



Thorakoskopisches ventrales Release in Bauchlage simultan zur dorsalen Korrekturspondylodese

Wo sind die Grenzen?

Die Korrektur aller Aspekte der Deformität von Wirbelsäule und Brustkorb bei Erhalt möglichst vieler Bewegungssegmente ist das Idealziel der operativen Therapie bei Skoliosen. Ursprünglich kompensatorische Nebenkümmungen sowie eine Asymmetrie des Brustkorbs sollten sich nach einer optimalen Korrektur der Hauptkrümmung spontan verbessern und die erreichte Gesamtkorrektur sollte lebenslang ohne Korrekturverlust oder vorzeitigen Verschleiß aufrechterhalten bleiben. Anhand von 10-Jahres-Verläufen wird untersucht, inwieweit der Mehraufwand eines zum dorsalen Standardeingriff simultanen thorakoskopischen ventralen Releases geeignet und vertretbar ist, diese Ziele besser zu erreichen.

Wann ist ventrales Release erforderlich?

Die Verwendung von Pedikelschrauben anstelle von Haken an Laminae, Pedikeln oder Querfortsätzen erlaubt über die verbesserte Einleitbarkeit von Korrekturkräften sehr gute Korrekturen in der Koronarebene. Bei mobilen Krümmungen kann damit von dorsal auch eine Verbesserung der Hypokyphose in der Sagittalebene und in Grenzen eine rotatorische Korrektur des Apex erreicht werden. Aus diesem Grund sehen viele Autoren nur eine eingeschränkte oder gar keine Indi-

kation mehr zum ventralen Release [12, 14, 18, 28, 36]. Da jedoch ein rigider Rippenbuckel durch dorsale Verfahren nicht ausreichend verbessert werden kann, er aber andererseits für viele Patienten der Hauptgrund für die Operationsentscheidung ist, werden noch immer in beträchtlichem Ausmaß Kostoplastiken durchgeführt [10]. Dabei wird – überspitzt formuliert – eine Deformität durch eine iatrogen geschaffene zweite kompensiert, was die Lungenfunktionsparameter signifikant verschlechtern kann [31]. Physiologischer und für das Lungenvolumen günstiger wäre die Wiederherstellung normoanatomischer Lagebeziehungen; das Ausmaß der Derotation determiniert dabei über die Normalisierung der Rippenstellung den Erfolg der indirekten Korrektur des Rippenbuckels. Das Ausmaß der Wiederherstellung einer normalen thorakalen Kyphose und damit eines physiologischen sagittalen Gesamtprofils scheint entscheidend für die Vermeidung einer kurzfristigen Dekompensation und zur Erlangung langfristiger Beschwerdefreiheit und Belastbarkeit.

» Langzeitbeobachtungen sollten Stellung der Halswirbelsäule einbeziehen

Dabei sollten neben dem Becken und der Rumpfwirbelsäule („pelvic incidence“, sagittale Balance, koronare Balance inklusi-

ve Schulterbalance) die Stellung des zervikothorakalen Übergangs und der Halswirbelsäule maßgeblich in die prätherapeutischen Überlegungen als auch in die Langzeitverlaufsbeobachtungen einbezogen werden. Selbst eine koronar vollständig korrigierte Skoliose wiegt einen postoperativen Schulterhochstand oder eine verbleibende, gar verschlimmerte thorakale Hypokyphose nicht auf [3, 9, 20]. Steht nach der präoperativen Funktionsuntersuchung zu erwarten, dass es nicht gelingen wird, eine thorakale Kyphose von > 20° zu erreichen, oder die skoliotische Seitenausbiegung auf das Ausmaß zu korrigieren, das in den nicht instrumentierten Wirbelsäulenabschnitten im präoperativen Bending-Test als tolerable Restkrümmung verbleibt, sollte nach unserer Auffassung zum ventralen Release geraten werden. Allerdings bestehen in der Literatur erhebliche Diskrepanzen über Indikationsgrenzen und Effektivität der ventralen Mobilisation, sowohl in der offenen Thorakotomietechnik als auch beim thorakoskopisch assistierten Vorgehen [14, 16]. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Untersuchungen zum thorakoskopischen Release fast immer einen der dorsalen Instrumentation vorgeschalteten separaten Eingriff in Seitenlage analysieren.

Indikation

Bis dato gibt es keine praktikable Methode zur sicheren Voraussage der intraoperativen Korrigierbarkeit der Rotationsfehlstellung des Apex (Rippenbuckel) oder der Hypokyphose. Auch der präoperative Side-Bending-Test zur Bestimmung der Rigidität skoliothischer Krümmungen in der Koronarebene ist kein verlässlicher Gradmesser für das intraoperativ anzutreffende Korrekturverhalten. Diese Unsicherheit erschwert bei konventionellem Vorgehen die Entscheidung für ein Release oder eine Closing-wedge-Osteotomie außerordentlich, da dieser ventrale Zusatzeingriff bei offener Thorakotomietechnik die Seitenlagerung erfordert und der dorsalen Mobilisation und Korrektur vorgeschaltet sein muss.

Viele Autoren lehnen wegen der hohen Invasivität, die gelegentlich sogar ein zweizeitiges Vorgehen erfordert, das ventrale Release ganz ab oder sehen es nur in Extremfällen gerechtfertigt [16, 18, 23, 36]. Manche Autoren setzen bei hochrigiden Skoliosen auf Pedikelsubtraktionsosteotomie und, wenn eine Rekyphosierung erforderlich ist, auf eine Vertebral-column-Resektion [35].

Dies sind allesamt sehr anspruchsvolle und belastende Zusatzeingriffe zur dorsalen Standardkorrektur. Angesichts der Ausgangslage, die meist eine hochselektive Operationsindikation mit deutlich kosmetisch motivierten Aspekten bei einem adoleszenten Mädchen bedeutet, erscheint daher die Korrektur „soweit es eben geht“ unter gegebenenfalls Inkaufnahme einer längeren Versteifungsstrecke und Belassung des pathologischen Sagittalprofils für manche Behandler die bessere Vorgehensweise.

Hier setzt die Option des thorakoskopisch assistierten ventralen Release in Bauchlage ein.

