
Expertenmeinung: Physiotherapie bei Skoliosen

Prof. Dr. Carol-Claudius Hasler, Universitätskinderhospital beider Basel

1 Einleitung

Die skoliotische Verbiegung der Wirbelsäule im Wachstumsalter gehört aus orthopädischer Sicht aus mehreren Gründen zu den therapeutisch *komplexesten* Krankheitsbildern des Bewegungsapparates:

- Die Gründe für die Entstehung (Ätiologie) sind weitgehend unverstanden (idiopathisch)
- Bei der resultierenden Deformität handelt es sich nicht wie häufig angenommen nur um eine seitliche Verkrümmung, sondern um eine komplexe dreidimensionale Deformität
- Die Krümmungsmuster (betroffene Abschnitte, Ausmass und Flexibilität) sind von Patient zu Patient sehr unterschiedlich
- Das fortschreitende Wachstum stellt den gewichtigsten Risikofaktor für eine Zunahme der Krümmung dar und bedingt entsprechende Anpassungen der Therapiekonzepte und -inhalte und allfälliger Hilfsmittel (Korsette)
- Mit operativer Korrektur von fortgeschrittenen Skoliosen (Cobb-Winkel $>45-50^\circ$) wird der betroffene Wirbelsäulenabschnitt instrumentiert und versteift (spondylo-desiert).

In den nachstehenden Abschnitten wird die Häufigkeit, Entstehung und der natürliche Verlauf von Skoliosen im Wachstumsalter dargestellt und auf die anforderungsreichen physiotherapeutischen Inhalte eingegangen.



2 Definition

Eine Skoliose wurde von der Scoliosis Research Society¹ definiert als Seitverbiegung der Wirbelsäule von mehr als 10° Cobb-Winkel.

Neben diesem Formverlust in der Frontalebene, ergibt sich jedoch im Sinne einer *komplexen dreidimensionalen Deformität*, auch eine Abflachung des sagittalen Profils (Seitansicht), wie auch eine besonders augenfällige Rotation mit Ausbildung eines Rippenbuckels bei Skoliose der Brustwirbelsäule, respektive eines Lendenwulstes, wenn die Lendenwirbelsäule betroffen ist.

