

C. Hopf • Abteilung Wirbelsäulenchirurgie, Kinder- und onkologische Orthopädie, Lubinus-Klinik Kiel

Kriterien zur Behandlung idiopathischer Skoliosen zwischen 40° und 50°

Operative vs. konservative Therapie

Zusammenfassung

Bei idiopathischen Skoliosen über 40° (COBB 1948) besteht bei hoher Progredienzrate und reduzierten konservativen Therapiemöglichkeiten im Wachstumsalter die Grenzindikation zur operativen Versorgung. Die Krümmungsprogredienz ist abhängig von dem Ausmaß der vorhandenen frontalen und sagittalen Wirbelsäulendeformität, der Wirbelsäulenrotation, der Krümmungsrigidität, der Skelettreife, dem Patientenalter, dem Geschlecht, der familiären Skoliosebelastung sowie der Krümmungslokalisation. Progredienzgefährdet sind thorakale und doppelbogige Skoliosen ebenso wie Patienten in den Risser-Stadien 0 und 1.

Prädiktive Faktoren für eine erfolgreiche Orthesentherapie sind die Korrektur von Skoliosewinkel (30–50% innerhalb von 3 Monaten) und Wirbelkörperrotation, deren mangelnde Änderung oder Zunahme während der Orthesentherapie zu einer erhöhten Rate an Behandlungsfehlschlägen führt. Beachtenswert ist die Beurteilung der sagittalen Krümmungsflexibilität. Die eingeschränkten konservativen Therapiemöglichkeiten bei Skoliosewinkeln über 40° lassen eine frühzeitige Operation einer flexiblen Krümmung als die Methode der Wahl erscheinen. Die Korrektur einer einbogigen Krümmung geht mit einer kürzeren Spondylodesenstrecke, einer kürzeren Operationszeit, einem geringeren Blutungsrisiko und einer Minderbelastung der verbleibenden Wirbelbogengelenke im Verhältnis zu der bei einer ausgeprägten Krümmung notwendigen, langstreckigen Fusion einher.

Eine einheitliche Beurteilung der Häufigkeit des „Crankshaft-Phänomens“ bei jun-

gen Patienten (Risser-Stadien 0 und 1) nach alleiniger dorsaler Instrumentation und den sich daraus ableitenden Therapiemaßnahmen ist gegenwärtig unmöglich. Hier ist eine Orthesenbehandlung bis zum Erreichen des Risser-Stadiums 2 in Kenntnis eines allenfalls temporären Therapieerfolgs erwägenswert.

Schlüsselwörter

Idiopathische Skoliose • Krümmungsprogredienz • Crankshaft-Phänomen • Risser-Stadium

Die Wiederherstellung von Form und Funktion der skoliotisch deformierten Wirbelsäule ist das Ziel der konservativen und operativen Therapie. Die dazu eingesetzten korrigierenden Kräfte unterscheiden sich in Kraftrichtung, Stärke, Dauer, Frequenz, Lokalisation und Art. Nach White u. Panjabi [47] führen distrahierende Krafteinwirkungen bei Krümmungen über 53° [5] zu besseren Korrekturen als transversal, quer eingeleitete Kräfte, deren Effektivität aber bei geringeren Skoliosewinkeln zu günstigeren Resultaten führt. Grundlage jeder Therapie einer Wirbelsäulendeformität muss eine radiologische Diagnostik mit Röntgenaufnahmen der gesamten Wirbelsäule im Stehen in 2 Ebenen in standardisierter Röntgentechnik sein.

Bending-Aufnahmen gestatten eine Aussage über die Fixation sowie die Rigidität einer Krümmung. Kontrolluntersuchungen sollten in halbjährlichen

Zeitabständen bzw. bei klinisch erkennbarer Verschlechterung durchgeführt werden.

Übereinstimmung besteht im Hinblick auf die Operationsindikation darüber, dass Krümmungen über 40° im Wachstumsalter eher einer operativen Therapie zugeführt werden sollten. Im Erwachsenenalter ist erst bei Krümmungswinkeln über 50° und zusätzlichen Kriterien (z. B. Krümmungsprogredienz, therapieresistente Schmerzsyndrome) eine Operation indiziert. Dennoch stellt sich die Frage, inwieweit die Betrachtung weiterer Gesichtspunkte eine prädiktive Aussage im Hinblick auf eine Krümmungsprogredienz ermöglicht.

Das Progredienzrisiko idiopathischer Skoliosen

Grundlage aller Überlegungen zur konservativen oder operativen Therapie ist das gegenwärtige Wissen über die „natural history“ der idiopathischen Skoliose. Schon Ponseti u. Friedman [36], James [22], Zaoussis u. James (1958), Scott u. Morgan [41] stellten eine erhöhte Gefahr der Skolioseprogredienz bei jungen Patienten fest. Untersuchungen von Tanner et al. [44] zeigten ein Wirbelsäulenwachstumsmaximum zwischen dem 10.5 und 13.5 Lebensjahr bei

Prof. Dr. C. Hopf
Wirbelsäulenchirurgie, Kinder- und onkologische Orthopädie, Lubinus-Klinik Kiel,
Steenbeker Weg 25, 24106 Kiel

C. Hopf

Criteria for the treatment of idiopathic scoliosis between 40° and 50°. Operative versus conservative therapy

Abstract

The treatment of idiopathic scoliosis over 40° (Cobb) during the growth period is under discussion concerning the indication for conservative or surgical treatment. Curve progression depends on the degree of the frontal and sagittal deformity, vertebral rotation, rigidity of the curve, the skeletal age, the age and sex of the patient, the familial frequency of scoliosis and the location of the curve. In scoliosis over 40° progression is fast and the possibilities for successful conservative brace treatment are reduced during the growth period. Progression occurs more frequently in thoracic and double major scolioses, especially in young patients (Risser sign 0 and 1).