➔ **Die Entscheidung zur zusätzlichen ventralen Mobilisierung muss nicht im Voraus getroffen werden.**

Der Eingriff wird in Bauchlagerung und Abdeckung wie bei einer üblichen Skoliossekorrektur von dorsal begonnen. Zeigt sich nach dem dorsalen Release, dass keine optimale Korrektur erzielt werden

kann, so kann zu diesem Zeitpunkt das ventrale Release ohne Zusatzvorkehrungen wie ein Zusatzmodul eingefügt und vor der von dorsal erfolgenden Korrektur und Spondylodese zwischengeschaltet werden.

Material und Methoden

Vorbereitung und Indikationsgrenzen

Da weder eine Ein-Lungen-Beatmung noch spezielle Lagerungsmaßnahmen für das thorakoskopische Release erforderlich sind, wie auch andere Autoren bestätigen [26, 37], kann zu jedem Zeitpunkt des dorsalen Eingriffs die Entscheidung zur Durchführung getroffen werden. Praktikablerweise erfolgt sie, wenn nach der Schraubenimplantation, der Resektion der Gelenke, der apikalen Lig. flava und erforderlichenfalls konkaver Rippenosteotomien im Skoliosescheitel dieser noch immer nicht ausreichend korrigierbar ist. Dabei ist es weniger die eigentliche skoliothische Seitverbiegung, sondern fast immer die Hypokyphose und die Rotation des Apex mit konsekutivem Rippenbuckel, die sich ungenügend korrigieren lassen.

Wir sehen die Indikation zum minimalinvasiven Release bei einer Hypokyphose $< 20^\circ$ zwischen Th5 und Th12 und/oder einem persistierenden Rippenbuckel von mehr als 2 cm. Als Korrektur der Skoliose der Indexkrümmung wird angestrebt, das als tolerabel angesehene Ausmaß der Restkrümmung in den Bending-Tests der Nebenkrümmungen knapp zu unterschreiten. Als optimale Versteifungsstrecke gilt primär die Distanz von End-zu-End-Wirbel mit Funktionserhalt des thorakolumbalen Übergangs.

Technik

Von der seltenen Ausnahme einer rigiden Kyphoskoliose abgesehen, erfolgt der Zugang auf der Seite der Konvexität in Höhe des Apex in Biportaltechnik. Bei sitzender Position des Operateurs wird in der mittleren Axillarlinie ein 2–3 cm langer Hautschnitt über demjenigen Interkostalraum geführt, der nach optischer Kontrolle im dorsalen Situs dem Skoliosescheitel am

nächsten liegt. In Expirationsstellung erfolgt sodann mit der geschlossenen Scheere die Perforation von Interkostalmuskulatur und parietaler Pleura, deren Spreizung parallel zum Rippenverlauf und die Einbringung eines selbsthaltenden Sperrers. Pleuraverwachsungen, sehr selten vorhanden, verhinderten bei 168 Skoliosen und etwa 2000 Patienten mit anderen Indikationen nie den thorakoskopischen Zugang oder die Durchführung des Eingriffs in Bauchlage [6, 7, 15].

» **Rigide sind fast immer nur 3–4 Bandscheiben im Apexbereich**

Nach Entblähen der ipsilateralen Lunge wird in einer kurzen Apnoephase im gleichen Interkostalraum 3 cm proximal ein Port eingebracht und über diesen eine 10 mm lange 30° -Optik. Unter deren Sicht wird ein aufspreizbarer Lungenspatel ventral der Wirbelsäule platziert (■ Abb. 1b). Die folgenden Schritte umfassen die Spaltung der prävertebralen Pleura 1 cm dorsal der vorderen Begrenzung der Rippenköpfchen, das stumpfe Abschieben der Pleura nach ventral (fast immer unter Erhalt der Segmentalgefäße) und das Sichern von Aorta und Thoraxorganen mithilfe eines prävertebralen Spatels (■ Abb. 1c). Rigide sind fast immer nur 3–4 Bandscheiben im Apexbereich. Diese können i. d. R. auch bei hochgradigen Krümmungen von der beschriebenen Minithorakotomie aus eingesehen und primär unter Belassung des hinteren Längsbands entfernt werden (■ Abb. 1d). Reicht anschließend die Korrigierbarkeit noch nicht aus, so kann die Mobilisation über die Resektion der Rippenköpfchen oder eine Closing-wedge-Osteotomie der kaudalen apikalen Wirbelkörper eskaliert werden. Zu jedem Zeitpunkt ist das Ausmaß der erreichten Korrigierbarkeit durch direkten manuellen Druck auf den Apexwirbel überprüfbar.

Auf gleiche Weise kann unter direkter rotatorischer und kyphosierender Korrektur (■ Abb. 1a) von ventral der konkave Stab in die dorsalen Schrauben eingebracht werden. Anschließend erfolgt erneut der Wechsel nach ventral bei nicht ausreichender Korrektur zur zusätzlichen

Hier steht eine Anzeige.

H. Böhm · H. El Ghait · M. Shousha

Thorakoskopisches ventrales Release in Bauchlage simultan zur dorsalen Korrekturspondylodese. Wo sind die Grenzen?

Zusammenfassung

Hintergrund. Trotz des Einsatzes moderner pedikelschraubenbasierter Systeme bleibt die Korrektur rigider Rippenbuckel und Hypokyphosen ein Problem der allein von dorsal durchgeführten Skoliosechirurgie. Da es bis dato keine verlässliche Methode gibt, präoperativ das von dorsal erzielbare Korrekturausmaß der Rekyphosierung sowie der Apexrotation vorherzusagen, ist die Entscheidung, ob ein ventraler Zusatzeingriff zur Mobilisation notwendig ist, schwierig.

Methode. Mithilfe des thorakoskopisch assistierten Release in Bauchlage wird dieses Problem umgangen. Das Verfahren kann wie ein Zusatzmodul zur konventionellen Skoliosekorektur von dorsal optional dann zum Einsatz kommen, wenn sich während des dorsalen Eingriffs zeigt, dass keine ausreichende Korrigierbarkeit erreicht werden kann.