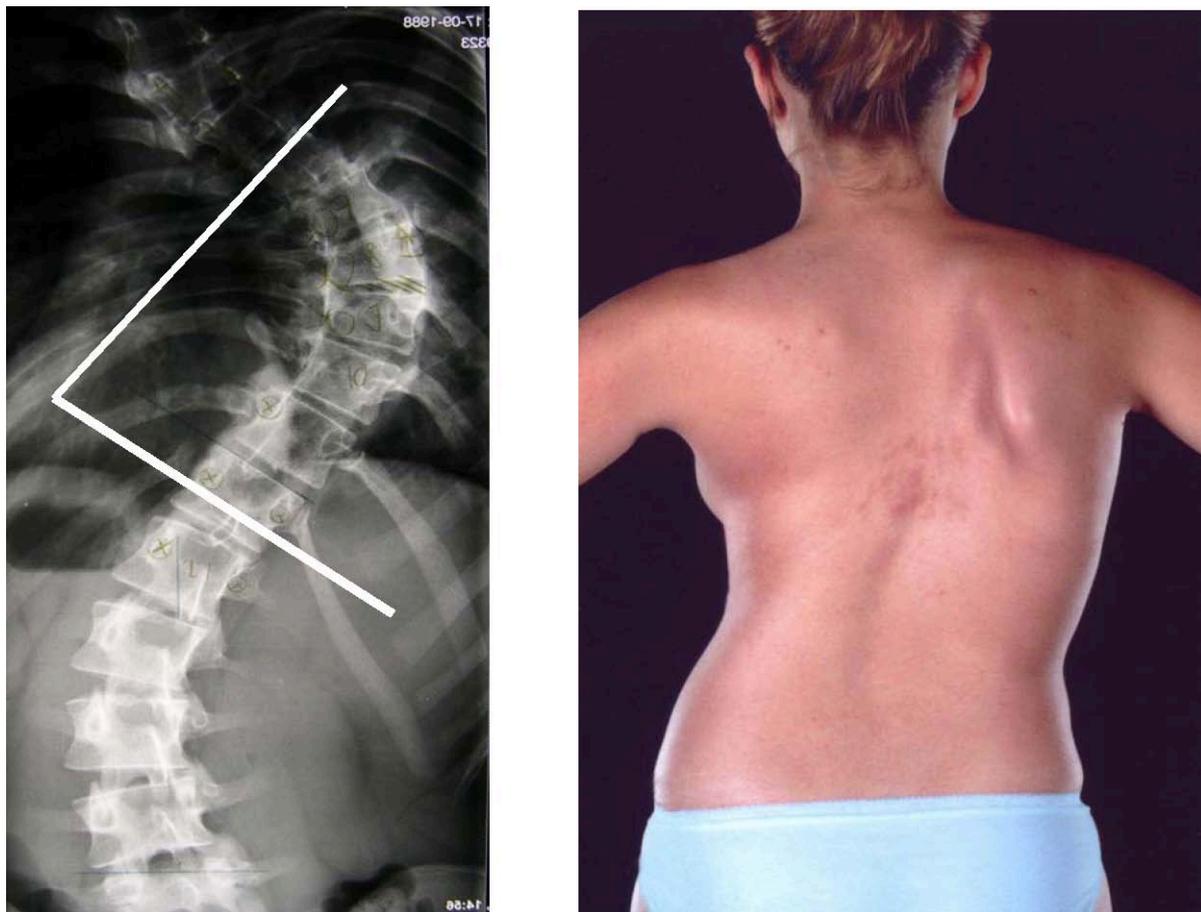


Abbildung 1: 14-jährige Patientin mit S-förmiger idiopathischer Adoleszentenskoliose, Cobb-Winkel fast 90°, dreidimensionale Rumpfesintegration.

In über 90% der Skoliosen handelt es sich um sogenannte „idiopathische“ Verkrümmungen, was bedeutet, dass man die Entstehungsursache nicht kennt. Den restlichen 10% Skoliosen liegen angeborene (congenitale) Störungen (Formations- und Segmentationsstörungen), neurogene Ursachen (Cerebralpareesen, Myelomeningocelen usw.) oder andere Erkrankungen zugrunde (Myopathien, Bindegewebserkrankungen).



Idiopathische Skoliosen: in Abhängigkeit des Alters bei Erstentdeckung spricht man von *infantiler (0-4 Jahre)*

juveniler (>4-10 Jahre)

adoleszenter (>10 Jahre) idiopathischer Skoliose. Diese machen über 90% der idiopathischen Skoliosen aus.



Abb.2: Identische Patientin wie in Abb1 beim Vornüberneige-Test zur Visualisierung der rotatorischen Deformität (Rippenbuckel)

3 Häufigkeit von idiopathischen Adoleszentskoliosen

Bei 2% von 26947 12-14-jährigen high school StudentInnen wurden Skoliosen gefunden [26]. Bei 16-jährigen Mädchen beträgt die Inzidenz 3 bis 4% für Kurven $>10^\circ$ Cobb-Winkel und 0.5% für Kurven $>20^\circ$ Cobb-Winkel [7, 20, 35].

Das Verhältnis weiblich / männlich variiert mit der Grösse der Kurve: für kleine Kurven beträgt es 1:1, hingegen für Kurven $>20^\circ$ 4:1 und beträgt bei behandlungsbedürftigen Kurven gar 7:1 [26].

In der Schweiz umfasst die Population der 11-15 jährigen Mädchen cirka 190'000 bis 200'000 Individuen, das heisst pro Jahrgang cirka 40'000¹.

4 Entstehung (Pathogenese)

Den idiopathischen Adoleszentskoliose ist ein Missverhältnis zwischen vorderem und hinterem Wirbelsäulenwachstum gemeinsam. Dieses pathogenetische Prinzip wird auch „reversed Scheuermann“ genannt [10]. Dies bestätigt auch eine neuere Studie mittels Magnetresonanztomographie [13]. Frühere Vermessungen an Skeletten mit Skoliosen haben eine relative Verkürzung des Spinalkanals im Vergleich zur Länge der vorderen Säule ergeben.

¹ Volkszählung 2000 www.statistik.admin.ch/stat_ch/ber00/vz/cc/demographie.xls / Bundesamt für Statistik www.statistik.admin.ch/index.htm



