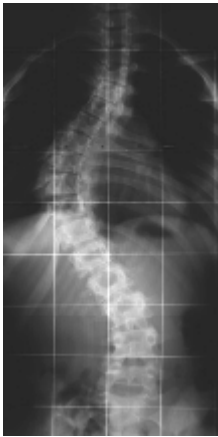




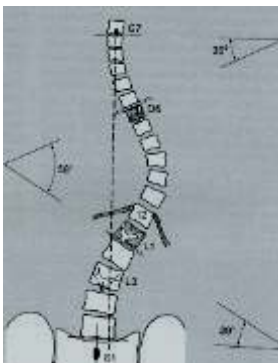
## Skoliose-Ursachen, Diagnose, Therapie

W. Lack



Die Skoliose wird definiert als **seitliche Wirbelsäulenverkrümmung mit strukturellen Veränderungen** wie Verdrehung der Wirbelsäule (**Rotation**) und Verdrehung der Wirbel in sich (**Torsion**). Die am stärksten geneigten Wirbel an den Enden der Krümmungen werden als **Endwirbel**, der am geringsten geneigte Wirbel mit der stärksten Rotation wird als **Scheitelwirbel** bezeichnet.

Die Wirbel im Endbereich der Krümmungen ohne Rotation heißen **Neutralwirbel** (am cranialen Kurvenende meist identisch mit dem Endwirbel, am caudalen Ende meist zumindest ein Wirbel distaler).



Wir unterscheiden **Haupt- und Gegenkrümmungen**, die durch Zunahme von Ausbiegung und Rotation auch zu Hauptkrümmungen werden können.

Messen des Skoliosegrades

### Ursachen der Skoliose:

#### idiopathische Skoliose

mit nicht eindeutig geklärter Ursache; die derzeit vertretene pathogenetische Hypothese sieht Scheuermannähnliche Veränderungen im Bereich der dorsalen Wirbelkörperanteile als Auslöser; dadurch kommt es im Gegensatz zum M. Scheuermann zur **Abflachung der Thorakalkyphose**, wobei die gestreckte Brustwirbelsäule anfälliger für eine Rotationsdeformität ist; somit geht die Rotation der seitlichen Krümmung voraus; betrifft ca. 70% aller Skolioseformen, meist bei **Mädchen**; die Auskrümmung im Bereich der Brustwirbelsäule ist meist rechtskonvex, der Lendenwirbelsäule meist linkskonvex, bedingt wahrscheinlich durch den Druck der Aorta auf die lordotische und damit rotationsungesicherte Wirbelsäule; tritt meist zwischen **10.-12. Lebensjahr** auf (Adoleszentenskoliose), seltener zwischen **4.-9. Lebensjahr** (juvenile Skoliose), sehr selten vor dem **4. Lebensjahr** (infantile Skoliose) auf; je früher die Skoliose manifest wird, desto wahrscheinlicher ist eine stärkere Verkrümmung!

Nach **Ponseti** werden thorakale, thorakolumbale lumbale und doppelböigige Skoliosen unterschieden, nach **King 5 Typen**:

- 1) Doppelkrümmung, primär lumbal
- 2) Doppelkrümmung primär thorakal
- 3) Thorakalskoliose
- 4) langbogige Skoliose bis L4
- 5) Thorakalskoliose mit hochthorakaler Gegenkrümmung

Die idiopathische Skoliose kann im Bereich der Brustwirbelsäule zu kosmetisch deutlicher Beeinträchtigung und Störungen der Atemfunktion, im Bereich der Lendenwirbelsäule zu stärkeren Kreuzschmerzen führen. Als Faustregel für die Reduktion der Lungenfunktion bei Thorakalskoliosen gilt: eine 90° ige Skoliose reduziert die LuFu auf 50%, das entspricht dem Status einer Pneumektomie!

Dadurch kommt es schließlich zur erhöhten Rechtsherzbelastung, damit zum **Cor pulmonale** und letztendlich zu einer signifikanten Einschränkung der Lebenserwartung! Während gering- und mittelgradige idiopathische Skoliosen fast immer Lordoskoliosen sind, kann es bei hochgradigen Kurven durch Drehung am Übergang der thorakalen zur lumbalen Skoliose zur Drehung in die Kyphoskoliose kommen („**Tassement en cyphose**“).

### Die Formen der nichtidiopathischen Skoliose

#### **kongenitale Skoliose**

bedingt durch angeborene Wirbelveränderungen:

Segmentationsstörungen, Formationsstörungen, kombinierte Störungen; bei kongenitalen Skoliosen muss unbedingt auch die sagittale Krümmung berücksichtigt werden, häufig kommt es zu Kyphosen!

Kongenitale Wirbelsäulendeformitäten sind häufig mit anderen Fehlbildungen kombiniert (meist das kardiovaskuläre System bei Deformitäten der Brustwirbelsäule und Störungen des Urogenitalsystems bei Lumbalskoliosen betreffend), entsprechende diagnostische Abklärungen sind daher indiziert!

Neben dem Röntgen können Computertomographie und/oder Magnetresonanz (bei Kleinkindern in Narkose) genaue Aufschlüsse über die Art der Veränderungen geben.