Predictive factors of a successful brace treatment are the correction of scoliosis and rotation; deterioration of both during the brace treatment leads to poor results. Evaluating the flexibility of the sagittal profile is important, as is primary correction of 30–50% in the brace during the 3 months. Operative correction of small primary curves reduces the fusion length, operation time, and blood loss and is followed by a reduction in loading on the adjacent vertebral segments in comparison to the long fusions necessary in more structural and double major scolioses.

So far it is not possible to make an equivalent judgment of the frequency of the “crankshaft” phenomenon and the treatment necessary in young patients (Risser sign 0 and 1) treated by dorsal instrumentation alone, but temporary brace treatment may be considered in those cases.

Keywords

Idiopathic scoliosis · Curvature degree · Crankshaft phenomena · Risser stage

Mädchen und dem 12.5 und 15.5 Lebensjahr bei Jungen.

Untersuchungen von Rogala et al. [39] zur spontanen Skolioseentwicklung ergaben bei Krümmungen zwischen 20–30° eine Progredienz von nahezu 80%, auch Sahlstrand u. Lidstroem [40] gaben bei Krümmungen zwischen 15–30° eine Krümmungszunahme von 80% an. Brooks et al. [1] berichteten über eine geringe Krümmungsprogredienz bei leichten Skoliosen; Rogala et al. [39] beschrieben das häufige Auftreten spontaner Korrekturen bei Seitverbiegungen unter 11°. Lonstein u. Carlson [27] gaben ein 3fach höheres Progredienrisiko bei Skoliosen über 20° an; Bunnell [3] verwies auf ein alters- und skolioseausmaßbedingtes Progredienrisiko. Bei einem Ausgangswinkel von 20° werde in 20%, bei 30° in 60% und bei 50° in 90% der Patienten eine Krümmungsverschlechterung wahrscheinlich. Eigene Untersuchungen [18] bei 135 Patienten (111 Mädchen, 24 Jungen, Beobachtungsdauer 52,4 Monate, Erstfeststellung der idiopathischen Skoliose mit 10,1 Jahren) mit Ausgangswinkeln von 5–30° zeigten bei differenzierter Betrachtung, dass bei Definition der Progredienz im Sinne einer Krümmungszunahme von 5° eine tatsächliche Verschlechterung bei 62,2% der Patienten, hingegen bei Definition als Krümmungszunahme von 5° innerhalb eines Jahres aber nur bei 36,3% der Patienten auftrat. Weiter ergab die Gruppenunterteilung in Skoliosen bis 14° und 15–30° ein höheres Maß an progredienten Krümmungen in der 2. Gruppe sowie eine besondere Gefährdung der jungen Patienten (Risser-Stadium 0).

Die verfügbaren Daten über eine lokalisationsabhängige Krümmungszunahme weisen auf ein erhöhtes Risiko für thorakale und doppelbogige Skoliosen hin. Ponseti u. Friedman [36] und James [22] bezeichneten die Thorakalskoliose als die prognostisch ungünstigste Skolioseform; Lonstein u. Carlson [27] hingegen sahen bei den doppelbogigen Skoliosen das größte Progredienrisiko. Die eigenen Untersuchungen [18] ergaben ein erhöhtes Risiko für Patienten mit thorakalen und doppelbogigen Skoliosen.

Robinson u. Mc-Master [38] fanden bei der Untersuchung des Spontanverlaufs der idiopathischen Skoliose bei 109 Patienten (Durchschnittsalter von

6 Jahren und 10 Monaten) eine Progredienz bei 89 Patienten.

Trotz Orthesenversorgung bei 88 Patienten wurde bei 84 Patienten mit einem Krümmungsscheitel zwischen dem 8–10. Brustwirbel (Durchschnittsalter 11 Jahre und 10 Monate, mittlerer Skoliosewinkel 47°) eine Fusion erforderlich, thorakolumbale und lumbale Krümmungen wiesen eine günstigere Prognose auf. Soucacos et al. [43] beschreiben in einer prospektiven Studie rechtskonvexe Thorakalskoliosen und doppelbogige Skoliosen als progredienzgefährdet.

Ergebnisse der konservativen Orthesenbehandlung bei idiopathischen Skoliosen

Nach den Empfehlungen des Arbeitskreises Wirbelsäulendeformitäten der DGOT [20] besteht eine Indikation zur Korsettversorgung bei nachgewiesener Krümmungsprogredienz von mehr als 5° innerhalb von 6 Monaten und bei Winkelwerten über 20°. Nach gegenwärtigem Verständnis liegt im Wachstumsalter der Indikationsbereich zur Korsettversorgung bei Skoliosewinkeln zwischen 20–40° und mindestens 1 Jahr verbleibender Zeit bis zur endgültigen Skeletteife. Verschiedene Orthesentypen mit differierenden Korrekturmechanismen stehen zur Verfügung.

Die Milwaukee-Orthese gilt als Prototyp einer Versorgung mit distrahrender, axialer Krafteinleitung. 1970 berichteten Moe u. Kettleson [31] über eine mittlere Korrektur bei den thorakalen Skoliosen von 24% sowie von 10% bei den hochthorakalen Krümmungen. Edmonson u. Morris [10] gaben bei der Behandlung von 52 Patienten einen mittleren lokalisationsabhängigen Korrekturgewinn von 16–18% an. Keiser u. Shufflebarger [24] beschrieben eine Korrektur von 25% bei thorakalen und von 20% bei lumbalen Krümmungen. Die späteren Ergebnisse relativierten die optimistischen Angaben der ersten Jahre. Carr et al. [4] beobachteten einen mittleren thorakalen Korrekturgewinn von 2% lumbal und 4% thorakolumbal.

Im Gegensatz dazu fanden Cochran u. Nachemson [6] einen mittleren Korrekturverlust von 3°, Heine u.