Die Unterlänge des Spinalkanals wird als Folge des relativen ventralen Überwachstums gewertet [8, 9, 15]. Diesem entkoppelten Wachstum (uncoupling of neuro-osseous growth) zwischen Spinalkanal, und Wirbelkörpern wird als möglicher ätiologischer Faktor eine vermindertes Wachstum des Rückenmarks zugeordnet [23]. Das vermehrte vordere Wirbelsäulenwachstum kann auch durch repetitive Überstreckung forciert werden. Bei professionellen rhythmischen Gymnastikerinnen wurde eine 10 Mal höhere Inzidenz von Skoliosen beobachtet [28]. Die weitere Progression ist im wesentlichen Folge des Kräftesystems, welches aus den geometrischen und morphologischen Charakteristiken der Skoliose resultiert [29]. Posterolateral des Spinalkanals, in der Konkavität der Krümmung, ist die Wirbelsäule am kürzesten. Diese veränderten Wachstumsmuster resultieren in einer dreidimensionalen Deformität: apikale Lordose (Sagittalebene), axiale Rotation (Transversalebene) und Seitverbiegung (Frontalebene) [6, 8, 10, 27]. Dieses Konzept wird auch „rotational lordosis“ genannt [27]. Asymmetrisches Pedikelwachstums als das primum movens sieht die daraus hervorgehende Rotationsfehlstellung als Primärdeformität [25]. Tatsächlich finden sich Pedikelasymmetrien an apexnahen Wirbeln. Diese können jedoch auch Folge von sekundären inhibitorischen Wachstumsstörungen sein aufgrund der asymmetrischen Druckverhältnisse. Der mechanische Druck durch die Schwerkraft ist konkavseitig grösser. Die Druckspitze lokalisiert sich etwa in die Grenzzone zwischen Neurozentralem Knorpel und knorpeliger Endplatte. Basierend auf einer schon über 140 Jahren alten Erkenntnis, dem Hueter-Vokmann-Gesetz, reagiert eine Wachstumszone auf Druck mit Aktivitätshemmung und vice versa [16, 30]. Daraus ergibt sich die alters- und Winkelabhängige Progressionsdynamik von Skoliosen, die mit zunehmendem Cobb-Winkel zu asymmetrischen Druckverhältnissen, Wachstumsstörungen mit Wirbeldeformitäten, weitere Winkelzunahme usw. führt.

5 Natürlicher Verlauf

5.1 Definition der Progression

Zunahme des Cobb-Winkels um 5° oder mehr zwischen zwei aufeinander folgenden Röntgenaufnahmen.

5.2 Progressionsrisiko

Das Progressionsrisiko einer Skoliose ist während des Wachstums am höchsten [2, 4, 11, 18, 24, 32]. In einer Studie, welche 26947 12-14-jährige High School Studenten umfasste, zeigten 15.4% der Mädchen mit einem initialen Cobb-Winkel >10° eine Progression zu einem Winkel >20°, während bei 79% der Mädchen mit initialen Werten von 20-30° eine Zunahme zu beobachten war [26]. Das Risiko der Kurvenzunahme steigt bei Cobb-Winkeln über 20-30° deutlich an und ist vor allem bei thorakalen Kurven hoch. In einer longitudinalen Studie mit 120 Patienten verzeichneten 88% der Patienten mit Cobb-Winkel über 30° eine Verschlechterung gegenüber lediglich 4% bei Winkel unter 30° [18]. Die Gesamtinzidenz der Zunahmen war in einer anderen Studie 23.2 [19]. Angesichts dieses erheblichen Risikos einer Zunahme bei den genannten Alters- und Winkelkonstellationen ergeben sich die entsprechenden Indikationen zum physiotherapeutischen Vorgehen, gegebenenfalls kombiniert mit einer Korsetttherapie.



5.3 Einschätzen des Progressionsrisikos

Es besteht eine direkte Korrelation zwischen *Ausmass der Skoliose* und dem Progressionsrisiko, sowie zwischen *Wirbelsäulen-Restwachstum* und dem Progressionsrisiko. Während das Ausmass der Skoliose mit einer einfachen Winkelmessung auf einem Standard-Röntgenbild bestimmt wird, ist das Abschätzen des Wachstumspotentials komplexer. Folgende Parameter müssen integrativ beurteilt werden:

Wirbelsäulen-Wachstum: In der Pubertät findet in engem zeitlichen Zusammenhang mit dem Auftreten der ersten Regelblutung bei den Mädchen (Menarche) respektive dem Stimmbruch bei den Knaben der Wirbelsäulenwachstumsspur statt. Diese Hochrisikophase für ein Fortschreiten der Verkrümmung erstreckt sich über einen Zeitraum von cirka 2 Jahren.