Die Behandlung der kongenitalen Skoliose richtet sich nach der zu erwartenden oder nachgewiesenen Progredienz; die schlimmsten Deformitäten sind die einseitige Verschmelzung mehrerer Wirbelkörper bei erhaltener Wachstumspotenz der Gegenseite („unilateral bar“), Halbwirbel mit erhaltener konvexseitiger Wachstumspotenz, va im Bereich des lumbosakralen Überganges und die Kombination dieser Störungen. In diesen Fällen ist therapeutisch die frühzeitige operative Behandlung angezeigt, sogar bereits im Kleinkindesalter.

#### **Zuwarten bei progredienten kongenitalen Deformitäten mit der OP bis zum Ende des Wachstumsalters zählt zu den schweren und folgenreichen ärztlichen Kunstfehlern!**

Während ein frühzeitiger Eingriff meist klein gehalten werden kann, muss bei Versäumnis oft eine viel schwerere und komplikationsreichere OP erfolgen.

Als Leitspruch gilt: „**besser eine kurze gerade Wirbelsäule als eine lange gebogene!**“

Vor einer operativen Behandlung muss eine **Diastematomyelie** (meist bindegewebige Spaltung des Rückenmarks) und ein **Tethered Cord-Syndrom** (bindegewebige Fixation des Rückenmarks an das Sakrum) ausgeschlossen und neurochirurgisch behandelt werden. Die Eingriffe bei kongenitalen Deformitäten umfassen „Fusion in situ“ von dorsal, Epiphyseodese (Zerstörung der konvexseitigen Wachstumsfugen) von ventral, Halbwirbelresektion und längerstreckige Spondylodesen sowie die Kombination dieser Operationen.

Bei sehr schweren Deformitäten muss eventuell zuerst eine Resektion des Scheitels von ventral mit anschließender schrittweiser Korrektur mittels Halo-Extension (Halo-schwerkraft oder Halo-Pelvic) und anschließender dorsaler Instrumentierung und Fusion erfolgen.

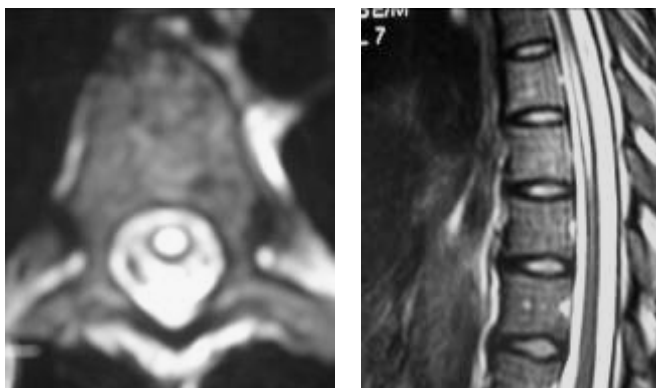
### neuromuskuläre Skoliosen

Einteilung der Genese in spastische Lähmung (infantile Cerebralparese, Querschnittsläsion im Wachstumsalter, Friedreich-Ataxie, spinale Muskelatrophie, Syringomyelie), schlafte Lähmung (Poliomyelitis, degenerative neurologische Erkrankungen) und muskuläre Erkrankungen (Muskeldystrophie);



Lähmungsskoliose bei Muskeldystrophie

Die Lähmungsskoliose entsteht durch asymmetrische Innervation der Rumpfmuskulatur oder durch Muskelschwäche; im Gegensatz zur idiopathischen Skoliose entstehen meist langbogige Verkrümmungen, die sich rasch verschlechtern („Collapsing Spine“). Wegen der gestörten Muskelfunktion (und auch manchmal vorliegenden Gefühlsstörungen) ist eine Miedertherapie nicht erfolgversprechend bzw. kann auch im Hinblick auf die Gefahr der Entstehung von Druckstellen nicht empfehlenswert.



Eine Sonderform stellt die **Syringomyelie** Spalt - bzw. Hohlrumbildung im Bereich des Rückenmarks- dar.

Sie kann zur Ausbildung einer Skoliose führen, die sehr der idiopathischen Skoliose gleicht, aber rasch schlechter wird.

Bei starker Krümmungszunahme einer „idiopathischen“ Skoliose sollte daher mittels Kernspintomographie eine Syringomyelie ausgeschlossen werden!

**Die (fast in 100%) auftretende Skoliose bei Duchenne-Muskeldystrophie sollte am Ende der Gehfähigkeitsperiode langstreckig korrigiert und versteift werden, da die Deformität zu diesem Zeitpunkt noch relativ gut zu korrigieren ist und skoliosebedingte Verschlechterung der Lungenfunktion vermieden werden kann. Lebenserwartung und va. Lebensqualität können dadurch hochgradig verbessert werden!**

### Skoliosen bei Bindegewbserkrankungen

(Marfansyndrom, M. Ehlers-Danlos)

Es handelt sich dabei um Veränderungen der Grundstruktur straffer Bindegewebe (Bänder, Sehnen...) auf genetischer Basis, die zu einer erhöhten Beweglichkeit der Gelenke führen und dadurch im Bereich der Wirbelsäule auch zu skoliotischer Deformität; die wesentlichen Erkrankungen sind das **Marfan-Syndrom** und das **Ehlers-Danlos-Syndrom**; klinische Kennzeichen dieser Erkrankungen sind deutlich erhöhte Beweglichkeit der Gelenke (z.B. „Schlangemensch“), beim Marfansyndrom auch Augenveränderungen („Linsluxation“) und innere Organveränderungen (Aortenaneurysma!). Die Skoliosen zeigen eine höhergradige Verschlechterungstendenz und erfordern bei entsprechender Ausprägung die rechtzeitige operative Korrektur.

