verspannungen bis hin zu Spondylolysen sein. Auch führt die Skoliose nur äußerst selten zu Einklemmungserscheinungen der inneren Organe wie z.B. Luftnot. Finden sich dennoch solche Symptome, empfiehlt sich die weitere Abklärung.

### Diagnostik

Die Diagnostik der Skoliose beginnt mit einer ausführlichen Anamnese. Ziel ist es, mögliche nicht-idiopathische Ursachen zu identifizieren bzw. auszuschließen. So gelten Fragen zur körperlichen und geistigen Entwicklung und zu Begleiterkrankungen als obligat. Auch die Familienanamnese gibt wichtige Hinweise, da diese bei der idiopathischen Skoliose in ca. 30% positiv ist. Da der pubertäre Wachstumsschub kurz vor und das Wirbelsäulenwachstum grob 2 Jahre nach Beginn der Menarche beendet ist, kann diese Information bereits einen Einfluss auf die Therapieentscheidung haben.

Mittels Inspektion überprüft man den Schulter- sowie den Beckenstand. Auch eine Tailenasymmetrie sowie eine seitliche Rumpfverlagerungen können auf eine Skoliose

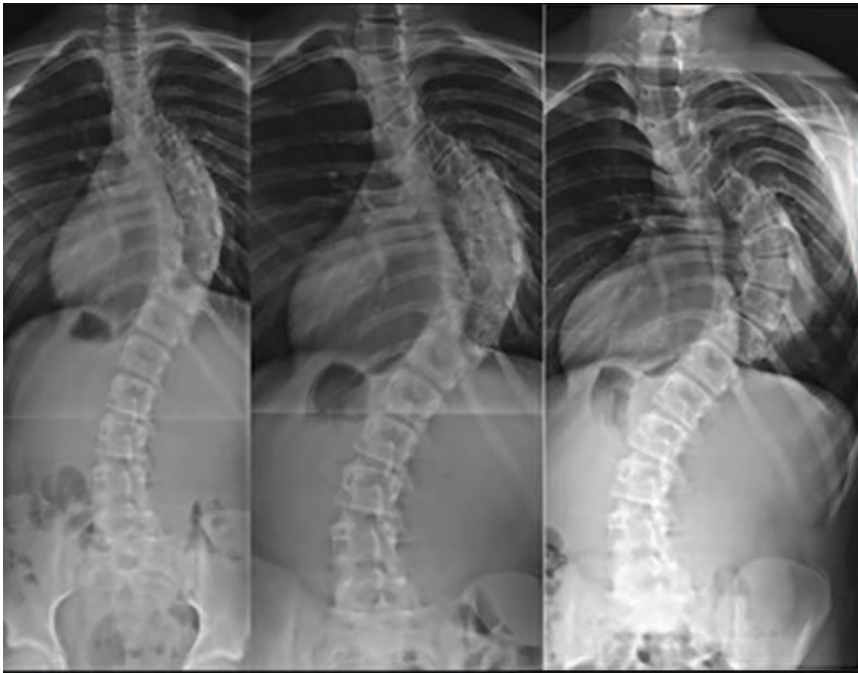


Abb.3: Beispiel einer rapiden Progredienz der Skoliose bei einem initial 14-jährigem Jungen. Die Röntgenbilder wurden in 6-monatigen Abständen jeweils ohne Korsett aufgenommen.

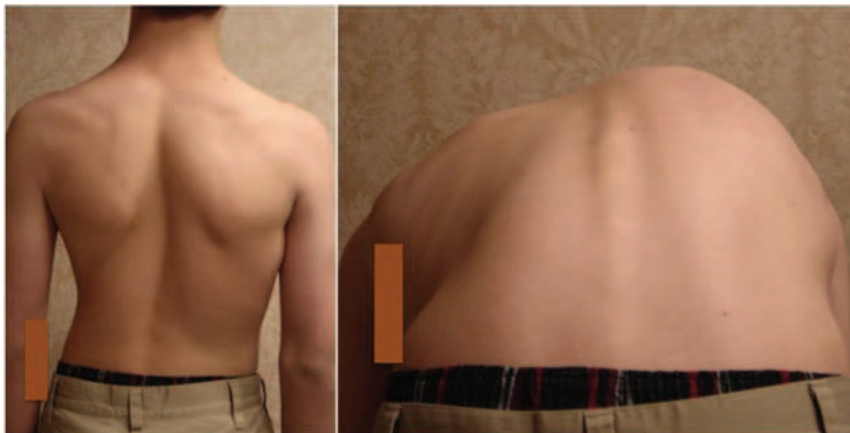


Abb. 4: Patient mit idiopathischer Skoliose. Links erkennt man einen Schulterchiefstand sowie eine Tailenasymmetrie. Rechts wird beim Vorbeugetest der Rippenbuckel als Zeichen einer starken Rotation ersichtlich.

hinweisen. Beim Adams-Vorbeugetest lässt man den Patienten mit gestreckten Beinen und Armen bei geschlossenen Handflächen nach vorne beugen. Mittels Skoliometer (eine Art Wasserwaage) lässt sich dann im Bereich der Brust- und Lendenwirbelsäule die Rotation messen. Rotationen bis 5° gelten noch als physiologisch (►Abb. 4).

