

## Therapie der Kyphose

### W. Lack

Unter „pathologischer Kyphose“ verstehen wir eine verstärkte Kyphose im Bereich einer physiologischen Kyphose bzw. eine abgeflachte Lordose oder sogar Kyphose in einem Bereich der Wirbelsäule, der physiologischer Weise lordotisch sein sollte (Hals- und Lendenwirbelsäule). Im Laufe des Lebens kommt es häufig zu einer Zunahme der Kyphose, bedingt durch Schwäche der Rückenmuskulatur, alten Scheuermannveränderungen, M. Parkinson, Osteoporose mit Wirbelkörperbrüchen etc. (Sörensen: „am Ende des Lebens verlieren wir den Kampf gegen die Kyphose“).

Der physiologische Kyphosegrad im Bereich der Brustwirbelsäule ist sehr variabel und beträgt 25° bis >50°, abhängig vom Typ der sagittalen Wirbelsäulenkrümmung. Im Regelfall sollte das Winkelausmass der Thorakalkyphose 20° unter dem der Lendenlordose liegen.

#### Die sagittalen Wirbelsäulenprofile erscheinen als

- Flachrücken
- Hohlrundrücken
- langgezogene Kyphose
- „Normalprofil“

Der Flachrücken tendiert durch geringere Resistenz gegen Rotation und Torsion eher zur Skolioseentstehung; die langgezogene Kyphose, speziell im thorakolumbalen Übergangsbereich ist anfällig für frühzeitig auftretende dorsolumbale Beschwerden.

#### Persistierende Probleme durch pathologische Kyphosen treten auf als

- 1) posturale Kyphose, bedingt durch Muskel-bzw. Haltungsschwäche
- 2) Scheuermannkyphose, gekennzeichnet durch Unregelmässigkeiten an Deck- bzw. Grundplatten, Bandscheibenverschmälerungen und Keilwirbelbildungen
- 3) kongenitale Kyphose (angeborene Keilwirbel, Segmentationsstörungen, kombiniert)
- 4) Meningomyelocele
- 5) posttraumatisch nach Wirbelkörperbrüchen
- 6) entzündlich bei/nach Spondylitis/Spondylodiscitis, unspezifisch oder tuberkulös
- 7) bei Osteoporose
- 8) bei pathologischen Wirbelbrüchen durch Tumoren
- 9) Systemerkrankungen (infantile Cerebralparese, Neurofibromatose, M. Parkinson etc)
- 10) iatrogen (nach längerstreckigen Dekompressionen, Fusionen ohne Lordosierung....)
- 11) als Kyphoskoliose bei hochgradigen idiopathischen Skoliosen („tassement en cyphose“)
- 12) degenerativ bei „late onset-scoliosis“ oder „late onset-kyphosis“
- 13) rheumatisch-entzündlich (M. Bechterew)
- 14) bei dysplastischer Spondylolisthese

Die konservative Behandlung der Kyphose ist relativ beschränkt; posturale Kyphosen erfordern eine intensive Heilgymnastik; bei Scheuermannkyphosen im Wachstumsalter kann neben der Heilgymnastik eine konsequente Miedertherapie (Bostonmieder, Dreipunktmieder, Milwaukeeemieder) bis zum Wachstumsabschluss ein Sistieren der Progredienz bringen.

Minimalinvasive Eingriffe erscheinen lediglich bei rezenten osteoporotischen Wirbelkörperbrüchen sinnvoll und indiziert: eine **Kyphoplastie** kann eine gewisse Aufrichtung des eingebrochenen Wirbelkörpers erzielen!