### Scheuermannskoliose

neben einer Kyphose können auch seitliche Wirbelsäulenverkrümmungen auftreten. Es handelt sich bei der Scheuermann'schen Erkrankung um anlagebedingte Veränderungen an Wirbelkörpern und Bandscheiben (röntgenologisch gekennzeichnet durch unregelmäßige Deck- und Grundplatten der Wirbelkörper, Bandscheibenvorfälle in die Wirbelkörper-„Schmorl-Veränderungen“, Keilform der Wirbelkörper, Bandscheibenverschmälerungen und Rundrückenbildung).

Die aktive Phase der Erkrankung läuft meist vor und in der Pubertät ab, daher auch der Name „Adoleszentenkyphose“. Höhergradige Rundrückenbildungen in der Wachstumsphase erfordern eine Miederbehandlung; seitliche Wirbelsäulenverkrümmungen sind meist nur gering ausgebildet und lassen sich meist mit Heilgymnastik oder Skoliosemieder behandeln. Der Kyphosescheitel nicht konform mit Skoliosescheitel.

### Deformitäten bei Neurofibromatosis Recklinghausen



#### 3 Formen:

- 1) längerbogige Skoliose ähnlich einer idiopathischen Skoliose,
- 2) kurzbogige Skoliose,
- 3) anguläre Kyphose;

die Deformitäten bei Neurofibromatose sind einerseits durch spezielle Veränderungen (Verdünnung der Rippen-„Penciling“, Excavation der Wirbelkörper und Erweiterung der Foramina intervertebralia, bedingt durch Neurofibrome), andererseits durch eine hochgradige neurologische Gefährdung gekennzeichnet;



äußere Anzeichen des M. Recklinghausen sind „Cafe-au-lait-Flecken“ und Hautfibrome.

Kurzbogige Skoliose bei Neurofibromatose

### Deformitäten bei Meningomyelocele

- offene Defekte bei der Geburt müssen neurochirurgisch geschlossen werden;
- neurologische Ausfälle sind meist von der Höhe der Fehlbildung abhängig;
- sie reichen von Fußdeformitäten bis zur kompletten Querschnittslähmung.
- Deformitäten umfassen einerseits spitzwinkelige Kyphosen, andererseits längerstreckige Skoliosen,
- teils kongenitaler Ursache, teils lähmungsbedingt; da häufig die dorsalen Wirbelelemente fehlen,
- ist in diesen Fällen die ventrale Skoliosekorrektur- und Fusion, evtl. kombiniert mit dorsaler transpedikulärer Instrumentierung angezeigt.
- Bei MMC besteht infolge der meist frühzeitigen OP (Meningocelenverschluß) häufig eine Latexallergie!
- Die Therapie der Kyphose besteht in der Scheitelresektion nach Stelzig-Lindsay mit Instrumentierung bis zum Sakrum in der Dunn-Technik (gebogene Stäbe liegen vor dem Sakrum)

### Skoliose bei Systemerkrankungen

Eine Anzahl sehr seltener angeborener Systemerkrankungen kann zur Skoliose führen (Arthrogrypose, Achondroplasie, Fettspeichererkrankungen etc). Prognose und Therapie sind von der Grunderkrankung abhängig.

### „iatrogene“ Skoliose (behandlungsbedingt)

Früher selten bedingt durch asymmetrische Strahlenbehandlung bei Tumorerkrankungen im Kindesalter (Wilmstumor), durch die Fortschritte der Strahlentherapie heute nicht mehr zu sehen.

### sogenannte Säuglingsskoliose

Als eigenständige Skolioseform eigentlich nur im deutschen Sprachraum bekannt; in den ersten Lebensmonaten auftretende langbogige seitliche Wirbelsäulenverkrümmung, hauptsächlich bei Buben, meist nach links ausgerichtet (Bauerscher Umfallversuch-Säugling neigt sich bei Sitzversuch immer auf die Konkavseite) bildet sich bis zum Ende des ersten Lebensjahres meist vollständig zurück, in sehr seltenen Fällen kann aber auch eine kindliche („infantile“) idiopathische Skoliose entstehen und dabei auch die Krümmungskonvexität nach rechts wechseln, daher sind sorgfältige Kontrollen notwendig. Bei stärkerer Ausbildung kann

eine Behandlung mit einer speziellen Bandage („Kallabis-Bandage“) angezeigt sein, die nach dem 3-Punkte-Korrekturprinzip wirkt.