Ergebnisse. Zwischen 1996 und 2005 wurden 161 Patienten (115 weiblich, 46 männ-

lich) unter 30 Jahren, darunter 113 mit idiopathischer Skoliose, in Bauchlage simultan zur dorsalen Korrekturspondylodese thorakoskopisch mobilisiert. In Biportaltechnik wurden thorakoskopisch assistiert 131 Patienten von rechts und 30 Patienten von links versorgt, bei einer durchschnittlichen Operationszeit von 69 min und durchschnittlich 3,2 mobilisierten Segmenten. Bei 3 Patienten erfolgte eine zusätzliche retroperitoneoskopische Mobilisierung einer lumbalen rigiden Krümmung. In einer prospektiv ausgewerteten Subgruppe von 32 Patienten mit idiopathischer adoleszenter Skoliose liegt nach 10 Jahren die koronare Korrektur der Indexkrümmung bei 70 % (direkt postoperativ 75 %), die Kyphose Th5–Th12 ist mit 30° dauerhaft normalisiert und der Rippenbuckel auf 2,2 cm reduziert. Bei 23 von 32 Patienten musste die Gegenkrümmung nicht fusioniert werden. Die Versteifungsstrecke konnte in 13 Fällen bei Th12 oder höher enden und so-

mit den thorakolumbalen Übergang weitgehend schonen. Leichte Komplikationen (Huang 1 oder 2) traten 4-mal auf; ein Hämatothorax erforderte die Ausräumung.

Schlussfolgerungen. Bei einer Distanz unter 25 mm zur Thoraxwand ist der Eingriff nicht möglich, sonstige Grenzen des Verfahrens oder Konversionen gab es nicht. Die Spätergebnisse nach 10–18 Jahren zeigen, dass der Mehraufwand eines zum dorsalen Standard-eingriff simultanen thorakoskopischen ventralen Releases vertretbar und geeignet ist, bessere Korrekturergebnisse zu erreichen und dauerhaft zu erhalten.

Schlüsselwörter

Behandlungsergebnis · Operative chirurgische Prozeduren · Skoliose · Kyphose · Retrospektive Studien

Simultaneous thoracoscopically assisted anterior release in prone position and posterior scoliosis correction. What are the limits?

Abstract

Background. In spite of modern pedicle-based systems, the correction of a rigid rib hump or hypokyphosis remains a problem in posterior-only scoliosis surgery. As there has so far been no reliable method of predicting the intraoperative extent of kyphosis restoration or rib hump correction by posterior-only surgery, it has been difficult to determine the indication for an additional anterior release.

Methods. The method described here circumvents this dilemma. Like an optional module, thoracoscopically assisted release in prone position (TARP) can be added when it is obvious during posterior surgery that the correction is insufficient.

Results. Between 1996 and 2005, a total of 161 patients (115 male, 46 female) under the age of 30, including 113 cases of idiopathic scoliosis, were released by simultaneous

TARP and posterior surgery. Using the two-portal technique, 131 were mobilized from the right and 30 from the left hand side. Average surgical time spanned 69 min, in which on average 3.2 apical segments were addressed. In 3 individuals, an additional retroperitoneoscopic release was used to liberate a rigid lumbar curve. After 10 years, in a prospectively evaluated subgroup of 32 patients with adolescent idiopathic scoliosis, the index curve had maintained a coronal correction of 70 % (immediately post-surgery 75 %), kyphosis was permanently normalized at 30° (Th5–Th12), and indirect rib hump was reduced to 2.2 cm. In 23 out of 32 patients the lumbar curve corrected spontaneously, obviating the need for fusion. In 13 patients, the lower instrumented vertebra lay at Th12 or higher, thus leaving the thoraco-lumbar junc-

tion fairly free. Minor complications (Huang 1 or 2) occurred in 4 patients; 1 patient with hematothorax required revision. A distance <25 mm from the spine to the chest wall precludes TARP. Other limitations (e.g., pleural adhesions) were not encountered.

Conclusion. Long-term evaluation after 10–18 years shows that an additional thoracoscopically assisted anterior release at the same time as a posterior standard scoliosis procedure is a justified and effective tool, yielding better results and maintaining them.

Keywords

Treatment outcome · Operative surgical procedures · Scoliosis · Kyphosis · Retrospective studies

Mobilisation, andernfalls zur Naht der prävertebralen Pleura, Spülung und Blähen der Lunge, Thoraxdrainageeinlage und dem Verschluss der Minithorakotomie. Zu detaillierteren Informationen sei

auf unseren Beitrag in dieser Zeitschrift aus dem Jahr 2000 verwiesen [6].

Anschließend wird der Eingriff wie eine routinemäßige dorsale Skolioseoperation zu Ende geführt.

Patientenkollektiv

Die Datenbasis für diese Vorgehensweise bildet die prospektive Erfassung aller zwischen 1996 und Ende 2004 zusätzlich endoskopisch mobilisierten 168 Pa-

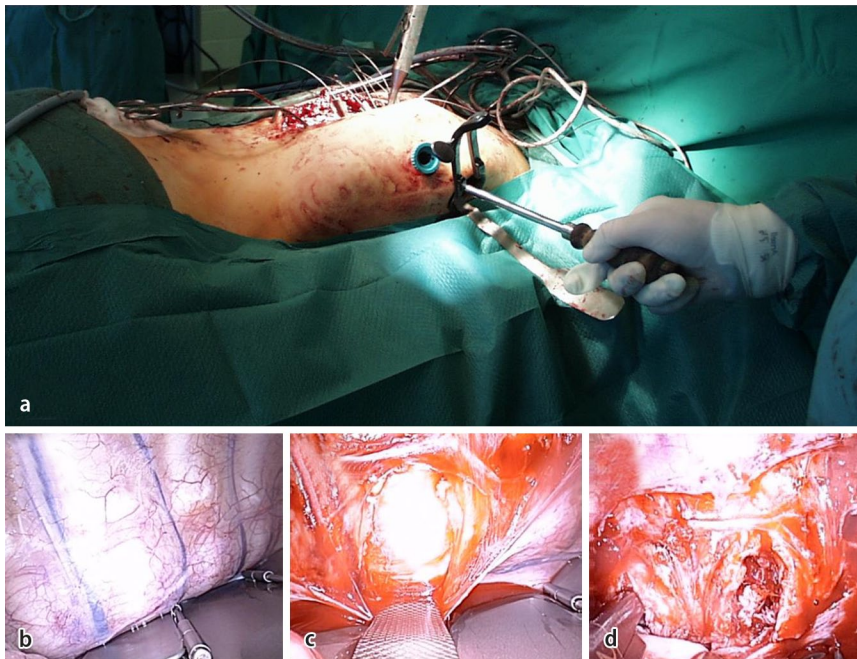


Abb. 1 ▲ Operationssituation bei simultanem ventralen Release. **a** Patient in Bauchlagerung, dorsal freigelegt, mobilisiert, oligosegmentale Pedikelschrauben und apikale sublaminare Titankabel sind eingebracht. Brustkorb ist über Endoskop-Port und Minithorakotomie von 3 cm eröffnet. Gezeigt wird die Situation während der dorsalen Korrektur mit manuellem Druck auf den Apex mithilfe eines intrathorakalen Stößels; **b** Blick auf den durch ventralen Spatel gesicherten Situs; **c** Darstellung von apikaler Bandscheibe; **d** zwei kraniale Bandscheiben sind mobilisiert, aktuell Ausräumung des dritten Segments