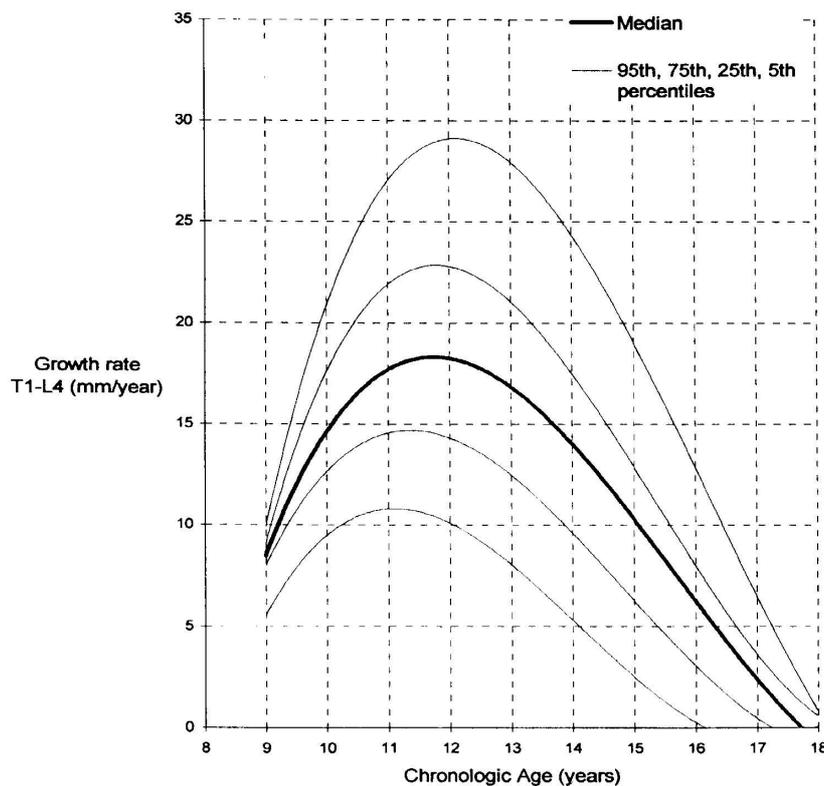


Abb.3: Wirbelsäulenwachstums-Geschwindigkeit in Abhängigkeit des Alters

Chronologisches Alter

Das *Knochenalter* ist von limitierter Aussagekraft, da sich der Wirbelsäulen-Wachstumsspur über 4 Knochenalter-Jahre erstreckt [1].

Risser Zeichen: Dabei handelt es sich um den Verknöcherungsgrad der Ileumapophyse (Wachstumsfuge am Beckenkamm). Das grösste Progressionsrisiko besteht bei den Verknöcherungsgraden 0 und I. Das Stadium Risser 0 ist am wenigsten definiert, da es sich nicht um ein abgrenzbares Intervall handelt [18].

Sekundäre Geschlechtsmerkmale wie Achsel-, Schambehaarung, Brustwachstum bei den Mädchen, Bartwuchs bei Knaben



In Abhängigkeit des *Kurvenmusters und –ausmasses* können Skoliosen auch nach Wachstumsende weiter fortschreiten:

- Das höchste Risiko weisen isolierte *thorakale und thorakolumbale* Skoliosen auf mit einer Zuwachsrate von bis zu 1° bei Ausgangswinkeln von 50-75° [3, 5, 12, 17, 31].
- *Rechtskonvexe lumbale* Krümmungen zeigen doppelt so oft Progressionen wie eine linkskonvexe. Ein hoher Beckenkamm mit einem tiefsitzenden 5. Lendenwirbel vermindert das Progressionsrisiko und umgekehrt [32].
- Skoliosen *unter 30° Cobb-Winkel* hingegen sind auch nach Wachstumsende stabil
- Die *apikale Rotation* ist ein weiterer Risikofaktor

Aus dem Wissen um das Risiko der Zunahme von Skoliosen über 45-50° nach Wachstumsende, ergeben sich die entsprechenden Empfehlungen zur operativen Korrektur und Stabilisierung (Versteifung = Spondylodese) dieser Krümmungen.

6 Konservative Therapie

In Abhängigkeit des Krümmungswinkels, -musters und des verbleibenden Wirbelsäulenwachstums wird eine alleinige physiotherapeutische Behandlung oder eine Kombination derselben mit einer redressierenden Korsett-Therapie indiziert.