Götze [16] von 7°. Die Studie mit der größten Patientengruppe [28] zeigte, dass 223 von 1020 behandelten Patienten operiert wurden. Charakteristische Merkmale des Therapieversagens waren ein Ausgangswinkel über 30° und ein frühes Auftreten der Skoliose. Bei den verbleibenden 791 Patienten zeigte sich beim Abschulen von der Orthese eine geringe Verbesserung des Ausgangswinkels von 0–4°. Als prognostisch ungünstige Faktoren erwiesen sich Art und Ausmaß der Skoliose, das Patientenalter, das Risserzeichen und der Zeitpunkt des Eintretens der Menarche.

Noonan et al. [34] beschrieben als Progredienzkriterium nach der Behandlung von 111 Patienten u. a. den Einfluss der Korrektur in der Orthese. Patienten ohne Krümmungsverschlechterung wiesen eine Korrektur in der Orthese von 20° auf, während in der Gruppe der Orthesenversager eine mittlere Korrektur von 8° zu beobachten war.

- Die Derotationsorthesen wirken nach dem Prinzip der queren, transversalen Krafteinwirkung. Als Vorteile gelten die bessere Anformung an den Körper, die erhöhte Stabilität und die relative Unsichtbarkeit. Unterschieden werden Derotationsorthesen aus Plastik (Chêneau-, Boston-, Wilmington-, CBW-, Cuxhaven-Orthese, Vienna-Brace u. a.) und Orthesen aus Plastik und Metall (Stagnara- und Riviera-Orthese u. a.).

Hall [14] ging bei der Bewertung der Boston-Orthese von einem langfristigen Korrekturgewinn von 10% aus, Lournen et al. [25] beschrieben mittlere Korrekturgewinne zwischen 36–43%. Emans et al. [11] gaben eine verbleibende Korrektur von 11% an. Willers [48] berichteten nach einer mittleren Beobachtungszeit von 8,5 Jahren, dass eine Verhinderung der Progredienz ohne Veränderung des Ausgangswinkels, der Wirbelrotation, des Rippenbuckels und der Scheitelwirbeltranslation möglich sei.

Frühergebnisse bei Verwendung der Chêneau-Orthese [13, 30] ergaben lokalisationsabhängige mittlere Korrekturen zwischen 20–50%, es verblieb nach Abschulung der Orthese ein mittlerer Korrekturwert von 14% [17]. Bei Krümmungen zwischen 20–29° bestand eine höhere Behand-

lungseffektivität als bei den Krümmungen über 30°. Weber et al. [46] beschrieben bei Verwendung der Wilmington-Orthese ebenfalls eine geringere Primärkorrektur bei höheren Ausgangswinkeln sowie ausgeprägter Wirbelkörperrotation.

Kontrovers werden die Akzeptanz und die Notwendigkeit der Orthesentherapie diskutiert. DiRaimondo u. Green [7] fanden bei nur 15% der untersuchten Patienten eine hohe Behandlungsbereitschaft, insgesamt wurden die Orthesen nur in 65% der vorgesehenen Zeit getragen. Edelmann [9] berichtete hingegen, dass nur 19% seiner Patienten keine Compliance aufwiesen.

Goldberg et al. [12], die jeweils 32 Mädchen (Risser-Stadium 0) mit und ohne Orthesenbehandlung verglichen, fanden keine Unterschiede im Hinblick auf das Progredienzverhalten. Deutliche Hinweise auf die Wirksamkeit der Orthesentherapie ergaben hingegen prospektive Untersuchungen von Nachemson u. Peterson [32], in denen 3 Gruppen von Skoliosepatienten ($n = 286$, Nachuntersuchung bei 247 Patienten) mit einem Ausgangswinkel zwischen 25–35° verglichen wurden und ein Korrekturverlust über 6° als Therapieversagen gewertet wurde. Eine Krümmungszunahme bei 17 von 111 Orthesenpatienten stand im Gegensatz zu einer Progredienz bei 58 von 129 nichttherapierten, beobachteten Patienten und 22 von 46 mit der Oberflächenelektrostimulation therapierten Patienten.

Prädiktive Faktoren

Als prädiktive Faktoren des Erfolgs einer Orthesentherapie wurden von Upadhyay et al. [45] eine Reduktion des Skoliosewinkels und der Wirbelkörperrotation während der Orthesenbehandlung bezeichnet. Die Progredienz eines der beiden Merkmale unter der Korsetttherapie wurde als Hinweis auf ein Therapieversagen gewertet.

Eine Zunahme der Rotation und des Krümmungswinkels während der Orthesentherapie führte zu einem Versagen der Orthesentherapie bei 93% der Patienten, bei 79% wurden eine Operation durchgeführt. Nakahoji [33] verglich die sagittale Wirbelsäulenflexibilität und den Bewegungsumfang von 40 gesunden Probanden und 93 Pa-

tienten mit Skoliosen; 87 der Skoliosepatienten wiesen einen verminderten sagittalen Bewegungsumfang auf. Peterson u. Nachemson [35] beschrieben als Progredienzfaktoren die Skelettreife (Risser-Stadium 0 oder 1), einen Scheitelwirbel oberhalb von Th12 und eine Imbalance von 10 mm oder weniger.

Gegenwärtig ist der Einfluss eines pathologischen, sagittalen Wirbelsäulenprofils noch nicht vollständig geklärt. Eine pathologische Deformierung im sagittalen Profil, so z. B. eine frühzeitige, lordotische Einstellung der Brustwirbelsäule bei der Thorakalskoliose, insbesondere in Verbindung mit einer erheblichen Wirbelsäulenrotation, sollte auch als prädiktiver Faktor einer zu erwartenden Krümmungsprogredienz betrachtet werden.

Operative Behandlung

Die operative Behandlung mit mehrsegmentalen ventral oder dorsal implantierten Operationsverfahren hat sich bei der Behandlung von Wirbelsäulendeformitäten etabliert. Prinzipiell kann auf eine postoperative Orthesenbehandlung bei Verwendung moderner Methoden verzichtet werden. Es sind bei der Anwendung von ventralen Verfahren Korrekturen in einer Größenordnung von bis zu 75%, bei dorsalen Verfahren von ca. 60% zu erreichen. Die Fusionslänge ist abhängig von dem gebrauchten Instrumentarium, der Krümmungslökalisation sowie -flexibilität.