tienten unter 30 Jahren mit Skoliosen. Bei 131 Patienten erfolgte ein rechtsseitiger Zugang zur rechtskonvexen thorakalen Hauptkrümmung. Bei 30 Patienten wurde entsprechend der Deformität das thorakoskopische Release von der linken Seite aus durchgeführt. Bei 10 Patienten (3 mit beidseitigem Release) erfolgte zusätzlich eine ventrale Mobilisation von retroperitoneal kaudal L2, die nach einem von uns entwickelten minimal-invasiven Zugangsverfahren ebenfalls in Bauchlage möglich ist [7].

» Mobilisiert wurde der Bereich, der im Bending-Test rigide war

Das Ausmaß des Release, insbesondere die Entscheidung, ob eine (konvexeitige) Rippenköpfchenresektion oder eine apikale Keilresektion im Sinn einer Closing-wedge-Osteotomie durchgeführt wird, wurde jeweils nach der intraoperativ erzielten segmentalen Korrigierbarkeit getroffen. Bezüglich der mobilisierten Segmente galt als Richtschnur der Bereich,

der im Bending-Test rigide war. Entsprechend wurden im Mittel 3,2 apikale Bewegungssegmente gelockert. Die Operationszeit des ventralen Zusatzeingriffs betrug im Durchschnitt 69 min. Da der zusätzliche ventrale Blutverlust bei simultanem Vorgehen schwer zu erfassen ist, wurde auf die entsprechenden Aufzeichnungen verzichtet. Dagegen wurden intraoperative und postoperative Komplikationen aller 168 vorderen Teileingriffe ausgewertet.

Sicher diagnostizierte idiopathische Skoliosen lagen bei 115 Patienten vor, kongenitale Fehlbildungsskoliosen bei 14; Skoliosen ohne angeborene Formations- oder Segmentationsstörungen, jedoch mit Syndromen (Rett-, Marfan-Syndrom, Neurofibromatose) waren bei 14 und neuropathische Skoliosen bei 30 Patienten ventral mobilisationspflichtig.

Ergebnisse

Im Interesse der Homogenität und somit der Vergleichbarkeit werden mit Ausnahme der Komplikationen (s. Abschn. Kom-

plicationen) und der Grenzen des Verfahrens (s. Abschn. Grenzen), die am Gesamtkollektiv erfasst wurden, nachfolgend die Korrekturergebnisse der Versorgung der prospektiv untersuchten Subgruppe von 32 idiopathischen Skoliosen vorgestellt.

Korrektur der Skolioseindexkrümmung

Das präoperative Ausmaß der Skoliose der Indexkrümmung lag zwischen 60° und 95° bei einem Durchschnittswert von 73,2° nach Cobb. Die Hauptkrümmung konnte durchschnittlich auf 19,1° direkt postoperativ korrigiert werden, wovon nach durchschnittlich 10 Jahren Verlauf 24,2° verblieben. Dies entspricht einer durchschnittlichen Primärkorrektur von 75 % und einem Langzeitergebnis von 70 %.

Länge der Versteifungsstrecke

Bei 52 Patienten mit Lenke-1- und -2-Krümmungstypen endete die Versteifungsstrecke kaudal am 12. Brustwirbel oder höher bei einer durchschnittlichen Fusionsstrecke von 7,8 Segmenten. Der 1. Lendenwirbel musste bei 16 Patienten in die Fusion einbezogen werden. Bei 9 Versorgungen mit Versteifungsende bei L2, sowie 36 bei L3 und L4 musste der thorakolumbale Übergang stillgelegt werden. Entscheidendes Kriterium für die Auswahl des distalen Versteifungsendes ist dabei, dass nach Korrektur auch der Hypokyphose und der Rotation des Apex der kaudalste Fusionswirbel unter Horizontalisierung in die stabile Zone translatiert werden kann (■ Abb. 2).

Spontankorrektur der Nebenkrümmungen

Die Daten für die Spontankorrektur der Nebenkrümmungen des Gesamtkollektivs liegen noch nicht vor. Deshalb sei auf eine Doktorarbeit verwiesen, in der eine Subgruppe von 32 Patienten prospektiv untersucht wurde [15]: Bei 23 wurde die Gegenkrümmung nicht fusioniert. Das präoperative Ausmaß lag bei einem Mittelwert von 29,3° mit Standardabweichung $\pm 13,45$ und konnte postoperativ