## Skoliosen bei Wirbelgleiten („Spondylolisthese“)

Die „echte“-„isthmische“- oder „dysplastische“ Spondylolisthese des 5. Lendenwirbels kann bei asymmetrischer Ausbildung zu einer Verdrehung der oberhalb liegenden Wirbelkörper und dadurch sekundär zur Skoliose führen; eine seitliche Wirbelsäulenaufnahme ist daher bei Diagnosestellung zum Ausschluss dieser Veränderung notwendig. Bei Verschlechterung der Skoliose müsste die rechtzeitige OP des Wirbelgleitens erwogen werden, solange die Kurve noch beweglich und korrigierbar ist; später kommt es zu einem eigengesetzlichen Verlauf der Skoliose.

## Skoliose bei Rett-Syndrom

die Kinder mit Rett-Syndrom lernen gehen, aber nicht sprechen; typisch sind „waschende“ Handbewegungen; die Skoliose ist ähnlich idiopathischen Krümmungen, tritt aber meist deutlich früher auf und ist stärker progredient; die operative Therapie entspricht der Technik bei idiopathischen Skoliosen.

## Erwachsenenskoliosen

- 1) adulte idiopathische Skoliose
- 2) degenerative Lumbalskoliose („late-onset-scoliosis“)
- 3) Kyphoskoliose beim Parkinson-Syndrom (Pisa-Syndrom, Camptocormia)

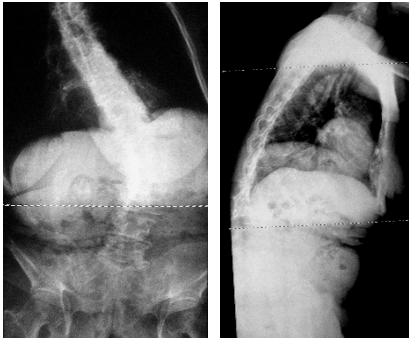
Die **adulte idiopathische Skoliose** ist durch eine mögliche Verschlechterung im Erwachsenenalter gekennzeichnet. Die operative Behandlung entspricht derjenigen im Adoleszentenalter, Korrekturen sind allerdings infolge der höheren Rigidität geringer, die Komplikationsrate ist deutlich höher.

Die **degenerative Lumbalskoliose** tritt etwa ab dem 60. Lebensjahr auf. Die Krümmung ist meist relativ gering, aber langsam progredient; die Probleme sind zahlreich: Vertebrostenosen, Foramenstenosen, erosive Osteochondrosen, Spondylarthrosen, Flatback, Osteoporose...; die Therapie muss sich nach diesen Veränderungen richten; in der Mehrzahl der ausgeprägt symptomatischen Veränderungen ist eine langstreckige Spondylodese mit entsprechenden Dekompressionen angezeigt, bei Flatback evtl in Kombination mit einer Pedikelsubtraktionsosteotomie.

Im Rahmen des Morbus Parkinson kann es zu verschiedenen Wirbelsäulenproblemen kommen: **Camptocormia** („Bent Spine – Syndrome - zunehmende Rundrückenbildung“, wahrscheinlich bedingt durch Teillähmung der Rückenmuskulatur im Rahmen der Grundkrankheit), Skoliose (seitliche Wirbelsäulenverkrümmung, sog . Pisa - Syndrom, korreliert signifikant mit der Seite der stärkeren Parkinsonsymptomatik), Osteoporose und Kombination dieser Probleme. Die Häufigkeit einer Osteoporose liegt hochsignifikant über derjenigen von Frauen gleichen Alters ohne Parkinson.

Laut Literaturangaben entwickeln ca 7% der ParkinsonpatientInnen eine Deformität der Wirbelsäule, häufiger bei schwerer Verlaufsform und langer medikamentöser Behandlung mit L-Dopa sowie voroperierter Wirbelsäule.

Der Beginn dieser neuromuskulären Veränderungen liegt bei ca. 3 Jahren nach Diagnosestellung.



Als weitere Grunderkrankungen bei Camptocormia sind neben M. Parkinson andere Erkrankungen der basalen Gehirnganglien, muskuläre Erkrankungen (spät auftretende Muskeldystrophie, entzündliche, stoffwechselbedingte oder hormonell verursachte Muskelerkrankungen) sowie eine psychogene Ursache anzuführen.

Wahrscheinlich spielen Störungen der Haltungsorientierung eine wesentliche Rolle.

Symptome sind häufig, aber nicht immer Kreuzschmerz, im Kernspintomogramm Abnützung der Wirbelgelenke sowie Veränderungen der Muskelsignale mit massiver fettiger Infiltration der Wirbelsäulenmuskulatur.

Das Elektromyogramm zeigt eine Reduktion der motorischen Einheiten dieser Muskulatur.

Therapeutische Maßnahmen umfassen medikamentöse Behandlung mit Levodopa, Botulinus-Toxin Injektionen in die entsprechende Muskulatur, v.a. in den geraden Bauchmuskel, Gehirnstimulation, Physiotherapie, Miederbehandlung mit Brust-Becken-Aufrichtungsmieder sowie als wahrscheinlich einzige tatsächlich wirkungsvolle Maßnahme die operative Behandlung mit Pedikelsubtraktionsosteotomie PSO oder langstreckiger Versteifungsoperation. Bei noch mobilen Krümmungen reicht die hintere Versteifung, bei fixierter Rundrückenbildung ist die Pedikelsubtraktionsosteotomie, evtl. kombiniert mit langstreckiger Versteifung notwendig. Die Eingriffe bei Parkinsondeformitäten werden in der Literatur mit einer hohen Komplikationsrate angegeben.