Die operative Therapie der Kyphose zählt neben der Tumorchirurgie im Bereich der Wirbelsäule zu **den invasivsten und neurologisch riskantesten Eingriffen in der Wirbelsäulenchirurgie.**

**Die Eingriffe werden eingeteilt in:**

**Release**-dorsal durch V-förmige Osteotomien  
ventral durch Bandscheibenausräumung (offen oder thorakoskopisch)

**Wirbelkörperresektion** mit

ventraler Stabilisierung nach Wirbelresektion mittels Cage  
dorsaler Kompressionsspondylodese

**lordosierende Osteotomien**

Smith-Peterson-Osteotomien  
Pedikelsubtraktionsosteotomie  
cervikale Aufrichtungsosteotomie nach Urist-Simmons

**vordere Abstützung einer Restkyphose**

freies Fibulatransplantat  
vaskularisierte Rippe

**Reposition/Fusion einer hochgradigen dysplastischen Spondylolisthese**

Die operativen Behandlungsformen unterscheiden sich je nach Genese der Kyphose und nach der Art: hier unterscheidet man **langbogige (arcuäre)** und **kurzbogige (anguläre) Kyphosen**. Kurzbogige Kyphosen treten v.a. bei angeborenen Wachstumsstörungen, Meningomyelocele, Neurofibromatose, nach Wirbelkörperbrüchen, nach tuberkulöser Spondylitis und bei dysplastischer Spondylolisthese auf. Sie sind neurologisch deutlich gefährlicher im Hinblick auf die Entwicklung einer Querschnitts- oder Caudalähmung!

**Die Indikation zur operativen Therapie ist gegeben bei:**

- 1) deutlicher Progredienz
- 2) neurologischer Gefährdung bzw. bei beginnenden Ausfällen
- 3) konservativ nicht beherrschbaren Schmerzen
- 4) gefährdeter Stabilität
- 5) aus kosmetischen Erwägungen

An Voruntersuchungen sind Wirbelsäulenröntgen pa und seitlich C7-S1 im Stehen (mit Einschluss der Hüften), die Funktionsaufnahme in Lordosierung über ein Hypomochlion und in Extension sowie ein MRI sinnvoll. Speziell bei knöchernen Veränderungen (zB kongenitaler Kyphose) ist ein CT indiziert; bei sehr komplizierten Deformitäten kann die Anfertigung eines Kunststoffmodells aus dem Computertomogramm bei der OP-Planung hilfreich sein. Bei Verdacht auf funktionelle Einengung des Spinalkanals kann auch eine

Myelographie notwendig werden. Zur Evaluierung eventueller Rückenmarksschädigungen dient die Messung der SSEP (sensorisch evozierte Potentiale) und/oder MEP (motorisch evozierte Potentiale).

**Bezüglich des optimalen Operationsalters gelten folgende Angaben:**

**Kongenitale Kyphosen** erfordern bei Veränderungen, die infolge des Wachstums und/oder kurzfristiger Kontrolluntersuchungen eine starke Progredienz erwarten lassen oder aufweisen, eine möglichst baldige Operation, evtl. bereits im 2. Lebensjahr; **jedes falsche Zuwarten kann hier zu deletären Folgen mit Entwicklung einer massiven angulären Kyphose und neurologischen Ausfallserscheinungen bis zur Querschnittslähmung führen!** Spätere Eingriffe sind dann viel ausgedehnter, riskanter und ergeben meist ein schlechteres Endergebnis! Die Operation besteht meist in der Zerstörung der Wachstumselemente im Bereich der dorsalen Wirbelanteile, also einer frühzeitigen **dorsalen Spondylodese**, eventuell kombiniert mit einer oder mehreren Osteotomien der fusionierten Wirbelkörper und vorderer knöcherner Abstützung. Auf die meist gestellte Frage, was dann mit dem Wachstum der Wirbelsäule geschähe, kann die klare Antwort gegeben werden: **besser ein kurze gerade als eine längere geknickte Wirbelsäule!** Ausserdem kann folgendes berechnet werden: z.B. bei einem/r Zweijährigen besteht ein zu erwartendes Körperwachstum von 100cm, davon 50% aus den unteren Extremitäten und 50% aus der Wirbelsäule; gehen wir von einer Versteifung mit Wachstumsstopp von 4 Segmenten aus, so fällt das weitere Wachstum der Wirbelsäule von 4/26 Wirbeln, also ca 15% aus, dies würde einen zu erwartenden Größenverlust von 7,5cm ergeben, der bei höhergradiger Kyphose deutlich stärker ausfallen würde!. Eine funktionell bedeutsame Einengung des Wirbelkanaldurchmessers tritt auch bei früher Spondylodese nicht auf!