6.1 Korsett-Therapie

Während der Hauptwachstumsphase sind Korsett bei Krümmungen von 20-40° mit bewiesener Progression (Zunahme >5°) bei noch vorhandenem Wachstum weiterhin der Goldstandard in der konservativen Skoliotherapie. Sie vermögen bei optimaler Fertigung und einer Tragzeit von über 20 Stunden pro Tag die Progression mit hoher Wahrscheinlichkeit aufzuhalten oder zumindest zu verlangsamen. Die höchste Erfolgsrate wird bei Mädchen mit flexiblen Krümmungen und wenig apikaler Rotation erzielt. Neben biologischen und biomechanischen Faktoren hängt das Resultat der Korsetttherapie ganz wesentlich vom der Compliance der Patienten ab. Angesichts der ganzen Pubertätsproblematik um Selbstvertrauen, äusserem Erscheinungsbild und Sozialdynamik ist die Motivation häufig ein limitierender Faktor.



6.2 Physiotherapie [14, 21, 33, 34]

Das Ziel der physiotherapeutischen Behandlung ist die funktionelle Stabilisierung der Krümmung mit Verhinderung der weiteren Progression der Skoliose unter fortschreitendem Wachstum (Vorbeugen von Sekundärschäden, Verhindern einer operativen Korrektur mit Versteifung).

Unter Berücksichtigung der komplexen Deformität sind folgende Teilaufgaben zu bewältigen, welche sich je nach Alter, Krümmungsausmass, Krümmungsmuster, Beweglichkeit, muskulärem Status, Grunderkrankungen, Compliance des Patienten usw. in unterschiedlicher, individueller Kombination präsentieren:

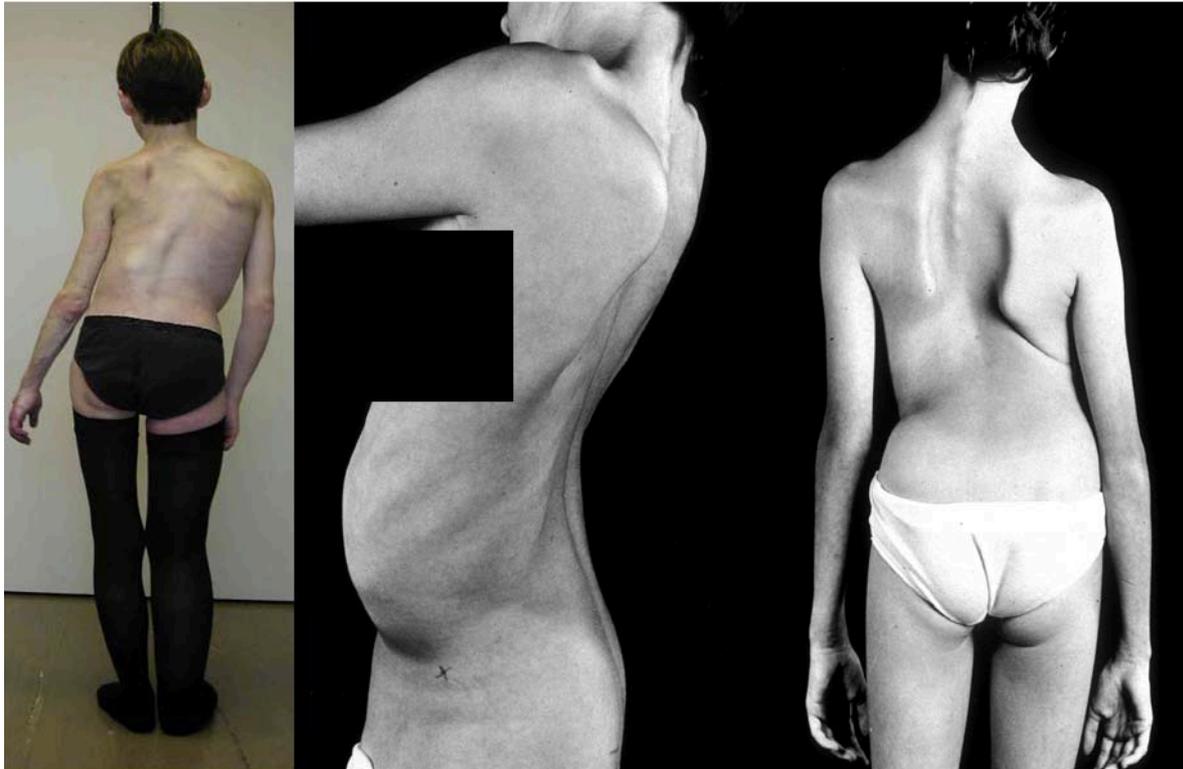


Abbildung 4: links: starker Lotverlust nach rechts. Abbildung rechts: dorsaler Überhang bei lumbaler Skoliose, deutliche Rumpfasymmetrie, Schulterdysbalance, Skapuladysharmonie.