Eine Reduktion der Fusionslänge führt zu einer Minderbelastung der angrenzenden Wirbelbogengelenke, so dass Ziel jeder operativen Maßnahme eine möglichst kurze Spondylodesenstrecke ist. Insbesondere der Einsatz ventraler Operationsverfahren in der Brustwirbelsäule geht mit einer erheblichen Reduktion der Fusionslänge einher.

Das intraoperative oder postoperative Auftreten einer neurologischen Komplikation ist eine seltene Komplikation der rekonstruktiven Wirbelsäulendeformitätenchirurgie. In den 70er Jahren wurde ein neurologisches Risiko von 0,72% angegeben. So fanden Mac Ewen et al. [29] in einer Sammelstudie 57 neurologische Defizite bei 7885 behandelten Patienten. Allerdings waren bei 17 Patienten Lähmungen ohne Wir-

belsäuleninstrumentation (direktes Trauma, Haloextension, Folge einer Osteotomie) aufgetreten. Nach Winter [49] ist dieses Risiko nach einer unpublizierten Studie der Scoliosis Research Society 1993 auf 0,3 % gefallen.

Stagnara (zit. nach Winter [49]) berichtete schon 1977 in einer retrospektiven Beurteilung, dass das neurologische Risiko von Skoliosen unter 100° mit 0,64 %, bei Skoliosen über 100° aber mit 10 % bewertet werden konnte. Als Risikofaktoren gelten weiter vorbestehende neurologische Probleme, eine zu starke intraoperative Hypotension, die inkorrekte Implantation von Haken und Schrauben mit direktem Trauma sowie die Existenz einer kyphotischen Krümmungskomponente.

Neben der neurologischen Komplikation müssen auch die möglichen Probleme einer frühen Operation bei Kindern in der präpubertären Phase betrachtet werden. 1989 definierten Dubouset et al. erstmals den Begriff „Crankshaft-Phänomen“ als Beschreibung für das Auftreten einer postoperativen Krümmungsprogredienz nach einer Nachuntersuchung von 40 Patienten mit idiopathischen und neuromuskulären Skoliosen, die in einem Risser-Stadium 1 operiert worden waren. Die signifikante Zunahme des Skoliosewinkels und der Rotation wurde als Folge einer fehlenden Fusion der Wachstumszonen sowie der verbleibenden Jahre des Wachstums bis zur Skelettreife beschrieben.

Shufflebarger u. Clark [42] führten bei 8 als Risikogruppe eingeschätzten Patienten [mittleres Alter 12 (10,5–12,5) Jahre, 6 Patienten mit Risser-Stadium 0, 2 Patienten mit Risser-Stadium 1] prophylaktisch eine ventrale Fusion durch, wonach sich kein „Crankshaft-Phänomen“ entwickelte. Lee u. Nachemson [26] beschrieben in einer retrospektiven Untersuchung nach dorsaler Instrumentation bei 63 Patienten mit Risser-Zeichen 0 und einer mittleren postoperativen Beobachtungszeit von 9,8 Jahren als Progredienzfaktor für das „Crankshaft-Phänomen“ ein Alter von unter 10 Jahren. Roberto et al. [37] gaben eine direkte Abhängigkeit des Auftretens des „Crankshaft-Phänomens“ von der Skelettreife an und schlugen eine kombinierte dorsoventrale Operation bei jungen Patienten vor. Hamill et al. [15] hingegen fanden bei

keinem von 14 Patienten mit idiopathischen Skoliosen [mittleres Alter 11 Jahre und 3 Monate (9/2–11/11)] nach durchgeführter dorsaler Fusion Hinweise auf eine postoperative Krümmungszunahme. Die nicht einheitlichen Beurteilungen über die Häufigkeit des Auftretens eines „Crankshaft-Phänomens“ bei der alleinigen dorsalen Fusion von sehr jungen Patienten (Risser-Stadien 0 oder 1) lassen gegenwärtig keine abschließende Bewertung zu.

Diskussion

Die problematische Beurteilung von Progredienzkriterien und den sich daraus ableitenden Schlussfolgerungen im Hinblick auf konservative oder operative Behandlungsmaßnahmen werden aus den vorherigen Ausführungen deutlich. Vergleiche von im Hinblick auf Alter und Ausgangswinkel nicht äquivalenten Patientengruppen führen zu inkorrekten Rückschlüssen im Hinblick auf die „natural history“ der idiopathischen Skoliose. Bewertungen hinsichtlich der Vergleichbarkeit von Spontanverläufen der idiopathischen Skoliose lassen sich nur bei Anwendung einer standardisierten Röntgentechnik treffen. Alleinige a.-p.-Liegendenaufnahmen und Röntgenaufnahmen, die keine Beurteilung des Risser-Zeichens zulassen, sind als diagnostische Maßnahme zur Bestimmung des realen Skolioseausmaßes, der Wirbelsäulenrotation sowie des Skeletalters ungeeignet.

Eine im Stehen angefertigte seitliche Wirbelsäulenröntgenanzufnahme gestattet bereits frühzeitig die Beurteilung einer pathologischen Veränderung des sagittalen Wirbelsäulenaufbaus, so z. B. einer lordotischen Einstellung der Brustwirbelsäule bei der Thorakalskoliose und ist damit ebenfalls nützlicher Bestandteil einer prädiktiven Aussage einer zu erwartenden Krümmungszunahme.

Eine Krümmungsprogredienz ist nach gegenwärtigem Wissen abhängig von dem Ausmaß der vorhandenen Deformierung in allen Raumebenen (frontaler und sagittaler Wirbelsäulenaufbau, Wirbelsäulenrotation), dem Röntgenbefund, der Krümmungsrigidität, der Skelettreife, dem Patientenalter, dem Geschlecht, der familiären Skoliosebelastung sowie der Krümmungslokalisation.