Auch die Kyphose bei **Meningomyelocele** erfordert häufig bereits ein frühes chirurgisches Vorgehen, bedingt durch die Gefahr von Hautdefekten über dem Kyphosescheitel, Infektionsgefahr und gefährdete Sitzfunktion. Standardoperation ist die **Operation nach Lindseth und Stelzer mit Resektion des Kyphosescheitels und dorsaler instrumentierter Spondylodese bis zum Sacrum!** Die caudale Verankerung der vorgebogenen Stäbe erfolgt dabei vor dem Kreuzbein (**Dunn-Technik**). Auch dieser Eingriff erfolgt optimaler Weise frühkindlich!

Bei drohenden oder bereits eingetretenen neurologischen Ausfällen kommt es im Regelfall zu einer Kompression des Duralsackes von vorne, Rückenmark oder Cauda werden dabei wie eine Saite über den Steg gespannt; **die normalerweise durchgeführte Entlastung („Laminektomie“) ist daher in diesen Fällen sinnlos, da sie den Kompressionsmechanismus nicht beeinflusst!** Es ist daher die Dekompression vom ventralen Zugang durch Entfernung der einengenden Wirbelkörperanteile notwendig!

Die Indikation zur operativen Aufrichtung ist bei der langbogigen Kyphose (hpts. **Scheuermannkyphose**) sehr streng zu stellen. Entscheidend ist weniger das Ausmaß der Kyphose als die Höhe des Scheitels: die Caudalisierung des Krümmungsapex unterhalb von Th8 (Normalhöhe in 80% bei Th7/8) ist als pathologisch aufzufassen. Krümmungen unter 70° werden im Allgemeinen bei physiologischem Scheitel zu tolerieren sein. Neben dem Nachweis einer eindeutigen Progredienz und der fallweise in den Vordergrund rückenden kosmetische Problematik v.a. bei Mädchen sind es therapieresistente Schmerzen, die eine Operationsindikation stellen lassen; Beschwerden können einerseits diskogen durch die Degeneration der thorakalen Bandscheiben, andererseits muskulär auf Basis der konsekutiven Hyperlordosierung der angrenzenden Wirbelsäulenabschnitte bedingt sein. Schließlich können auch neurologische Ausfälle, die bei M. Scheuermann zu wenig bekannt sind, zur OP zwingen. Eine Schädigung des Rückenmarks kann durch die Zugwirkung der Kyphose im Scheitelbereich oder/und durch thorakale Bandscheibenvorfälle bei

zunehmender Kyphosierung auftreten. Selten wird die fallweise auftretende Skoliose zur OP-Indikation. Die Mehrzahl dieser Skoliosen tritt im Bereich der kompensatorischen Lendenlordose auf, häufiger bei Mädchen und meist als leichte Kurve.

Rigide Krümmungen erfordern zunächst einen ventralen Release durch transthorakale Bandscheibenresektion und Auffüllung mit autologen Spänen aus der beim Zugang entnommenen Rippe. Beim offenen ventralen Release erfolgt der Zugang i.a. über eine rechtsseitige Thorakotomie unter Entnahme der 5. oder 6. Rippe, nach cranial soweit es von diesem Zugang aus möglich ist, optimal bis zum Erreichen des Endwirbels, nach caudal, soweit dies durch das Diaphragma ermöglicht wird. Eine Single-Lung –Beatmung erleichtert den Eingriff. Alternativ kann ein ventraler Release auch thorakoskopisch erfolgen, allerdings kann dann nicht Rippenknochen zur Fusion eingesetzt werden, ausserdem ist die Ausdehnung des thorakoskopischen Release gegenüber dem offenen Eingriff eingeschränkt!

Bei mobilen Krümmungen im Wachstumsalter reicht die alleinige dorsale Aufrichtung und Spondylodese. Das verbleibende Wachstumspotential der Wirbelkörper kann dabei ausgenützt werden. Bei höhergradigen Kyphosen und fehlendem ventralen Wachstumspotential droht beim alleinigen dorsalen Zugang ein höher gradiger Korrekturverlust.