Bestimmung des funktionellen Krümmungsmusters: Das standardisierte Erfassen der dreidimensionalen Deformität mit all ihren Facetten sollte unabdingbarer, initialer Bestandteil jeder Physiotherapie sein. Nur so lässt sich der zeitliche Verlauf erfassen und entsprechend die Übungsauswahl festlegen respektive durch Variation der Übungen unter Erhaltung/Verbesserung der Patientenmotivation effektiver intervenieren.

Verbesserung des *asymmetrischen Rückenprofils*, welches vornehmlich durch die Rotationsfehlstellung bedingt ist: Rippenbuckel, Lendenwulst, Tailenasymmetrie, Schulterhoch, -tiefstand, -protraktion, -rotation, Skapulafehlstand, Skapula alata, Beckenrotation, -torsion, -version.

Normalisierung des *sagittalen Profils*, welches meist abgeflacht ist

Erhaltung oder Wiederherstellung der sagittalen und frontalen *Balance* durch Korrektur der Lotabweichungen (Seitabweichungen, ventraler oder dorsaler Überhang)



Verbesserung der *Wirbelsäulenbeweglichkeit*, wobei auf die apikalen, rigiden *Bewegungssegmente* fokussiert werden soll.

Verbesserung der *Körperwahrnehmung und Rumpfkontrolle*. Das Faktum, dass es sich meist um pubertierende Mädchen mit sich schnell wandelndem Körperbewusstsein, -bild, -wahrnehmung handelt ist integrativ zu berücksichtigen

Instruktion und Supervision eines *Heimprogramms* inkl. Übungen vor Spiegel. Variation, Anpassen der Übungen zur Wahrung der *Compliance*.

Ateminstruktion, -übungen zur Korrektur der Krümmung

Wiederherstellen des *Muskelgleichgewichts* (u.a. Psoas, Einbezug von Arm, Bein, HWS usw.). Hier gilt es zu beachten, dass die Extremitäten bei allen Übungen miteinbezogen werden müssen, und zwar sowohl in ihrer dreidimensionalen Relation zum Rumpf als auch in der Art der Muskelaktivierung (isometrisch, -tonisch, Bewegungsamplitude, Frequenz, Anzahl Wiederholungen, Anzahl Sätze usw.). Unter dem fortschreitenden Wachstums kommt es zur stetigen Veränderung der Kraft- und Hebelverhältnisse sowohl im Bereich des Rumpfes als auch den Extremitäten und damit der biomechanischen Gesamtsituation.

Instruktion und Anschulung von krümmungsminderndem *Verhalten im Alltag*, Schule, Sitzen, Gehen, Stehen, Sport

Je nach Patientenalter Einbezug von *entwicklungskinesiologischen* oder *sensomoto-risch kinästhetischen* Verfahren

Verbesserung der *Herz-Kreislauffunktion* durch u.a. aerobes Training zum Beispiel auf dem Fahrradergometer oder Laufband.

Deformitätsspezifische Rückenschulung: Unterschiedlichste *Kurvenmuster* hinsichtlich Krümmungsverhalten, Ausmass, sagittalem Profil und Beweglichkeit bedingen differenzierte Therapien: Je nach Progressionsrisiko wird Physiotherapie als alleinige Methode angewandt oder in Kombination mit starren Korsetten (z.Bsp. Boston, Che-neau) oder flexiblen Systemen (Spine cor, Tria C). Im Rahmen einer redressierenden Korsetttherapie werden Übungen mit und ohne Orthese instruiert, wobei die Therapeutin über die verschiedenen Funktionsweisen und Behandlungsphilosophien Bescheid wissen muss. Als wichtiges Bindeglied zum behandelnden Orthopäden und dem Orthopädietechniker deckt die Physiotherapeutin aufgrund ihres häufigeren Patientenkontaktes frühzeitig Probleme wie Druckstellen, falsche Applikation, Materialdefekte usw. bei einer Korsett-Therapie auf.

Prävention von negativen Sekundäreffekten, zum Beispiel asymmetrischer Einsatz von Extremitäten, Muskelverkürzungen, -schwächen im Schulter und Hüftbereich (zum Beispiel M.iliopsoas).

Von enormer Bedeutung ist jedoch auch die Rolle der *empathischen Ansprechpartnerin* für Patient und Eltern. Häufig werden in Physiotherapie-Sitzungen von Patienten Probleme verbalisiert, die in einer ärztlichen Sprechstunde nur ungenügend Beachtung gefunden haben.