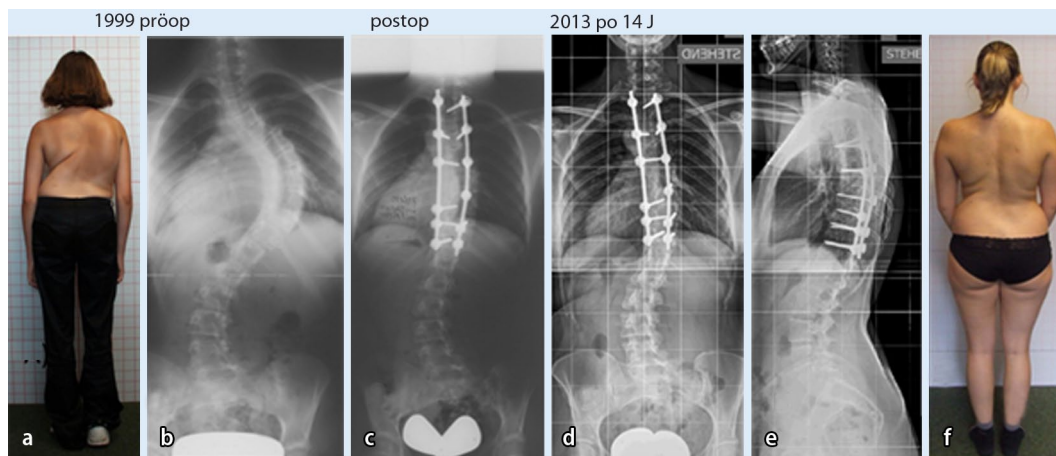


Abb. 2 ▲ Patientin aus *Der Orthopäde* 2000 [6]. Verlauf über 14 Jahre nach thorakoskopischem Release und dorsaler Fusion Th2–Th11 (kaudaler Endwirbel). Erfolgreiche Verlagerung des distalen Versteifungsendes in die stabile Zone. Koronare sowie Hypokyphosekorrektur und indirekte Rippenbuckelverbesserung ohne Korrekturverlust. Keine proximale junktionale Kyphose, weitgehender Erhalt der lumbalen Spontankorrektur; 2 erfolgreiche Schwangerschaften, voll berufstätig. **a** Klinisches Bild präoperativ; **b** präoperatives Röntgen Bild; **c** direkt postoperatives Röntgen Bild; **d, e** Röntgen Bilder 14 Jahre postoperativ; **f** klinisches Bild 14 Jahre postoperativ

indirekt auf $13,4^\circ$ korrigiert werden. Im 2-Jahres-Follow-up war eine Verschlechterung auf $15,9^\circ$ zu beobachten, bei einem Ausreißer, dessen Krümmung den Ausgangswert überstieg, was einer lumbalen Dekompensation entspricht.

Eine geringgradige asymptomatische Zunahme zeigte sich innerhalb der ersten 2 Jahre bei der Hälfte der kurzstreckig versorgten Patienten und blieb bis auf einen Fall, der operationspflichtig war, nach 10 Jahren stabil.

Wiederherstellung einer physiologischen Kyphose

Präoperativ war die Brustwirbelsäule in der Hälfte der Fälle hypokyphotisch und bei 13 % lordotisch eingestellt. Postoperativ blieb kein Patient lordotisch, bei 10 % verblieb eine Hypokyphose von $<20^\circ$. Bis zum Ende der Nachuntersuchung betrug die thorakale Kyphose im Durchschnitt $30,6^\circ$. Die Lordose der nicht fusionierten Lendenwirbelsäule stellte sich auf -30° bis -65° ein, im Mittel erreichte sie -43° . Zur Bestimmung der Derotation des Apex hielten wir eine computertomographische Bildgebung nicht für vertretbar, weshalb die deutlich weniger exakte Methode nach Nash und Moe verwendet wurde. Unter diesen Einschränkungen zeigte El Ghait [15], dass von 32 Patienten 27 präoperativ einen Rotationsgrad 3 und 4 Patienten einen Grad 2 nach Nash und Moe auf-

wiesen, die postoperativ auf Grad 2 bei 7 und auf Grad 1 bei 22 Skoliosen verbessert wurden. Analog der Hypokyphosekorrektur war auch bei der Rotationskorrektur bis zum Ende des Nachuntersuchungszeitraums keine erneute Verschlechterung aufgetreten. Dies spiegelt sich auch in der Korrektur des Rippenbuckels wider, der präoperativ im Mittel 5,5 cm (2,5–8,0 cm) betrug und postoperativ im Durchschnitt auf 2,2 cm (0–4,0 cm) korrigiert wurde. In keinem Fall wurde eine Rippenbuckelresektion durchgeführt.

Spinale Balance. Von den 32 Patienten des prospektiven Kollektivs lag das Lot von C7 präoperativ bei 17 Patienten mehr als 2 cm vor dem Zentrum von S1; direkt postoperativ normalisierte sich dies bei 26 Fällen (81 %) und bis zum Ende der Nachuntersuchung bei 29 Fällen (90 %).

Komplikationen

Die Klassifikation unerwünschter postoperativer Behandlungsverläufe (Komplikationen, Folgeerscheinungen, Versagensfälle) nach chirurgischen Eingriffen von Clavien [11] wurde 1999 von Huang [19] für endoskopische Wirbelsäuleneingriffe modifiziert: Die Einteilung in 4 Grade reicht von leichten, nicht lebensbedrohlichen Komplikationen ohne verbleibenden Schaden zum komplikationsbedingten Todesfall (■ Tab. 1).

In unserer prospektiven Serie [15] mit 32 Patienten traten 5 Komplikationen auf (16 %). Darunter fand sich kein Fall der Huang-Schweregrade III oder IV. In 2 Fällen trat ein Hämatothorax auf; bei einem Fall genügte die Neuanlage der Thoraxdrainage, beim zweiten musste eine Hämatomausräumung (thorakoskopisch assistiert über Wiedereröffnung der ursprünglichen 2 Portale) durchgeführt werden. Beide Fälle stuften wir als Schweregrad IIb ein. Eine postoperative Darmatonie, eine transiente Schädigung des Plexus brachialis sowie eine kurzzeitige postoperative rechtsseitige Hypästhesie klangen ohne spezielle Therapie folgenlos ab und wurden dementsprechend Grad 1 zugeordnet. Am thorakoskopischen Gesamtkollektiv von 168 Patienten kam es ebenfalls zu keinen Komplikationen der Grade IV oder III. Bei einem Kind mit Myelomeningocele-assoziiert Skoliose kam es während der Eröffnung der Thoraxwand zu einem – wohl reflektorischem – kurzfristigen Herzstillstand. Obwohl sich auf anästhesiologische Maßnahmen der Kreislauf rasch wieder stabilisierte, wurde der Eingriff abgebrochen und, nachdem sich keine besonderen Ursachen eruieren ließen, 14 Tage später ohne Probleme wie ursprünglich geplant, thorakoskopisch assistiert durchgeführt.

Tab. 1 Klassifizierung von Komplikationen bei thorakoskopischen Wirbelsäuleneingriffen nach Huang [19]

Grad I	Geringfügige, nicht lebensbedrohliche Komplikationen Ausheilung ohne verbleibende Beeinträchtigung
Grad IIa	Potenziell lebensbedrohliche Komplikationen Ausheilung ohne verbleibende Beeinträchtigung Komplikationsbeherrschung ohne operativen Eingriff
Grad IIb	Potenziell lebensbedrohliche (auch intraoperative) Komplikationen Ausheilung ohne verbleibende Beeinträchtigung Operativer Eingriff zur Beherrschung erforderlich
Grad III	Verbunden mit bleibender Beeinträchtigung
Grad IV	Komplikation mit Todesfolge

Grenzen

Thoraxgeometrie

Der Abstand der Wirbelsäule von der Thoraxwand legt bei hochgradigen Skoliosen die Grenze fest, jenseits der der Arbeitsbereich thorakoskopisch nicht mehr ausreichend einsehbar ist. Als Mindestabstand kann bei Verwendung eines 30°-Endoskops 25 mm angenommen werden.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass bei simultaner dorsaler und ventraler Zugangstechnik in Bauchlage die Option besteht, nach dem dorsalen Release über einen temporären konkaven Stab eine Teilkorrektur zu erreichen, die erlaubt, den Abstand zwischen Thoraxwand und Apex auf über 25 mm zu vergrößern, anschließend thorakoskopisch einzusehen und von ventral zu lockern.