Die dorsale Instrumentierung und Spondylodese kann direkt an den ventralen Release angeschlossen werden oder einige Tage später erfolgen. Die Instrumentierung und Spondylodese muß cranial und caudal über die Endwirbel hinausgehen, um eine postoperative Kyphosierung in diesen Bereichen zu vermeiden. Moderne Implantatsysteme ermöglichen den Einsatz von Haken, sublaminären Drähten und Pedikelschrauben, wobei heute im Regelfall hauptsächlich Pedikelschrauben eingesetzt werden. Die in geringerer Kyphose vorgebogenen Stäbe werden in den Schraubenköpfen fixiert, anschließend erfolgt durch Kompression eine weitere Kyphosekorrektur. Die sorgfältige dorsale Spondylodese mit Beckenkamm-oder Kunstknochen sowie der Einsatz von 1-2 Querstabilisatoren schließen den Eingriff ab. Ein Aufwachtest nach erfolgter Korrektur ist obligatorisch, die intraoperative neurologische Überwachung mittels evozierter Potentiale empfehlenswert. Es können Korrekturen um die 50% erwartet werden mit spontaner Reduktion der kompensatorischen Hyperlordosierung der LWS. Die Nachbehandlung nach dem in dieser Weise durchgeführten Eingriff erfolgt miederfrei.

Eine Sonderform der Kyphose kann beim **M. Bechterew** auftreten, bedingt durch entzündungsbedingte Einsteifung in Kyphose; die OP-Indikation ist bei höhergradiger Kyphose mit Einschränkung der Lebensqualität gegeben (Trinken nur mit Strohalm möglich, ständiger Blick auf den Boden, sitzende Schlafposition etc.). Als Standardeingriff kann die **mehrsegmentale Osteotomie nach Smith-Peterson** angesehen werden. Dabei erfolgen nach Setzen von Pedikelschrauben mehrere V-förmige Osteotomien im Bereich der Lendenwirbelsäule; durch Einlegen der Stäbe in die Schraubenköpfe mit schonender allmählicher Kompression können die ventralen Syndesmosen eröffnet und es kann damit eine ca. 10°ige Korrektur pro Segment erzielt werden. Auf ein verbleibendes Areal zwischen den verbleibenden Laminaanteilen muss geachtet werden, um eine hämatombedingte Kompression der Cauda zu vermeiden. Bei noch floridem Krankheitsverlauf können auch entzündungsbedingte Facettenschmerzen schlagartig beseitigt werden.

Alternativ kommt auch die **Pedikelsubtraktionsosteotomie** beim M. Bechterew in Frage.

Ausgeprägte cervikale Bechterewkyphosen werden durch eine **monosegmentale dorsale Osteotomie nach Urist-Simmons aufgerichtet**. Der Eingriff erfolgt in Höhe C7/Th1, da hier der Wirbelkanal die größte Weite im Cervikalbereich aufweist. Die Stabilisierung erfolgt heute durch Pedikel-oder translaminäre Schrauben.

Die **Pedikelsubtraktionsosteotomie** stellt den Standardeingriff bei längerbogigen Kyphosen (M. Parkinson, degenerative Lumbalskoliose mit Flatback, degenerative Lumbalkyphose, iatrogen, evtl. auch M. Bechterew) dar. Das Ausmass der geplanten Osteotomie richtet sich nach dem zu erzielenden Winkel der Lumballordose (ca 60°) und Thorakalkyphose (ca 40°): Ziel-Lendenlordose 20° über der Thorakalkyphose, sagittales Lot von C7 durch Sakrummitte; der „Sacral Slope“ (Winkel zwischen Horizontaler und Deckplatte des Sacrums im seitlichen Standröntgen, Normwert 40° +/- 8° muss einkalkuliert werden, ein „ Sacrum acutum“ erfordert eine stärkere Lendenlordose; das Vorliegen von Standröntgen der Gesamtwirbelsäule ap und seitlich mit Darstellung der Hüften ist unerlässlich;