Die *Wirksamkeit* von physiotherapeutischen Übungen hängt wesentlich von der täglichen Trainingszeit ab. Ein deutlicher Korrektur- und Behandlungseffekt ist bei geringen Krümmungen bei mehr als 30min selbständigen täglichen Beüben zu erwarten, bei mittleren und grossen Krümmungen (Mehrzahl der Patienten!) entsprechend mehr. Physiotherapeutisch assistierte Einheiten sollten im ambulanten Bereich 2-3x wöchentlich durchgeführt werden, der *Zeitaufwand* ergibt angesichts der Behandlungskomplexität in der Regel weit mehr als 45min.



Dauer der Behandlung: Die Physiotherapie muss bis zum Ende des Wirbelsäulenwachstums-Schubes durchgeführt werden, was in den meisten Fällen einer mehrjährigen Behandlung gleichkommt.

7 Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung der Komplexität des Krankheitsbildes „Skoliose“ und aller genannter Parameter macht nur eine individualisierte, auf den Patienten massgeschneiderte physiotherapeutische Betreuung Sinn.

Das Faktum, dass ein mehrgelenkiges Achsenorgan betroffen ist und auch die angrenzenden Gelenke (Hüften, Knie, Schultern und Halswirbelsäule) in die Behandlung miteinbezogen werden, begründet unter anderem den grossen zeitlichen Aufwand pro Sitzung und die hohen Anforderungen an die TherapeutIn bezüglich Wissen, sowie Fertigkeiten.

Die resultierenden komplexen, integralen Therapiekonzepte rechtfertigen aus fachärztlich orthopädischer Sicht die Abrechnung über die Tarifposition 7311 (Sitzungspauschale für aufwendige Bewegungstherapie).

Anhang:

Abbildung 5: Nomenklatur 3D-Status: Regelmässig muss die gesamte Rumpfdeformität inkl. Becken und Schultern dreidimensional erfasst und mit Hilfe einer konstanten Nomenklatur dokumentiert werden.

Abbildung 6: Lot und Taillendreiecke: Erfassung der Gesamt-Rumpfabweichung in frontaler und sagittaler Ebene mit dem Senkblei.



7.1 Literatur

| | |
|----|---|
| 1 | Anderson M, Hwang SC, Green WT (1965) Growth of the normal trunk in boys and girls during the second decade of life. Related to age, maturity, and ossification of the iliac epiphysis. <i>J Bone Joint Surg</i> 47-Am :1554-64 |
| 2 | Ascani E, Bartolozzi P, Logroscino CA, Marchetti PG, Ponte A, Savini R, Travaglini F, Binazzi R, Di Silvestre M (1986) Natural history of untreated idiopathic scoliosis after skeletal maturity. <i>Spine</i> 11(8):784-9 |
| 3 | Bjerkreim I, Hassan I (1982) Progression in untreated idiopathic scoliosis after end of growth. <i>Acta Orthop Scand</i> 53:897-900 |
| 4 | Bunnell WP (1986) The natural history of idiopathic scoliosis before skeletal maturity. <i>Spine</i> 11(8):773-6 |
| 5 | Collis DK, Ponsetti IV (1969) Long-term follow-up of patients with idiopathic scoliosis not treated surgically. <i>J Bone Joint Surg</i> 51-Am:425-44 |
| 6 | Cruickshank JL, Koike M, Dickson RA (1989) Curve patterns in idiopathic scoliosis. A clinical and radiographic study. <i>J Bone Joint Surg</i> 71-Br:259-63 |
| 7 | Daruwalla JS, Balasubramanian P, Chay SO, Rajan U, Lee HP (1985) Idiopathic scoliosis – prevalence and ethnic distribution in Singapore schoolchildren. <i>J Bone Joint Surg</i> 67-Br :182-4 |
| 8 | Deacon P, Flood BM, Dickson RA (1984) Idiopathic scoliosis in three dimensions. A radiographic and morphometric analysis. <i>J Bone Joint Surg</i> 66-Br:509-12 |
| 9 | Deacon P, Archer IA, Dickson RA (1987) The anatomy of spinal deformity: a biomechanical analysis. <i>Orthopaedics</i> 10(6):897-903 |
| 10 | Dickson RA, Lawton JO, Archer IA, Butt WP (1984) The pathogenesis of idiopathic scoliosis. Biplanar spinal asymmetry. <i>J Bone Joint Surg</i> 66-Br:8-15 |
| 11 | Diméglio A, Bonnel F. <i>Le Rachis en Croissance</i> . Paris, Springer, 1990 |
| 12 | Duriez J (1967) Evolution de la scoliose idiopathique chez l'adulte. <i>Acta Orthop Belgica</i> 33:547-50 |
| 13 | Guo X, Chau WW, Chan YL, Cheng JCY (2003) Relative anterior spinal overgrowth in adolescent idiopathic scoliosis. <i>J Bone Joint Surg</i> 85-Br:1026-1031 |
| 14 | Hawes M (2003) The use of exercises in the treatment of scoliosis : an evidence-based critical review of the literature. <i>Ped Rehab</i> 6 :17182 |
| 15 | Herzenberg JE, Waanders NA, Closkey RF, Schultz AB, Hensinger RN (1990) Cobb angle versus spinous process angle in adolescent scoliosis. The relationship of the anterior and posterior deformities. <i>Spine</i> 15 (9):874-9 |
| 16 | Hueter C (1862) <i>Anatomische Studien an den Extremitätengelenken Neugeborener und Erwachsener</i> . <i>Virkows Archiv Path Anat Physiol</i> 25: 572-99 |
| 17 | James JI (1954) Idiopathic scoliosis. <i>J Bone Joint Surg</i> 36-Br: 36-49 |
| 18 | Little DG, Song KM, Katz D, Herring JA (2000) Relationship of peak height velocity to other maturity indicators in idiopathic scoliosis in girls. <i>J Bone Joint Surg</i> 82-Am: 685-93 |
| 19 | Lonstein JE, Carlson JM (1984) The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth. <i>J Bone Joint Surg</i> 66-Am:1061-71 |
| 20 | Lonstein JE (1988) Natural history and school screening for |