Dementsprechend beschrieben Soucacos et al. [43] in einer prospektiven Studie als Progredienzfaktoren neben dem Geschlecht insbesondere die Krümmungslokalisation (rechtskonvexe Thorakalskoliosen und doppelbogige Skoliosen), vorhandene Reifezeichen, das Alter und das Krümmungsausmaß ($>30^\circ$).

Die heute zur Verfügung stehenden Orthesen haben deutliche Fortschritte in der konservativen Behandlung von idiopathischen Skoliosen zur Folge gehabt. Bei nachgewiesener Krümmungsprogredienz ist eine Orthesentherapie im Wachstumsalter bei einem Skoliosewinkel von $20\text{--}40^\circ$ indiziert. Effektivere Korrekturen und ein verbesserter Tragekomfort haben die Akzeptanz dieses orthopädiotechnischen Hilfsmittels verbessert.

Therapieziel der modernen Derotationsorthesen muss aber eine Korrektur der Skoliosekrümmung von 30–50 % innerhalb von 3 Monaten sein. Das Versagen der Orthesenbehandlung bei primär unzureichender Korrektur wurde u. a. von Noonan et al. [34] beschrieben. Patienten ohne Krümmungsverschlechterung wiesen eine Korrektur in der Orthese von 20° auf, während in der Gruppe der Therapieversager eine mittlere Korrektur von 8° zu beobachten war. Dabei sind die Ergebnisse bei Verwendung von Polyäthylenorthesen günstiger als bei dem Gebrauch der Milwaukee-Orthese. Howard et al. [21] berichteten nach dem Vergleich von 170 Patienten mit unterschiedlicher Orthesenversorgung und Abschluss der Behandlung (45 thorakolumbosakrale Orthesen, 95 Charleston- und 35 Milwaukee-Korsette), dass die mittlere Krümmungsprogredienz bei den thorakolumbosakralen Orthesen mit $1,1^\circ$ deutlich geringer als bei der Charleston ($6,5^\circ$) und der Milwaukee-Orthese ($6,3^\circ$) ausfiel.

In gleicher Weise verhielten sich die Krümmungszunahmen über 10° (14 % bei den Thorakolumbosakralorthesen, 28 % bei Verwendung des Charleston- und 43 % bei Gebrauch des Milwaukee-Korsetts). Zu einem vergleichbaren Ergebnis kamen Katz et al. [23] in einer Untersuchung von Patienten (Risser-Stadien 0, 1 und 2, idiopathische Skoliosen von $25\text{--}45^\circ$), die bis zu dem Wachstumsende beobachtet wurden. Bei Krümmungen von $36\text{--}45^\circ$ wiesen 83 % der mit der Charleston-Orthese und

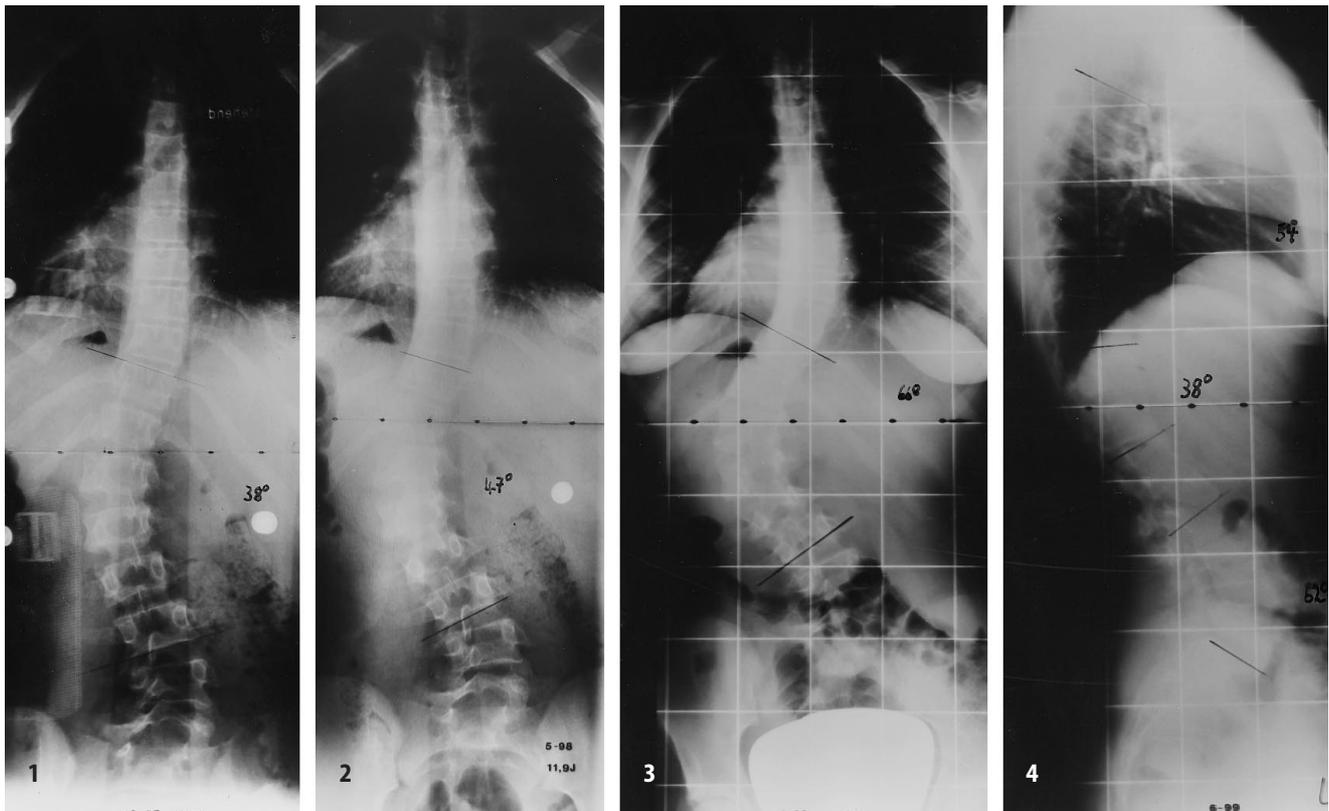


Abb. 1 ▲ Im Alter von 10 Jahren wird bei einem Mädchen eine linkskonvexe Thorakolumbalskoliose von 43° festgestellt. Das a.-p.-Röntgenbild (12.97) der dann 11,4-jährigen Patientin zeigt in der Orthese eine Aufrichtung der linkskonvexen Thorakolumbalskoliose auf 38° ; die Korrektur beträgt nur ca. 10% und liegt weit von dem geforderten Korrekturumfang von 30–50% entfernt. Das Risser-Zeichen ist in dieser Fremdaufnahme aufgrund der Aufnahmetechnik nicht zu beurteilen. Auf die Anfertigung eines seitlichen Röntgenbildes wurde verzichtet. Zu diesem Zeitpunkt ist die Menarche noch nicht eingetreten