Bei der weiteren körperlichen Untersuchung sollte gezielt nach

nicht-idiopathischen Einflussfaktoren gesucht werden. So könnte ein Klumpfuß oder ein hypoplastischer Daumen ein Anzeichen für eine syndromale Erkrankung sein. Eine Asymmetrie der Bauchhautreflexe könnte auf eine intraspinalen Syrinx hinweisen. Hyperlaxe Bandstrukturen könnten auf Bindegeweberkrankungen wie das Marfan- oder Ehlers-Dahnlos-Syndrom hinweisen.

## Röntgen

Die Diagnosesicherung gelingt nur mittels Röntgenaufnahme, da die Skoliose per Definition eine seitliche Abweichung der Wirbelsäule in der Koronalebene von mindestens 10° ist (►Abb. 1, ►Abb. 3). Notwendig für die Erstuntersuchung ist eine Röntgen-Ganzwirbelsäulen-Aufnahme in zwei Ebenen. Bei Verlaufuntersuchungen reicht unter Umständen eine Aufnahme in einer Ebene (antero-posterior). Die Ausprägung der Skoliose wird mit dem sogenannten Cobb-Winkel gemessen. Hierzu verlängert man die Linien der am meisten zur Horizontalebene gekippten Wirbelendplatten (Endwirbel) und bestimmt den Winkel am Schnittpunkt dieser beiden Linien. Befindet sich der Schnittpunkt außerhalb der Röntgenfolie, dann kann man sich Hilfsloten bedienen. Bei digitalen Röntgenaufnahmen erlaubt in der Regel die Betrachtungssoftware eine unkomplizierte Winkelbestimmung. Die seitliche Röntgenaufnahme dient der Beurteilung der Brustkyphose und Lendenlordose.

Auch die Skelettreife lässt sich in der ap-Röntgenaufnahme bestimmen, sofern die Beckenkämme in voller Breite mit dargestellt sind. Die Verknöcherung der Beckenkammepiphyse erfolgt von außen nach innen. Das Risserstadium entspricht dem Viertel des Beckenkamms, in dem sich die Verknöcherung aktuell befindet (►Abb. 1). Patienten im Risserstadium 0 bis 2 wachsen in der Regel noch viel bzw. schnell, während das Wachstum im Risserstadium 4 und 5 in der Regel beendet ist.

## Therapie

Das Therapieziel ist die Vermeidung einer Skolioseprogredienz bis auf 40° zum Zeitpunkt der Skelettreife, da dann die Wahrscheinlichkeit einer lebenslangen Progredienz sehr gering ist. Somit muss frühzeitig mit



der Therapie begonnen werden, jedoch sollte auch eine oft als belastend empfundene Übertherapie vermieden werden.

Aufgrund der geringen Progredienzwahrscheinlichkeit, benötigen leichte Skoliosen von bis zu 20° keine spezielle Behandlung. Krankengymnastik ist optional, wobei ein Überlegenheitsnachweis gegenüber dem natürlichen Verlauf noch aussteht. Einige Studien zeigen gute erste Ergebnisse bei der Anwendung skoliosespezifischer Krankengymnastik als Ergänzung zur Korsetttherapie [7].

Die Korsettbehandlung ist die klassische Therapie bei noch nicht ausgewachsenen Patienten mit einer mittelschweren Skoliose von mehr als 20°. Die Scoliosis Research Society hat basierend auf aktuellen Level-I-Studien folgende Kriterien für geeignete Patienten definiert [8]:

- Skelettreife noch nicht erreicht (Risserstadium 0,1,2)
- Cobbwinkel zwischen 25° und 40° (teilweise bis 45°) oder
- Cobbwinkel unter 20°, wenn Progredienz von mehr als 10° gesehen wurde

- Cobbwinkel zwischen 20° und 25°, wenn Progredienz von mehr als 5° gesehen wurde

Eine randomisierte Studie im Auftrag der US Gesundheitsbehörde zeigte, dass Patienten, die ein Korsett tragen, eine Progredienz der Skoliose auf 50° (und somit zur OP-Indikation) in 75 % vermeiden konnten, während die Vergleichsgruppe ohne Korsett die Progredienz auf 50° nur in 42 % vermeiden konnte [8]. Die Patienten sowie deren Familien sollten jedoch weiterhin darüber aufgeklärt werden, dass es sich bei der Entscheidung für oder gegen ein Korsett nicht um ein Alles-oder-Nichts-Prinzip handelt.