**Klinik der Skoliose** Die klinische Diagnosestellung einer Skoliose gelingt am leichtesten, wenn man der vorgebeugten Patientin von hinten über den Rücken sieht; durch die



Verdrehung der Brustwirbelkörper entsteht durch Mitnahme der Rippen auf der Konvexseite der sog. „Rippenbuckel“, an der Lendenwirbelsäule durch Mitnahme der Querfortsätze bei der Rotation der „Lendenwulst“, die beim tangentialen Blick auf den Rücken am besten gesehen und in ihrem Verlauf auch gemessen werden können. Weiters beurteilt man die Stand- und Sitzgröße (Zunahme der Standgröße bei gleichbleibender Sitzgröße spricht für Verschlechterung!), die Höhe der Schultern und des Beckens sowie das Lot vom 7. Halswirbeldorn. Bei Sonderformen ist eine exakte neurologische Untersuchung notwendig. Die Diagnose kann

durch das Röntgen gesichert werden; man benötigt eine Gesamtaufnahme der Wirbelsäule im Stehen vom 7. Halswirbel bis zum Kreuzbein mit Einschluss der Beckenkämme (Beurteilung der Skoliosehöhe, des Ausmaßes-Abb.3-, der Verdrehung der Wirbel, der Lotstellung, der Stellung der Wirbelsäule zum Becken und des noch zu erwartenden Wachstums). Die Kurven im Röntgen werden eingeteilt in die Hauptkrümmung (Skoliose mit der stärksten Ausbiegung und/oder Verdrehung) und der oder den Gegenkrümmungen.

Bei zwei gleichstarken Kurven spricht man von doppelböiger Skoliose.

Die erstmalige Röntgenuntersuchung muss auch eine seitliche Gesamtaufnahme der Wirbelsäule im Stehen inklusive Hüftköpfe beinhalten; darauf beurteilt man das seitliche Profil, das seitliche Lot, die Stellung der Wirbelsäule zum Becken und kann evtl. angeborene Veränderungen oder ein Wirbelgleiten des 5. Lendenwirbels ausschließen. Im Regelfall sind weitere seitliche Aufnahmen dann nicht mehr notwendig. Bei Verdacht auf angeborene

Veränderungen, Störungen im Bereich des Nervensystems und vor Korrekturoperationen ist eine Magnetresonanzuntersuchung der gesamten Wirbelsäule angezeigt.

Vor einer Mieder- oder operativen Behandlung können Seitbiegeaufnahmen („Bending-aufnahmen“) die Mobilität der Kurven und das zu erwartende Korrekturausmaß abschätzen lassen.

Vor einer operativen Korrektur kann die Bendingaufnahme die Entscheidung erleichtern, ob eine Gegenkrümmung in den Versteifungsbereich einbezogen werden muss.

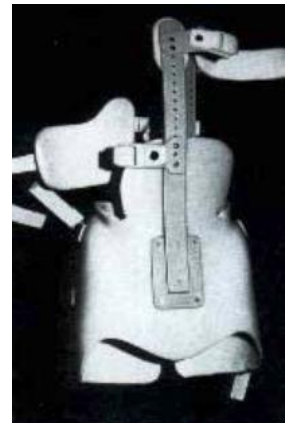
Bei hochgradigen Kyphoskoliosen kann die Stagnara-Aufnahme (Röntgenplatte parallel zur Konkavseite des Rippenbuckels) das wahre Ausmaß der frontalen Krümmung dokumentieren.

Das Rotationsausmaß der Krümmung kann im Standröntgen nach der Stellung der Bogenwurzeln (Nash und Moe, Stadien 0-3) und nach Perdriolle (prozentuelle Rotationsmessung mit Speziallineal) bzw. für wissenschaftliche Zwecke mittels CT des Scheitelwirbels bestimmt werden.

## Therapie der Skoliose

Die Therapie erfolgt bei der leichten idiopathischen Skoliosen (bis 25° nach Cobb) mit Heilgymnastik (zB. Skolioseturnen nach Katharina Schroth), bei ca 25°- >40° Skoliosemieder bis zum Wachstumsende.

Das erste der modernen Skoliosemieder war das Milwaukeeemieder (MM), von Blount und Schmitt 1945 angegeben. Das Mieder besteht aus Halsring, Kinn- und Occiput-Mahnpelotten, 3 Streben und einem Beckenkorb; an den dorsalen Streben wird konvexseitig bei Thorakalskoliosen eine Mahnpelotte angebracht, von der sich der Patient so oft wie möglich zur Aktivierung der korrigierenden Rückenmuskulatur wegbewegen soll; die Nachteile des MM sind der schlechte Tragekomfort und die zusätzliche Lordosierung der Brustwirbelsäule.



Umkrümmungsmieder

Heute ist es nur sehr selten indiziert (hochthorakale Skoliosen und Kyphosen im Wachstumsalter).