Abb. 2 ▲ Die a.-p.-Kontrollröntgenaufnahme (05.98) zeigt innerhalb von 6 Monaten eine Zunahme des Skoliosewinkels auf 47° , obwohl die Orthese konsequent getragen wurde. Das Mädchen ist zu diesem Zeitpunkt 11 Jahre und 9 Monate alt. Erneut wurde auf die Anfertigung eines seitlichen Röntgenbildes verzichtet, das Risserzeichen ist nicht einsehbar. Die konservative Skoliosebehandlung wird fortgesetzt trotz der deutlichen Progredienz der Krümmung sowie der Rotation in der Orthese und der Zunahme der Wirbelkörperrotation

Abb. 3 ▲ In 06.99 ergibt sich im Alter von 12 Jahren und 10 Monaten nach 3-monatiger Abschulung von der Orthese, nachdem die Menarche im Alter von 11 Jahren und 10 Monaten eintrat, eine weitere Krümmungszunahme auf 66° . Erneut ist es zu einer Zunahme der Rotation und des Krümmungswinkels gekommen

Abb. 4 ▲ In der angefertigten seitlichen Röntgenaufnahme besteht eine erhebliche Fehlstellung des sagittalen Wirbelsäulenaufbaus. Der thorakale Kyphosewinkel (Th4–12) beträgt 54° , der Winkel der lumbalen Lordose (L1–S1) beträgt 62° . Im thorakolumbalen Übergang ist ebenfalls eine pathologische Kyphosierung nachweisbar, der gemessene Winkel beträgt 38° (Th10–L2)

43% der mit der Boston-Orthese behandelten Patienten eine Progredienz von über 5° auf.

Weber et al. [46] beschrieben bei Verwendung des Wilmington-Korsetts eine deutliche Abhängigkeit der erzielten Korrektur von Ausgangswinkel, Skelettreife, Lebensalter und Wirbelkörperrotation. Eigene Untersuchun-

gen zeigten ebenfalls höhere Korrekturverluste nach der Korsettabschulung bei Krümmungen über 30° , während Skoliosen zwischen $20\text{--}30^\circ$ eine bleibende Aufrichtung aufwiesen. Eine Zunahme der Skoliose und der Rotation während der Orthesentherapie (Abb. 1, 2, 3, 4) führt zu einem hohen Maß an Therapiefehlschlägen [45].

Zusammenfassend ist bei Skoliosewinkeln über 40° in der Wachstumsphase eine Korsettversorgung nur in Einzelfällen sinnvoll. Dieses gilt besonders für infantile und juvenile idiopathische Skoliosen, bei denen noch relativ viel Längenwachstum zu erwarten ist und deren Flexibilität und damit mögliche Primärkorrektur in der Orthese höher sind. Sachliche Gründe stehen der Fortführung einer Orthesentherapie bei einer Adoleszentskoliose über 40° entgegen, da eine wirksame Orthesentherapie durch die aufgeführten Punkte begrenzt wird:

- Das von Bunnell [3] angegebene Progredienzrisiko widerspricht der Behandlung mit einem bei einem ausgeprägten Skolioseausmaß unwirksamen Hilfsmittel. Ein evtl. gewonnener Zeitaufschub ist nur bei Kleinstkindern und Kindern, bei denen eine frühe Operation zu Wachstumsstörungen oder dem „Crankshaft-Phänomen“ führen kann, sinnvoll. Die Krümmungsprogredienz schwerer Skoliosen wird nicht aufgehalten, so dass nach Jahren konsequenter, aber letztlich erfolgloser Orthesentherapie dann doch die Operation notwendig wird.

- ▶ Korrigierende Kräfte erreichen bei erheblichen skelettären Veränderungen nur in unzureichendem Maß die Wirbelsäule. Krümmungen über 35° weisen geringere Korrekturen als leichte Skoliosen auf, die geforderte Krümmungsaufrichtung von 30–50% in der Orthese kann kaum erreicht werden.
- ▶ Der laterale Pelottendruck kann im Thorakalbereich bei höhergradigen Lordoskoliosen und ausgeprägter Wirbelrotation zu einem zusätzlichen, lordosierenden und damit die Krümmung verstärkenden Effekt führen.

Auf der anderen Seite müssen die Operation und ihre eventuellen Folgen ebenfalls einer kritischen Betrachtung unterzogen werden. Sachliche Gründe sprechen für die frühe Operation. Das neurologische Risiko ist bei leichten, flexiblen Krümmungen geringer als bei fortgeschrittenen, rigiden Skoliosen (0,75%, [2]) bei insgesamt reduziertem Gesamtrisiko während der beiden letzten Jahrzehnte (0,3%, [49]).

Einbogige Krümmungen weisen eine kürzere Operationszeit und ein geringeres Blutungsrisiko auf, Fremdblutgaben sind im Vergleich zu doppelbogigen Skoliosen seltener. Die Behandlung flexibler Skoliosen geht mit einer Verkürzung der Krankenhausbehandlung einher, notwendige Haloextensionsbehandlungen mit ihren Risiken werden eingeschränkt. Beispiele aus den Universitätskliniken Münster und Mainz belegen dies [Hopf et al. [19]: 1969–1989: 426 Patienten (Harrington-Verfahren); Ausgangswinkel 80,8° (einbogige Skoliose), Haloextension bei 173, Extensionsgips bei 62 Patienten, Verweildauer 2,8 Monate. 1987–1992: 150 Patienten (CD-Verfahren), Ausgangswinkel 63,2°, Haloextension bei 13 Patienten, Verweildauer 25 Tage].