In Biportaltechnik ist bei hohen Krümmungsgraden das konvexseitige Release von 3 Bandscheiben möglich, wenn mit dem apikalen Bandscheibenraum begonnen wird. Sollte eine längere Mobilisierungsstrecke erforderlich sein, so müsste ein 3. Port eingebracht werden, was den Aufwand erhöht, ansonsten jedoch keine Limitierung darstellt.

Thorakoskopisch unzugängliche Bereiche

Die Übergangsregionen zu Halswirbelsäule oder Lendenwirbelsäule lassen sich thorakoskopisch in Bauchlage bei nicht-skoliotischer Wirbelsäule einschließlich Th2 und L2 erreichen. Diese Strecke reduziert sich auf der Konvexität einer Skoliose um mindestens ein Bewegungssegment und ist abhängig vom Ausmaß einer erforderlichen Closing-wedge-Osteotomie: Je größer dieselbe gewählt werden kann, desto länger das zugängliche Areal; Endwirbel außerhalb Th2 oder L2 sind normalerweise nicht erreichbar.

Anders sieht es auf der konkaven Seite aus: Hier sind deutlich mehr Segmente, gegebenenfalls auch bis L3 erreichbar. Allerdings ist unseres Erachtens ein konkavseitiger Zugang nicht primär zur Skoliosekorrektur indiziert, da von der Gegenseite aus eine Verkürzung der Konvexität schwierig ist, sondern in erster Linie zur Aufrichtung einer Skoliose-assoziierten Kyphose geeignet, wie beispielsweise bei M. Scheuermann.

Eingriffe bei Kleinkindern

Bei infantilen oder juvenilen idiopathischen Skoliosen stellt sich das Problem eines ventralen Release selten. Auch kongenitale Skoliosen dieser Altersgruppe können in aller Regel inklusive einer Halbwirbelresektion allein von dorsal suffizient versorgt werden. Unsere Erfahrung bei 14 Kindern von 0,5 bis 10 Jahren, die wir thorakoskopisch (mit)versorgten, (6 allein zum Zweck des Release, 7 zur ventralen Epiphyseodese) zeigt, dass bei Verwendung dünner Optiken (4–5 mm) und angepasster Interkostalsperrern die Biportaltechnik auch bei Kleinkindern erfolgreich und sicher durchgeführt werden kann.

Alleinige ventrale Korrektur und instrumentierte Spondylodese

Die hohen Erwartungen, die viele Autoren und Patienten an eine alleinige thorakoskopisch durchgeführte Skoliosekorrektur gestellt haben, wurden nicht erfüllt. Daten liegen nur für in Seitenlage durchgeführte Eingriffe vor. Sie zeigen die technische Durchführbarkeit, zeigen jedoch auch eine relativ hohe Invasivität, bedingt durch die Implantation der vent-

ralen Schrauben und eine hohe Komplikations- und Korrekturverlustrate, v. a. als Folge der ventralen Instrumentation [22, 27, 30, 33, 39]. Wir haben thorakoskopisch assistierte Korrekturspondylodesen nach 2 in Seitenlage kurzstreckig versorgten Patienten 1998 zugunsten der oben beschriebenen Technik mit thorakoskopischem Release und simultan dorsaler instrumentierter Korrektur in Bauchlage verlassen.

Diskussion

Bei einem Großteil der Indikationen zur Versorgung idiopathischer, aber auch neuropathischer und kongenitaler Skoliosen steht ein prophylaktischer Ansatz im Vordergrund. Durch rechtzeitige operative Korrektur der Indexkrümmung(en) soll kurzfristig eine weitere Progredienz und langfristig eine vorzeitige Degeneration primär unbetreffender Wirbelsäulenabschnitte vermieden werden. So leicht bei 10- bis 19-jährigen Skoliosepatienten der Progredienznachweis als rechtfertigende Operationsindikation zu führen ist, so schwierig ist die Abschätzung vorzeitiger Verschleißerscheinungen in den postoperativen Dezennien. Noch problematischer erscheint es, Korrelationen zum Ausmaß von Krümmungskorrektur oder Versteifungsstrecke zu ziehen. Soll man dem Patienten raten, „sicherheits halber“ sofort bis L3 oder L4 zu versteifen oder den thorakolumbalen Übergang unfusioniert zu lassen, auch wenn langfristig mit einer weiteren Operation zur Verlängerung der Versteifungsstrecke zu rechnen ist? Würde die langstreckige Variante die von Patient und Eltern erwartete lebenslange Versorgung gewährleisten? Die Datenlage bezüglich Verlaufsbeobachtungen von mehr als 16 Jahren ist dünn, bezieht sich naturgemäß vorrangig auf nicht mehr gebräuchliche Operationsverfahren (Albee-, Risser-Hibbs- oder Harrington-Spondylodesen; [4]) und subjektive Angaben in Fragebögen ohne aktuelle Bildgebung. Die Relativität der patientenseitigen Bewertung schränkt leider die Aussagekraft erheblich ein: 83 % der Patienten mit Albee- oder Risser-Hibbs-Spondylodesen würden sich erneut operieren lassen, obwohl die aktuelle Krümmung nach 28 Jahren schlimmer ist, als präope-