Für die Lumbal- und Thorakolumbalskoliose wurde von Hall und Miller das Bostonmieder angegeben; es wird aus vorgefertigten Plastikmodulen verschiedener Größe zurechtgeschnitten; die Korrektur erfolgt einerseits durch Kyphosierung der Lendenlordose, andererseits durch Derotation der Krümmungen von caudal nach cranial (Fixation des Beckenrings, lumbale Pelotten konvexseitig dorsal und gegenüber mit Freiräumen konkavseitig dorsal und schräg gegenüber, um die Derotation zu ermöglichen, eventuell entsprechende Korrektur einer oberen Gegenkrümmung).

Die Miedertherapie der Thorakalskoliosen wird in Europa meist mit dem Cheneaumieder durchgeführt, bei dem ebenfalls die Derotation und das Prinzip der „Atmung in die Freiräume“ wirksam ist.

Eine Miederform für Skoliosen im oberen Indikationsbereich der Miederbehandlung ist das von Lukeschitsch und Meznik angegebene Umkrümmungsmieder; es arbeitet mit dem



Umkrümmungsprinzip der jeweiligen Kurve von caudal nach cranial (Aufdehnung über ein Hypomochlion) sowie Derotation.

### **Die Prinzipien jeder Miederbehandlung bei Skoliose sind:**

nur in der Wachstumsphase sinnvoll, nur bei zu erwartender Mitarbeit von Jugendlicher und Eltern wirksam, allmähliches Einschleichen der Behandlung über mehrere Wochen, dann tägliches durchgehendes Tragen mit Abnahme nur zur Körperpflege und Sportausübung; unbedingt kombiniert mit Physiotherapie (Übungen mit und ohne Mieder), ca. 3 monatliche fachärztliche Kontrollen; dabei Prüfung der Korrektur, der Größe, eventueller Druckstellen, Abnutzungszeichen zur Beurteilung der tatsächlichen Tragedauer; je nach klinischer Untersuchung Röntgenkontrollen zur Beurteilung von Korrektur und richtigem Pelottensitz (Pelotten röntgenmarkiert); gegen Wachstumsende (beginnende Verschmelzung der Beckenkammaphysen, sog. Risser 5) allmähliches Ausschleichen des Mieders.

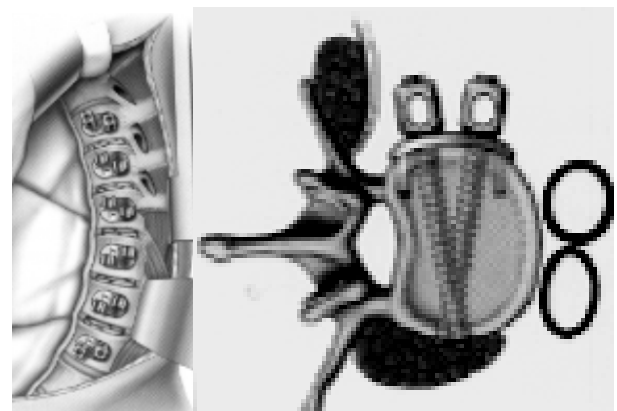
Bei Krümmungen über 50° im Bereich der Brustwirbelsäule bzw. 45° im Bereich der Lendenwirbelsäule im oder gegen Ende des Wachstumsalters sollte die operative Korrektur erwogen werden. Im Brustwirbelsäulenbereich droht sonst eine weitere Verschlechterung auch noch nach Abschluss des Wachstumsalters, eine Verschlechterung der Lungenfunktion durch die Deformierung des Brustkorbes (ab 90° ist die Lungenfunktion im Durchschnitt auf die Hälfte reduziert, entspricht also dem Zustand eines Patienten nach Entfernung einer Lunge! Dadurch kommt es zur stärkeren Belastung im Lungenkreislauf mit einer Gefahr der deutlichen Einschränkung der Lebenserwartung!) und auch zunehmende kosmetische Auffälligkeiten. Lumbalskoliosen (seitliche Verkrümmungen der Lendenwirbelsäule) >45° können bereits im frühen Erwachsenenalter hartnäckige Kreuzschmerzen verursachen.

Die operative Korrektur und Versteifung kann vom vorderen oder hinteren Zugang erfolgen.

### **Der ideale OP-Zeitpunkt liegt etwa bei 13 Jahren bzw. Risser 2-3, bei bereits im Kindesalter auftretenden rasch progredienten Verkrümmungen kann die OP aber auch durchaus bereits frühzeitig möglich bzw. notwendig sein!**