Geringgradige Skoliosen können abhängig von der Lokalisation kurzstreckig fusioniert werden, ausgeprägte Krümmungen erfordern oft auch die Instrumentation der kompensatorischen, strukturellen Gegenkrümmung, sodass 2 Operationen mit doppeltem Risiko durchgeführt werden müssen. Langstreckige Fusionen bis L4 oder L5 aber belasten die verbleibenden, frei beweglichen Wirbelbogengelenke mit dem Effekt einer frühzeitigeren Spon-

dyarthrose und nachfolgenden Operationen.

Das von Dubousset et al. [8] erstmals beschriebene „Crankshaft-Phänomen“ weist aber auf die Grenzen einer frühzeitigen, dorsalen Operation bei Patienten in den Risser-Stadien 0 und 1 hin. Die wachstumsbedingte, signifikante Zunahme des Skoliosewinkels und der Rotation nach dorsaler Fusionsoperation muss sorgfältig in die Überlegungen einbezogen werden.

Die uneinheitlichen Beurteilungen [15, 26, 37, 42] über die Frequenz des Auftretens und die notwendigen, operativen Konsequenzen lassen gegenwärtig keine eindeutige Bewertung zu. Eine temporäre Orthesenversorgung bis zum Erreichen des Risser-Stadiums 2, allerdings in dem Wissen um eine zu erwartende Krümmungsprogredienz mit nachfolgender Operation sowie entsprechender Information der Eltern, muss bei Patienten in dieser Altersgruppe und Skoliosen unter 50° erwogen werden.

Literatur

1. Brooks HL, Azen SP, Gerberg E, Brooks R, Chan L (1975) Scoliosis: A prospective epidemiological study. *J Bone Joint Surg Am* 57: 968–972
2. Bunnel WP (1979) Treatment of idiopathic scoliosis. *Orthop Clin North Am* 10: 4
3. Bunnel WP (1988) The natural history of idiopathic scoliosis. *Clin Orthop* 229: 20
4. Carr WA, Moe JE, Winter RB, Lonstein JE (1980) Treatment of idiopathic scoliosis with the Milwaukee brace. *J Bone Joint Surg Am* 62: 599–612
5. Cobb JR (1948) Outline for the study of scoliosis. *Am Acad Orthop* 5: 261–264
6. Cochran T, Nachemson AL (1985) Longterm anatomic and functional changes in patients with adolescent idiopathic scoliosis treated with the Milwaukee brace. *Spine* 10: 127–133
7. DiRaimondo, CV, Green, NE (1988) Brace-wear compliance in patients with idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop* 8: 143–146
8. Dubousset J, Herring JA, Shufflebarger H (1989) The „crankshaft“ phenomenon. *J Pediatr Orthop* 9: 540–550
9. Edelmans P (1992) Brace treatment in idiopathic scoliosis. *Acta Orthop Belg* 58 [Suppl 1]: 85–90
10. Edmonson AS, Morris JT (1973) Follow-up study of Milwaukee brace, treatment in patients with idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 55: 439
11. Emans JB, Kaelin A, Bancel P, Hall JE, Miller ME (1986) The Boston bracing system for idiopathic scoliosis. *Spine* 11: 792–801
12. Goldberg EJ, Dowling FE, Hall JE, Emans JB (1993) A statistical comparison between natural history of idiopathic scoliosis and brace treatment in skeletally immature adolescent girls. *Spine* 18: 902–908
13. Grill F, Chneau J (1982) Erfahrungen mit der Chneau-Münster-Orthese. In: Meznik F, Böhler U (Hrsg) Die Skoliose, Bd. 5. M-L-Verlag, Uelzen, S 1
14. Hall JE (1984) Endergebnisse der Behandlung der Skoliose mit dem Boston Brace. Vortrag, gehalten anlässlich eines Fortbildungskurses in Amsterdam, am 08. 10. 84
15. Hamill CL, Bridwell KH, Lenke LG, Chapman MP, Baldus C, Blanke K (1997) Posterior arthrodesis in the skeletally immature patient. Assessing the risk for „crankshaft“: is an open triadial cartilage the answer? *Spine* 15: 1343–1351
16. Heine J, Götze HG (1985) Endergebnisse der konservativen Behandlung der Skoliose mit der Milwaukee Orthese. *Z Orthop* 123: 323–337
17. Hopf C, Heine J (1985) Langzeitergebnisse der konservativen Behandlung mit der Chneau Orthese. *Z Orthop* 123: 312–322
18. Hopf C, Sandt E, Heine J (1989) Die Progredienz unbehandelter idiopathischer Skoliosen im Röntgenbild. *RöFo* 151: 311–316
19. Hopf C, Broy C, Karbowski A, Matthiaß HH (1994) Harrington versus CD – Vergleich der Ergebnisse. *Orthop Prax* 11: 737–742
20. Hopf C, Edelmans P, Eysel P (1996) Die konservative Orthesenbehandlung bei idiopathischen Skoliosen – Indikation und Therapiegrundsätze. *Dtsch Arztebl A* 93: 1493–1496
21. Howard A, Wright JG, Hedden D (1998) A comparative study of TLSO, Charleston and Milwaukee braces for idiopathic scoliosis. *Spine* 15: 2404–2411
22. James JJ (1954) Idiopathic scoliosis: The prognosis, diagnosis and operative indications related to curve patterns and the age onset. *J Bone Joint Surg Br* 36: 36
23. Katz DE, Richards BS, Browne RH, Herring JA (1997) A comparison between the Boston brace and the Charleston bending brace in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 15: 1302–1312
24. Keiser RP, Shufflebarger HL (1976) The Milwaukee brace in idiopathic scoliosis. *Clin Orthop* 118: 19–24
25. Laurnen EL, Tupper JW, Mullen MP (1983) The Boston brace in thoracic scoliosis. *Spine* 8: 388–395
26. Lee CS, Nachemson AL (1997) The „crankshaft“ phenomenon after posterior Harrington fusion in skeletally immature patients with thoracic or thoracolumbar idiopathic scoliosis followed to maturity. *Spine* 22: 58–67
27. Lonstein JE, Carlson JM (1984) The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth. *J Bone Joint Surg Am* 66: 1061–1071
28. Lonstein JE, Winter RB (1994) The Milwaukee brace for the treatment of adolescent idiopathic scoliosis. A review of one thousand and twenty patients. *J Bone Joint Surg Am* 76: 1207–1221