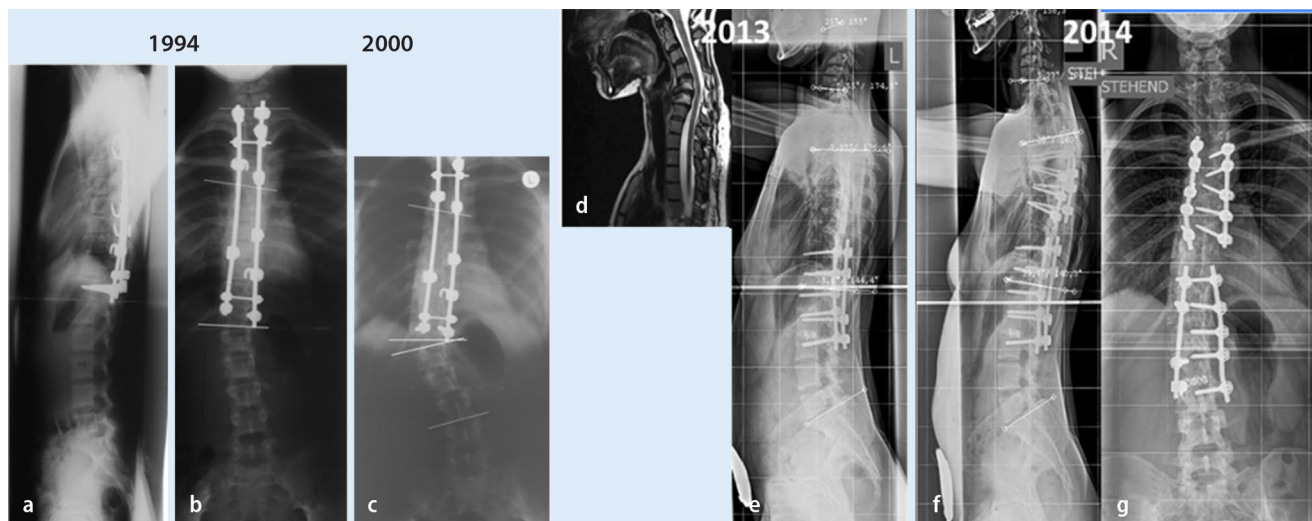


Abb. 3 ▲ Langzeitkomplikationen lumbal und zervikal nach fehlender Wiederherstellung der thorakalen Kyphose. **a, b** Postoperative Stehenaufnahme nach Versorgung einer doppelthorakalen Skoliose (Lenke 2); **c** lumbale Dekompensation 6 Jahre später, durch Verlängerung bis L3 versorgt; **d, e** 19 Jahre später Arbeitsunfähigkeit als Zahnarzthelferin durch stark schmerzhafte diskogene Dekompensation bei junktionaler Kyphose der unteren Halswirbelsäule; **f** ein Jahr nach operativer Rekyphosierung der Brustwirbelsäule durch thorakoskopisches Release mithilfe Closing-wedge-Osteotomie; **g** Stehenaufnahme a.-p. 20 Jahre und 2 Zusatzeingriffe nach Ersteingriff, Patientin wieder voll arbeitsfähig

rativ und „praktisch alle, die bis L2 oder tiefer spondylodisiert waren, rezidivierende lumbale Belastungsschmerzen angaben“ [4]. Liegt eine aktuelle Schnittbild-diagnostik vor [3, 13], so zeigen sich signifikant mehr Hinweise auf Degeneration der freien Segmente als in der Kontrollgruppe. Das Ausmaß in der Bildgebung korreliert auch bei neueren Arbeiten oft nicht mit der Klinik und den Fragebogenergebnissen, die in der Mehrzahl eine geringe Beeinträchtigung beschreiben [1]. Eine Arbeit kommt sogar zu der Schlussfolgerung: „Im Verhältnis zum gleichaltrigen Normkollektiv besteht in der körperlichen Lebensqualität des SF-36-Tests kein signifikanter Unterschied“ [17]. Wenn diese Studie allgemeingültig wäre, würde dies bedeuten, dass sowohl das Operationsverfahren als auch das Ausmaß einer Skoliosekorrektur – zumindest während der ersten 16 postoperativen Jahre – irrelevant und Bemühungen um ein höheres Korrekturausmaß, z. B. erzielt durch ein ventrales Release, unangebracht wären.

Andererseits gibt es viele unerwünschte Therapieergebnisse in Form kaudaler oder kranialer Dekompensation (■ Abb. 3), die ihren Niederschlag in zahllosen Studien fanden, insbesondere auch bezüglich des nicht nur bei der Harrington-Spondylodese wenig beeinflussten sagittalen Profils [24, 25, 34]. Wenn also die

These stimmen sollte, dass ein höheres Ausmaß der Wiederherstellung normaler Anatomie auch mit besseren Langzeitergebnissen korreliert, müssen vorrangig folgende Fragen diskutiert werden: Wie erreicht man am effektivsten eine ausreichende Mobilisation der koronaren Ebene, der Hypokyphose und des Rippenbuckels? Reicht bei höherer Implantatdichte (segmentale All-screw-Technik) ein Weniger an Release? Wo sind dabei die Möglichkeiten, wo die Grenzen des thorakoskopischen Release? Führt dies zum Erhalt kaudaler Bewegungssegmente und welche Vorteile hat eine kürzere Instrumentation?

Da Korrekturen von mehr als 70 %, die Wiederherstellung thorakaler Normokyphose und eine echte Derotation des Apex den operativen Aufwand und somit die Invasivität und Kosten einer Skoliosekorrektur drastisch erhöhen, wäre eine Aufwand-Nutzen-Rechnung der Mehrbelastung, erstellt nach Daten einer vergleichenden prospektiven Langzeitstudie, eminent wichtig.

Wie erreicht man am effektivsten eine ausreichende Mobilisation? Der Effekt einer vorgeschalteten Releaseoperation in offener Thorakotomietechnik wurde u. a. von Hempling et al. [18] untersucht, wobei eine Verbesserung um $5,5^\circ \pm 5,0^\circ$ auf Traktionsaufnahmen gefunden wurde, was

nach dem dorsalen Zweiteingriff zu einer Gesamtkorrektur von nur 59,6 % führte. Die Autoren empfehlen entsprechend, ein anteriores Release auf Spezialfälle zu beschränken. Die Arbeitsgruppe von Lenke [32] untersuchte den Effekt bei 18 offenen und 4 thorakoskopisch in Seitenlage durchgeführten Releaseeingriffen, die mit dorsaler Instrumentation kombiniert wurden. Sie fanden intraoperativ eine Verbesserung der Korrektur um knapp 10° und postoperativ um 13° . Erstaunlicherweise wurde die Hypokyphose nicht signifikant gegenüber der allein dorsalen Korrektur verbessert. Die Autoren relativieren die Indikation zum Release, zumal in der Subgruppe mit dorsal ausschließlich pedikelschraubenbasierter Instrumentation koronare Korrekturen im gleichen Ausmaß wie nach anteriorer Mobilisation erreicht wurden.