### Spondylodese

Findet sich trotz konservativer Therapie eine weitere Progredienz oder werden die Skoliosen erst spät diagnostiziert empfehlen viele

Fachgesellschaften die operative Behandlung bei einer Skoliose von 40° bis 50°, da bei einer Skoliose diesen Ausmaßes mit hohen Wahrscheinlichkeit eine weitere, lebenslange Progredienz zu erwarten ist.

Die Goldstandard-OP-Methode ist die sogenannte Korrekturspondylodese. Hierbei handelt es sich um eine Begradigung der Wirbelsäule mit Hilfe eines aus Schrauben und Stäben bestehenden Fixateurs. Mit den heutigen Techniken ist in der Regel eine ca. 60 %ige bis 80 %ige Korrektur der Skoliose möglich (bei flexiblen Skoliose auch bis zu 100 %ig), wobei der betroffene Abschnitt permanent versteift wird (►Abb. 5). Ziel ist es dann, die Versteifungsstrecke so kurz wie möglich zu halten und vor allem die tiefen lumbalen Segmente unversteift zu lassen, so dass möglichst wenig bis keine Bewegungseinschränkung



Abb. 5: Zustand vor und nach Korrekturspondylodese einer 95° messenden Skoliose bei einer 21-jährigen Patientin

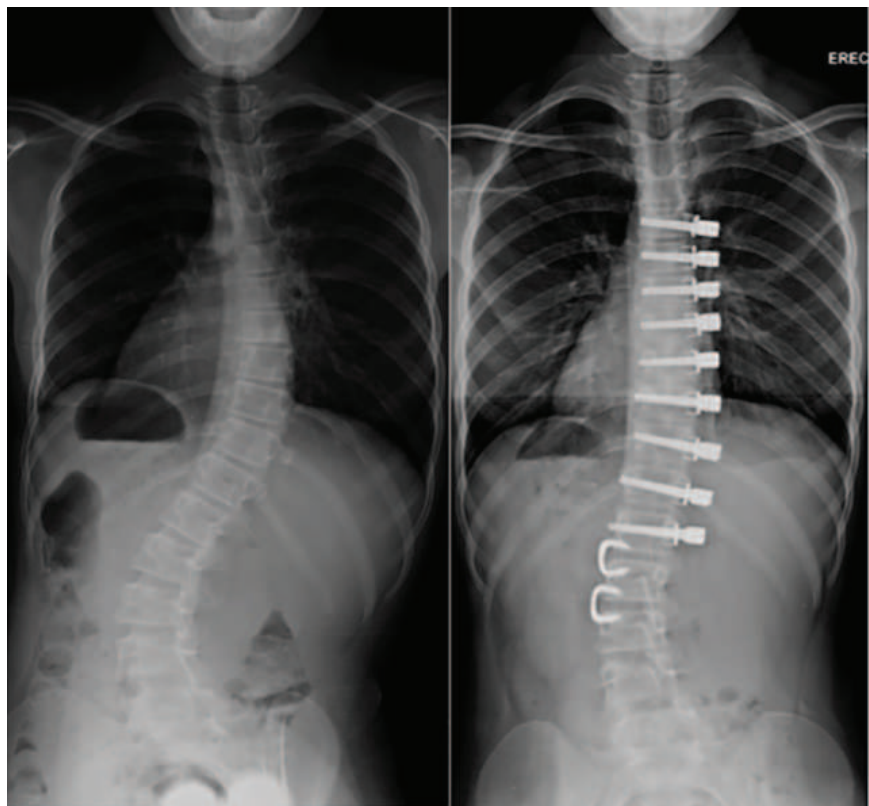


Abb. 6: Zustand nach Korrektur einer Skoliose bei einem 12-jährigem Mädchen. Die thorakale Krümmung wurde „getethered“ und die lumbale Krümmung „gestapled“. Eine weitere Begradigung ist mit dem weiteren Wirbelsäulenwachstum zu erwarten

## Zusammenfassung

Bei der Skoliose handelt es sich um eine dreidimensionale Verkrümmung der Wirbelsäule mit mindestens 10° Abweichung von der Koronalebene im Röntgenbild. Die häufigste Form ist die idiopathische Skoliose, die in über 90% der Fälle bei Jugendlichen diagnostiziert wird. Die Behandlung hat die Verhinderung der Progredienz zum Ziel. Die verschiedenen Behandlungsstrategien richten sich vorrangig nach dem Alter des Patienten sowie nach dem Ausmaß der Skoliose. Bei geringgradigen Krümmungswinkeln genügt häufig die Verlaufsbeobachtung. Bei Skoliosen von mehr

als 20° und noch nicht abgeschlossenem Knochenwachstum empfiehlt sich die Korsettversorgung. Da höhergradige Skoliosen mit einem Krümmungswinkel über 40° bis 50° zu einer lebenslangen fortbestehenden Progredienz neigen, bildet hier die Korrekturspondylodese die Therapie der Wahl. Die Entscheidung muss jedoch individuell getroffen werden.