| | |
|----|--|
| | scoliosis. Orthop Clin North 19:227-37 |
| 21 | Negrini S, Antonini G, Carablona R, Minozzi S (2003) Physical exercises as a treatment for adolescent idiopathic scoliosis. A systematic review. Ped Rehab 6:227-235 |
| 22 | Perdriolle R, Becchetti S, Vidal J, Lopez P (1993) Mechanical process and growth cartilages. Essential factors in the progression of scoliosis. Spine 18(3):343-9 |
| 23 | Porter RW (2000) Idiopathic scoliosis: the relation between the vertebral canal and the vertebral bodies. Spine 25(11):1360-6 |
| 24 | Risser JC, Ferguson AB (1936) Scoliosis: its prognosis. J Bone Joint Surg 18:667-70 |
| 25 | Roaf R (1958) Rotation movements of the spine with special reference to scoliosis. J Bone Joint Surg 40-Br:312-32 |
| 26 | Rogala EJ, Drummond DS, Gurr J (1978) Scoliosis : Incidence and natural history. J Bone Joint Surg 60-Am:173-6 |
| 27 | Somerville EW (1952) Rotational lordosis: the development of the single curve. J Bone Joint Surg 34-Br:421-7 |
| 28 | Tanchev PI, Dzerhov AD, Parushev AD, Dikov DM, Todorov MB (2000) Scoliosis in rhythmic gymnasts. Spine 25(11):1367-72 |
| 29 | Veldhuizen AG, Wever DJ, Webb PJ (2000) The aetiology of idiopathic scoliosis: biomechanical and neuromuscular factors. Eur Spine J 9:178-84 |
| 30 | Volkman R (1862) Chirurgische Erfahrungen über Knochenverbiegungen und Knochenwachstum. Arch f pathol Anat 24:512-99 |
| 31 | Weinstein SL, Zavala DC, Ponseti IV (1981) Idiopathic scoliosis. Longterm follow-up and prognosis in untreated patients. J Bone Joint Surg 63-Am:702-12 |
| 32 | Weinstein SL, Ponsetti IV (1983) Curve progression in idiopathic scoliosis J Bone Joint Surg 65-Am:447-55 |
| 33 | Weiss HR (2003) Rehabilitation of adolescent patients with scoliosis – what do we know ? A review of the literature. Ped Rehab 6:183-194 |
| 34 | Weiss HR (2003) Die conservative Behandlung der idiopathischen Skoliose durch Krankengymnastik und Orthesen. Orthopäde 32:146-56 |

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. Carol-Claudius Hasler

Head of Orthopaedic Department & Spine Surgery

University Children's Hospital (UKBB)

Spitalstrasse 33 | PO Box | 4031Basel | Switzerland

T direct +41 61 704 1801 Ms S. Bloechliger

T +41 61 704 12 12

F +41 61 704 12 13

carolclaudius.hasler@ukbb.ch

www.ukbb.ch; www.carolhasler.ch

Bruderholz, 26.Januar 2005 – aktualisiert, 20.Oktober 2012