Der Eingriff erfolgt über einen dorsalen Zugang inklusive zwei Segmente cranial und caudal der geplanten Osteotomiehöhe; zunächst werden Pedikelschrauben in die beiden cranialen und caudalen Wirbel eingebracht; es folgt die Laminektomie des zu osteotomierenden Segmentes mit Darstellung der Bogenwurzeln des gewählten Osteotomie-Wirbelkörpers sowie der cranialen und caudalen Nervenwurzeln, dann die sorgfältige Resektion der Pedikel bis unter das Niveau der dorsalen Wirbelkörpercorticalis sowie die Resektion der Gelenk- und Querfortsätze und die Ausräumung der oberen Bandscheibe mit Anfrischung der Grundplatte; unter seitlicher Bildwandlerkontrolle folgt das Durchmeisseln des Wirbelkörpers (vom oberen Pedikelrand ca. 20° Korrektur, von der Mitte der Pedikelhöhe ca 30°, vom unteren Pedikelrand ca. 40°) bis zur cranialen ventralen Wirbelkante; die Knochenanteile werden entfernt, sorgfältige Kontrolle der freie Raum vor dem Duralsack muss sorgfältig kontrolliert werden; durch die Lordosierung des OP-Tisches unter exakter Kontrolle von Dura und Nervenwurzeln kann korrigiert werden; die Instrumentierung mittels vorgebogenen Stäben unter weiterer Kompression, bei Subluxation mit Niveauausgleich durch Beilagscheiben, schließt den Eingriff ab; bei der Instrumentierung muss auf freibleibenden Raum zwischen den Wirbelbögen geachtet werden, um Hämatomaustritt zu ermöglichen. Die beiden angrenzenden instrumentierten Segmente werden im Regelfall posterolateral fusioniert, bei jüngeren Patienten und nicht degenerativen Segmenten kann auch eine reine temporäre Instrumentierung erfolgen; die Osteotomie fusioniert im Regelfall sehr rasch.

Bei entsprechender Operationserfahrung ist bei alleiniger Osteotomie mit einer OP-Dauer von 3-3,5 Stunden zu rechnen. In der Osteotomiephase muss eine stärkere Blutung einkalkuliert werden, die erst nach der Kompression der Osteotomie beherrscht werden kann.

Eine elektrophysiologische Kontrolle der Nervenwurzel- und Caudafunktion mittels Oberflächen Elektroden über den entsprechenden Kennmuskeln (NeuroVision Nerve Monitoring System, Fa. Nuvasive) trägt zur OP-Sicherheit bei. Im Regelfall kann die Nachbehandlung niederfrei erfolgen.

Neueste Literaturergebnisse zeigen, dass auch floride Spondylitiden in kyphotischer Position mit der PSO behandelt werden können!

Die durchschnittliche präoperative Lendenlordose L1-S1 konnte bei 27 PatientInnen um 32° von 18° auf 50° verbessert und eine gleichzeitige Skoliose um 14° reduziert werden.

Geringgradigere Kyphosen bei degenerativer Lumbalskoliose können durch mehrsegmentale Posterior Lumbar Interkorporelle Fusionen (PLIF) oder Transforaminale lumbale interkorporelle Fusionen (TLIF) meist ausreichend korrigiert werden!

Kurzbogige Kyphosen, meist posttraumatisch im Bereich des thorakolumbalen Überganges, erfordern meist einen kombinierten ventrodorsalen Zugang; bei rigider Kyphose kann sogar

zunächst ein zusätzlicher **dorsaler Release** durch Laminektomie und Gelenksresektion erforderlich sein. Beim vorderen Zugang (transthorakal im Bereich der BWS bis Th12, kombiniert mit Psoassplitting evtl. bis L1, Thorakophrenolumbotomie Th9-L4, retroperitonealer Zugang L1-L5, L5/S1, transperitonealer Zugang L5/S1) erfolgt die **(Teil)-Resektion des eingebrochenen Wirbelkörpers**, evtl. kombiniert mit **Dekompression des Duralsackes von ventral**; der resezierte Wirbel wird durch einen Titan cage in Korrekturposition (durch Distraction erzielbar) ersetzt und anschließend durch ein dorsal eingebrachtes Pedikelschraubensystem als Zuggurtung stabilisiert (die dorsale Stabilisierung ist sowohl nach biomechanischen Messungen als auch nach eigenen Erfahrungen der vorderen Instrumentierung überlegen). Bei osteoporotischen Einbrüchen empfiehlt sich die dorsale Instrumentierung mit **zementierten Pedikelschrauben**.