29. MacEwen GD, Bunnell WP, Sriram K (1975) Acute neurologic complications in the treatment of scoliosis: A report of the Scoliosis Research Society. *J Bone Joint Surg Am* 57: 404–408
30. Matthiaß HH, Lucas H, Benkelberg B (1979) Erste Erfahrungen mit der Derotationsorthese von Chneau. *Med Orthop Techn* 64: 2
31. Moe JH, Kettleson DN (1970) Idiopathic scoliosis. Analysis of curve patterns and the preliminary results of Milwaukee brace treatment in 169 patients. *J Bone Joint Surg Am* 52: 1509–1533
32. Nachemson A, Peterson LE (1995) Effectiveness of treatment with a brace in girls who have ado-lescent idiopathic scoliosis. A prospective, controlled study based on data from the brace study of the Scoliosis Research Society. *J Bone Joint Surg Am* 77: 815–822
33. Nakakohji T (1994) Sagittal spinal flexibility in patients with idiopathic scoliosis. *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi* 68: 1033–1043
34. Noonan KJ, Weinstein SL, Jacobson WC, Dolan LA (1996) Use of the Milwaukee brace for progressive idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 78: 557–567
35. Peterson LE, Nachemson AL (1995) Prediction of progression of the curve in girls who have ado-lescent idiopathic scoliosis of moderate severity. Logistic regression analysis based on data from the Brace Study of the Scoliosis Research Society. *J Bone Joint Surg Am* 77: 823–827
36. Ponsseti IV, Friedmann B (1950) Prognosis in idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 32: 381
37. Roberto RF, Lonstein JE, Winter RB, Denis F (1997) Curve progression in Risser stage 0 or 1 patients after posterior spinal fusion for idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop* 17: 718–725
38. Robinson CM, McMaster MJ (1996) Juvenile idiopathic scoliosis. Curve patterns and prognosis in one hundred and nine patients. *J Bone Joint Surg Am* 78: 1140–1148
39. Rogala EJ, Drummond DS, Gurr J (1978) Scoliosis incidence and natural history. A prospective epidemiological study. *J Bone Joint Surg Am* 60: 173–176
40. Sahlstrand T, Lidstroem J (1980) Equilibrium factors as predictors of the prognosis in adolescent idiopathic scoliosis. *Clin Orthop* 152: 232–236
41. Scott JC, Morgan TH (1963) The natural history and prognosis of infantile idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 45: 587
42. Shufflebarger HL, Clark CE (1991) Prevention of the “crankshaft” phenomenon. *Spine* 16: 5409–5411
43. Soucacos PN, Zacharis K, Gelalis J et al. (1998) Assessment of curve progression in idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* 7: 270–277
44. Tanner TM, Whitehouse RH, Takaishi M (1966) Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British Children I and II. *Arch Dis Child* 41: 454–471
45. Upadhyay SS, Nelson IW, Ho EK, Hsu LC, Leong JC (1995) New prognostic factors to predict the final outcome of brace treatment in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 20: 537–545
46. Weber M, Birnbaum K, Weber M, Niethard FU (1999) Primärkorrektur der Skoliose mit dem Wilmington Korsett. *Z Orthop* 137: 1173–1180
47. White AA, Panjabi A (1976) The clinical biomechanic of scoliosis. *Clin Orthop* 118: 101
48. Willers U, Normelli H, Aaro S, Svensson O, Hedlund R (1993) Longterm results of Boston brace treatment on vertebral rotation in idiopathic scoliosis. *Spine* 18: 432–435
49. Winter RB (1997) Spine update: Neurologic safety in spinal deformity surgery. *Spine* 22: 1527–1533
50. Zaoussis A, James JIP (1958) The iliac apophysis and the evolution of curves in scoliosis. *J Bone Joint Surg Br* 40: 442

In den vergangenen Wochen erreichten uns die unten aufgeführten Neuankündigungen. Ausgewählte Titel werden in nächster Zeit besprochen.

B. Wilde, R. Baumgartner
Physiotherapie und Sport nach Beinamputationen
Stuttgart, New York: Thieme, 1999. 226 S., 268 Abb., 578 Einzeldarst., (ISBN 3-13-124071-7/692), kart., DM 99,–

W. Rief, N. Birbaumer
Biofeedback-Therapie
Stuttgart, New York: Schattauer, 2000. 256 S., 68 Abb., 40 Tab., (ISBN 3-7945-1968-X), geb., DM 69,–

H.-H. Rüschemann, A. Roth, C. Krauss
Vernetzte Praxen auf dem Weg zu managed care?
Stuttgart, New York: Springer, 2000. 349 S., 182 Abb., (ISBN 3-540-66467-X), geb., DM 198,–

A. Reichelt
Orthopädie Ein Praxisbuch
Darmstadt: Steinkopff, 2000. 360 S., 421 Abb., geb., (ISBN 3-7985-1226-4), DM 148,–

H. Reichel, H. Zwipp, W. Hein
Wirbelsäulenchirurgie
Darmstadt: Steinkopff, 2000. 305 S., 142 Abb., (ISBN 3-7985-1225-6), brosch., DM 98,–