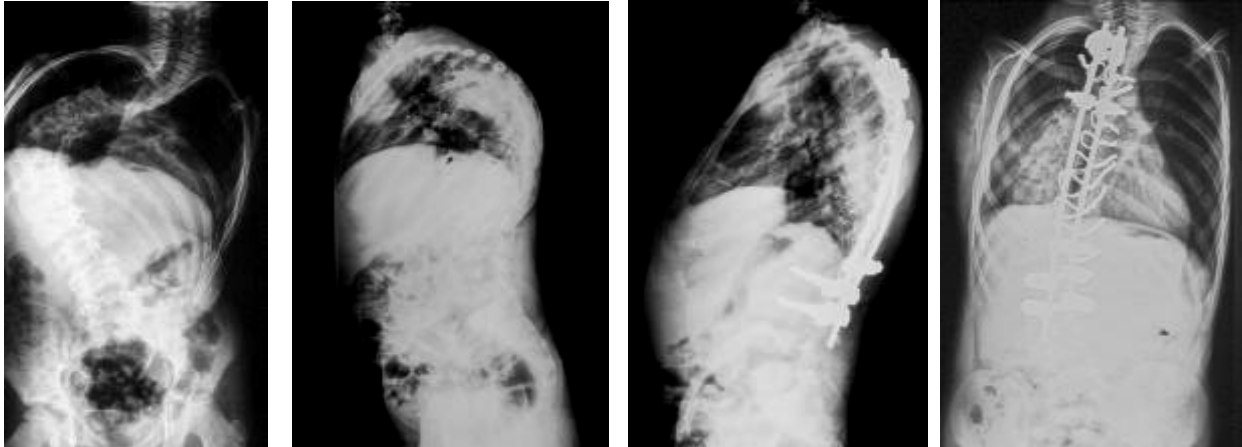
Beim vorderen Zugang erfolgt die Korrektur über Thorakotomie und gleichzeitigem retroperitonealen Zugang zur Brust- und Lendenwirbelsäule (Thorakophrenolumbotomie nach Hodgson) auf der Konvexseite nach Ligatur der Segmentalgefäße durch Ausräumung der zwischen den Enden der Krümmung liegenden Bandscheiben, Instrumentierung mit quer durch die Wirbelkörper eingedrehten Schrauben (1 oder 2 pro Wirbelkörper), Derotation und Kompression über 1-2 Stäbe .

Vordere Zugänge können bei Skoliosen eingesetzt werden, die nur die Spondylodese der Hauptkrümmung erfordern; ihre Vorteile liegen in der kürzeren Versteifungsstrecke, der besseren Derotationsmöglichkeit, dem geringeren Risiko einer Lähmung und einer Infektion.



Der Nachteil besteht in der Gefahr einer Kyphosierung thorakolumbal, in diesem Bereich sollen daher nach Ausräumen der Bandscheiben strukturelle Grafts (cortikale Späne, Cages) zur Lordosierung eingebracht werden; eine weitere Gefahr stellt das „**Adding on**“ dar, die postoperative Einbeziehung zusätzlicher meist caudaler Segmente in die skoliotische Krümmung.

Bei der dorsalen Spondylodese werden die Wirbelbögen freigelegt, die Fixation der Wirbelsäule an die korrigierenden Stäbe kann über Pedikelschrauben, Haken (Facette-, Transversus-, oder Pedikelhaken) und/oder Drähten (sublaminär, subpars, Dornfortsatz, Transversus) erfolgen; diese Fixationselemente werden mittels zweier Stäbe verbunden, durch Derotation, Translation und Distraction an der Konkavseite sowie Kompression an der



Konvexseite wird die Korrektur durchgeführt.

Abschließend erfolgt die Einleitung der **knöchernen Fusion** durch Aufmeißeln der Wirbelbögen und Überschichtung mit Knochenmaterial. Eine Skolioseoperation dauert je nach Ausdehnung zwischen 3 und 6 Stunden.

Die heutigen Instrumentierungsverfahren, in der Regel sowohl von ventral als auch von dorsal mit Doppelstäben und segmental ermöglichen die sofortige niederfreie Mobilisierung; ein Sportverbot ist für ca. 9 Monate angezeigt.

Im Gegensatz zur ersten instrumentierten dorsalen Versteifungstechnik nach Harrington kann bei den modernen Techniken auch das meist gestörte **Sagittalprofil** (thorakale Hypokyphose, pathologische Kyphose im thorakolumbalen Übergangsbereich) korrigiert werden.

Die gefürchtetste Komplikation der Skoliosechirurgie ist die **Querschnittslähmung**, die bei Untersuchungen mit der Harringtontechnik 0,8% bei adoleszenten idiopathischen Skoliosen betragen hat; die modernen dorsalen Korrekturverfahren haben durch die segmentale Instrumentierung und die bessere Korrektur die Gefahr erhöht. Aus diesem Grunde wird heute neben dem bereits in der Harringtonära durchgeführten „**Wake-up**“-**Test nach Stagnara** (die Patientin wird am Ende der Korrektur und der fertigen Instrumentierung soweit erweckt, dass sie auf Zuruf die Beine bewegen kann, dann wird die Narkose wieder vertieft und die Op abgeschlossen) auch meist ein **Neuromonitoring** durchgeführt; die Messung der **SSEP** (somatosensorisch evozierten Potentiale) und **MEP** (motorisch evozierten Potentiale) kann zu jedem Zeitpunkt der OP die Rückenmarksfunktion überprüfen; dies ermöglicht im Falle pathologischer evozierter Potentiale das rasche Nachlassen der Korrektur und eine frühzeitige Erholung der Nervenbahnen, da Paresen fast immer auf Basis einer Überdehnung entstehen und daher bei rechtzeitiger Diagnostik reversibel sind.