Eine höhergradige verbleibende Restkyphose erfordert die ventrale Abstützung, entweder durch ein **freies Fibulatransplantat** oder durch eine **gefäßgestielte Rippe**. Die Abstützung erfolgt von End-zu-Endwirbel der Kyphose mittels Einfalzen in die Ventrolateralseite der entsprechenden Wirbelkörper. Die gefäßgestielte Rippe hat den Vorteil einer sehr raschen knöchernen Einheilung (innerhalb von 2 Monaten) und auch bei dünnen Rippen eines Umbaus nach dem Wolff'schen Gesetz; sie erfordert bei der Thorakotomie die Präparation der ausgewählten Rippe mit angrenzender Intercostalmuskulatur cranial und caudal; ventral werden Intercostalarterie- und Vene ligiert. Nach Präparation der erforderlichen Rippenlänge wird die Rippe dorsal unter sorgfältiger Schonung der Gefäße freigelegt und durchtrennt; der Gefäßstiel wird nun weiter bis zum Foramen intervertebrale verfolgt und mobilisiert; unter Schonung des Gefäßstiels falzt man nun die Rippe in die entsprechenden Wirbelkörper ein.

Einen Sonderfall der Kyphose stellt die hochgradige dysplastische Spondylolisthese L5 dar; durch die kuppelförmige Veränderung der Sakrumdeckplatte kommt es nicht nur zu einem Abgleiten, sondern auch zu einem Abkippen des 5. Lendenwirbelkörpers in die Kyphose, in Extremfällen bis zur **Spondyloptose** mit Positionierung des Wirbelkörpers vor das Sakrum. Diese lumbosakrale Kyphose führt zu einer cranialen Hyperlordose, die sich bis zur Mitte der Brustwirbelsäule ausdehnen kann. Kompensatorisch kann es auch zu Hüft- und Kniebeugestellungen kommen, Rumpffverkürzung und stellungsbedingte Muskelschmerzen sind die weiteren statischen Folgen, Wurzelprobleme L5 und sogar Caudasyndromatik können als neurologische Probleme auftreten.

Die früher durchgeführte Fusion in situ kann lokale Instabilitätsbeschwerden, nicht aber die statischen Probleme beseitigen. Außerdem zeigten spätere Untersuchungen, dass es trotz Fusion zu einem Weitergleiten kommen kann (Knochen ist lebendes Gewebe und unterliegt den biomechanischen Gesetzen!). Zur optimalen Therapie gehören daher Reposition, notfalls Dekompression und Fusion!

Bei Gleitprozessen bis Grad 4 nach Meyerding kann die ventrodorsale oder rein dorsale Reposition mit Abmeisselung der sakralen „Kuppel“ und damit Korrektur der Kyphose über Pedikelschrauben erfolgen; Eventuell muss der 4. Lendenwirbel für eine ausreichende Fixierung zumindest temporär mitgenommen werden. Die Fusion wird dann interkorporell von ventral (Beckenkammspan, Cage) oder dorsal (PLIF, TLIF, evtl. auch AxialIF) angeschlossen. Spondyloptosen erfordern die ventrale Resektion des gesamten 5. Lendenwirbelkörpers inklusive Pedikel sowie anschließend von dorsal die Laminektomie und Wurzeldekompression L5 und dorsale Instrumentierung L4-Sakrum, wobei der 4. Lendenwirbelkörper mittels Posterior Lumbar Interbody Fusion auf das Sakrum reponiert wird. Die Eingriffe bei hochgradiger Spondylolisthese zeigen ein hohes Risiko einer Läsion der Wurzeln L5, es muss daher nicht unbedingt die volle Reposition, es sollte aber die optimale Lordosierung angestrebt werden. Außerdem erhöht der Einsatz eines Nervenüberwachungssystems intraoperativ für eine erhöhte neurologische Sicherheit.