**Schlüsselwörter:** Skoliose, Korsett, Korrekturspondylodese, bewegungserhaltende Operationen

gen für den Patienten resultieren [9].

## Neue Methoden

Weiterhin besteht jedoch die Hoffnung, Skoliosen in Zukunft auch ohne notwendige Versteifung begründen zu können. Aus den Erfahrungen der Extremitätenchirurgie wurde schließlich das Vertebral Body Stapling entwickelt. Hierbei handelt es sich vom Prinzip um eine unilaterale Wachstumshemmung durch „Klammerung“ der konvexseitigen Krümmung. Hierdurch wird dann nur noch das Wachstum auf der konkavseitigen Krümmung freigegeben, so dass sich die Skoliose im Verlauf gerade wächst. Die klinischen Ergebnisse konnten jedoch nur teilweise überzeugen. Es scheint, als würde das Vertebral Body Stapling nur bei sehr jungen Patienten mit mittelschweren Skoliosen erfolgreich sein [10]. Die Erfolgsquote ist in etwa vergleichbar mit der Korsettbehandlung und bildet somit allenfalls eine Alternative zur Korsettbehandlung, nicht jedoch zur Korrekturspondylodese. Mit der Hoffnung, jedoch auch schwerere Skoliosen nicht-versteifend zu korrigieren entwickelte sich innerhalb der letzten Jahre das Vertebral Body Tethering als Weiterentwicklung des Vertebral Body

Staplings. Auch hierbei handelt es sich um eine konvexseitige Implantation, wobei diese jedoch mit Hilfe von Schrauben und eines extrem rigiden Bandes erfolgt (►Abb. 6). Durch die größere Kraftübertragung kann auch bei sehr schweren Skoliosen und nach Wachstumsabschluss eine Korrektur erreicht werden, die eine volle Beweglichkeit erlaubt. Während die Kurzzeitergebnisse vielversprechend sind stehen Langzeitergebnisse noch aus [11,12].

## Literatur

1. Trobisch P, Suess O, Schwab F. Idiopathic scoliosis. Dtsch Arztebl Int. 2010;107:875-883
2. King HA, Moe JH, Bradford DS, et al. The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. J Bone Joint Surg Am 1983;65:1302-1313
3. Lenke LG, Betz RR, Harms J, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: A new classification to determine extent of spinal arthrodesis. J Bone Joint Surg Am 2001;83:1169-1181
4. Mehta MH. The rib-vertebra angle in the early diagnosis between resolving and progressive infantile scoliosis. J Bone Joint Surg BR 1972;54:230-243
5. Lonstein JE, Carlson JM. The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth. J Bone Joint Surg Am 1984;66:1061-1071
6. Weinstein SL, Ponseti IV. Curve progression in idiopathic scoliosis. J Bone Joint Surg Am 1993;65:447-455
7. <http://www.srs.org/about-srs/quality-and-safety/position-statements/srs-statement-on-physiotherapy-scoliosis-specific-exercises>

specific-exercises

8. Weinstein SL, Dolan LA, Wright JG, Dobbs MB. Effects of bracing in adolescents with idiopathic scoliosis. N Engl J Med 2013;369:1512-1521
9. Trobisch PD, Ducoffe A, Lonner BS, Errico TJ. Coosing fusion levels in adolescent idiopathic scoliosis. J Am Acad Orthop Surg 2013;21:519-528
10. Trobisch PD, Samdani A, Cahill P, Betz RR. Vertebral body stapling as an alternative in the treatment of idiopathic scoliosis. Oper Orthop Traumatol 2011;23:227-231
11. Jain V, Lykissas M, Trobisch P, et al. Surgical aspects of spinal growth modulation in the treatment of scoliosis correction. Instr Course Lect 2014;63:335-344
12. Samdani AF, Ames RJ, Kimball JS, et al. Anterior vertebral body tethering for immature adolescent idiopathic scoliosis: one-year results on the first 32 patients. Eur Spine J 2015;24:1533-1539

## Korrespondenzadresse:

Priv. Doz. Dr. med. Per D. Trobisch  
Chefarzt der Abteilung für Wirbelsäulenchirurgie  
Eifelklinik St. Brigida  
Kammerbruchstr. 8  
52152 Simmerath  
Tel.: (02473) 89-2325  
Fax.: (02473) 89-2440  
E-Mail: per.trobisch@st-brigida.de

Per D. Trobisch