Weiter Komplikationen der dorsalen Skolioseoperationen sind das **Cast-Syndrom** (Subileus bis Ileus, wahrscheinlich funktionell bedingt durch Dehnung der Nn. Splanchnici, evtl. auch mechanisch durch Druck der A. mesenterica superior auf das Duodenum durch die Korrektur); die Prophylaxe umfasst einerseits das bereits präoperative Erlernen einer

Pressatmung (Zielke), andererseits drei Tage postoperativ parenterale Ernährung (Meznik). Eine konservative Therapie (Flüssigkeitszufuhr, Prostigmin, Kaliumzufuhr) ist meist erfolgreich. **Infektionen** sind bei der dorsalen Instrumentierung deutlich häufiger als bei der ventralen; die Therapie besteht in einem bis mehreren sorgfältigen Debridements möglichst unter Belassung der Implantate und entsprechender Antibiotikatherapie. **Pseudarthrosen** sind durch die segmentale moderne Instrumentierung sehr selten geworden; frühzeitige oder zu kurze Instrumentierungen können zur **Dekompensation** führen, die eine Spondylodeseverlängerung erforderlich machen kann.

Speziell caudal der Fusionsstrecke kann es zur **Anschlussdegeneration** kommen, cranial im Bereich der oberen Brustwirbelsäule zur „**junctional kyphosis**“. Die Lungenfunktion verschlechtert sich direkt postoperativ im Regelfall mäßig, um ca. 1 Jahr nach der OP wieder den ursprünglichen Wert zu erreichen. Spezielle Komplikationen der ventralen Skoliosechirurgie sind trotz Thoraxdrainage der **Hämatopneumo- bzw. Hämatopneumothorax**, der je nach Ausdehnung eine Punktion, ein nochmaliges Setzen eines Thoraxdrains, eine endoskopische oder offene Thoraxrevision erfordert. Durch Verletzung des Ductus thoracicus kann es zum **Chylothorax** kommen; wenn konservative Behandlungen (fettfreie Diät) versagen, muss auch hier die endoskopische oder offene Ligatur erwogen werden. Relativ häufig kommt es durch **Läsion des Truncus sympathicus** zur Erwärmung des gleichseitigen Beines, wobei von den PatientInnen meist das kühlere „normale Bein“ als unangenehm angegeben wird!

**Bauchwandhernien** sind seltene Komplikationen des vorderen Zuganges.

## Operationen idiopathischer Skoliose im Wachstumsalter

Infantile und juvenile idiopathische Skoliosen sind im Regelfall durch konservative Therapiemaßnahmen nicht haltbar; bei frühzeitigen definitiven Versteifungsoperationen droht das **Crankshaftphänomen**, das neuerliche Wachstum der dorsalen Fusionsmasse in die Skoliose durch den Wachstumsdruck der konvexseitigen Wirbelkörperapophysen. Bei kurzbogigen Krümmungen kann wie bei kongenitalen Skoliosen auch eine Epiphyseodese angezeigt sein. Eine langstreckige dorsoventrale Fusion reduziert das Wachstum deutlich; es wurden daher Instrumentierungsverfahren ohne knöcherne Fusion entwickelt, die durch Distraction in etwa 6-9monatigen Abständen eine Korrektur bis zum Alter der definitiven Korrektur und Fusion erreichen sollen (Zielke-Ascani, Luque-Trolley).

Nachteile dieser Techniken sind wiederholte Eingriffe zur Distraction, häufige Dislokationen der Implantate, dadurch und durch die relative Instabilität eine erhöhte Infektionsgefahr, an den Krümmungsenden relativ rasch auftretende Spontanfusionen und eine distraktionsbedingte Lordosierung der Brustwirbelsäule.

Eine relativ neue Technik ist **VEPTR** (vertical expendable prosthetic vertebral rib), eine Extensionsbehandlung der konkavseitigen Rippen bzw. von Rippe bis zum Beckenkamm. Indikation besteht vom **8. Lebensmonat bis zum 14. Lebensjahr**, auch hier muss ca alle 6 Monate eine Distraction erfolgen. Im Gegensatz zu den temporären Stabkorrekturen kann mit VEPTR auch ein **Beckenschiefstand** korrigiert werden.

Bei zunehmender Verkrümmung der Lähmungsskoliose ist nur die operative Therapie (langstreckige, manchmal kombinierte Korrektur und Versteifung vom vorderen und hinteren Zugang) erfolgreich.

Auch hier ist die rechtzeitige Durchführung der Operation wichtig, oft bereits ebenfalls frühzeitig. Speziell langstreckige Spondylodesen bei nicht gehfähigen PatientInnen erfordern

zur bestmöglichen Korrektur des Beckenschiefstandes eine Instrumentierung und Versteifung bis zum Sakrum; das lumbosakrale Scharnier steht dann unter sehr starker Belastung und Pseudarthrosegefahr, sodass hier eine besondere Instrumentierungstechnik erfolgen muss (Instrumentierung bis S1 und mittels Iliumschrauben oder „Galvestontechnik“-vorgebogene Stäbe- bis zum Becken.