Eine Metaanalyse über thorakoskopisch assistierte Eingriffe bei Deformitäten legte Arlet vor [2]. Dabei analysierte er ausschließlich Eingriffe in Seitenlage. Neben reinen Releaseeingriffen gingen auch ventral instrumentierte Korrekturen bei Skiosen und anderen Indikationen in die Auswertungen ein. Mit Stand 2000 ergaben sich Mehrkosten gegenüber der konventionellen Thorakotomie von 28 %. Die Operationszeiten für den thorakoskopischen Eingriff lagen zwischen 2 h und

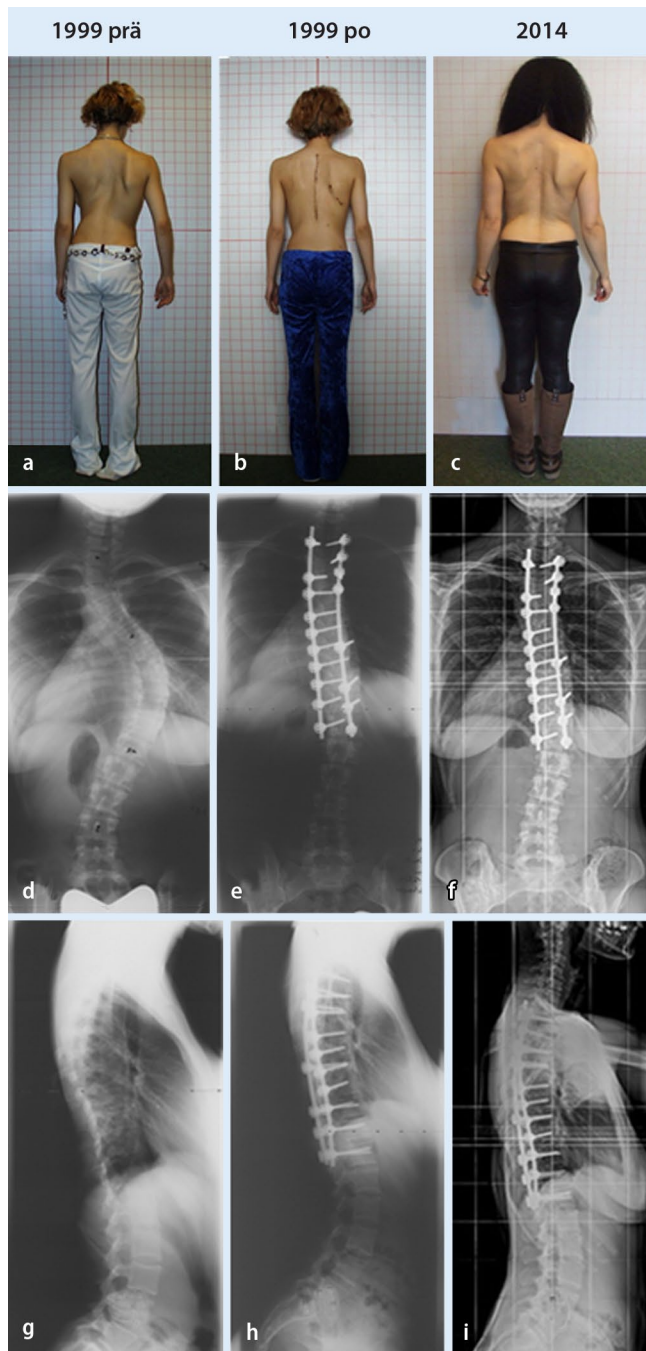


Abb. 4 ◀ Zum Zeitpunkt der Operation bereits 19-jährige Patientin. Thorakoskopisches Release von Th6 bis Th9 und simultan dorsal segmentale Instrumentation einer Lenke-2-Skoliose. Im Vergleich zu oligosegmentaler Instrumentation schlechteres Korrekturergebnis, v. a. der Hypokyphose. Nach 15 Jahren voll berufstätig, aber Halswirbelsäulebeschwerden, dort mittzervikal deutliche vorzeitige Degenerationszeichen. Bemerkenswert ist Veränderung des Schulterstands: präoperativ Hochstand links, postoperativ rechts, nach einem Jahr postoperativ und seither wieder links. **a** Klinisches Bild präoperativ; **b** klinisches Bild direkt nach Op; **c** klinisches Bild 15 Jahre postoperativ; **d** AP Röntgen Bild präoperativ; **e** AP Röntgen Bild direkt postoperativ; **f** AP Röntgen Bild 15 Jahre postoperativ; **g** Seitliches Röntgen Bild präoperativ; **h** Seitliches Röntgen Bild direkt postoperativ; **i** Seitliches Röntgen Bild 15 Jahre postoperativ

30 min und bis zu 4 h und die Zeit inklusive der dorsalen Spondylodese bei 10 h. Die Gesamtkorrektur für die Skoliose lag bei den hier relevanten Skoliosefällen bei 65 %; über Hypokyphosekorrektur oder Derotation fehlen Angaben. Bei insgesamt 151 Fällen ergeben 27 Komplikationen eine Rate von 18 %, wobei die meisten Komplikationen keinen Einfluss auf das Endergebnis hatten. Dies entspräche in der Huang-Klassifikation [19] den Graden I oder II. Sie spiegeln in Ausmaß und Höhe unsere Ergebnisse. Mit im Durch-

schnitt 69 min sind unsere Zeiten für den thorakoskopischen Eingriff wesentlich geringer.

Beide vorgenannten Techniken unterscheiden sich von unserer dadurch, dass sie durch die Nachteile eines zweizeitigen oder einzeitig vorgeschalteten Zusatzeingriffs in Seitenlage, sei es konventionell offen oder thorakoskopisch, gekennzeichnet sind. Dabei ist intraoperativ das Ausmaß der Mobilisierung schwieriger überprüfbar als bei der Situation in Bauchlage, bei der die simultane Zugangsmög-

lichkeit und nachfolgende definitive Stabilisierung ohne Umlagerung eine uneingeschränkte Radikalität des Release erlaubt. Dies würde auch die im Vergleich zu unseren Ergebnissen geringeren Korrekturwerte der koronaren Krümmung und den nicht erzielten Effekt auf die sagittale Korrektur erklären.

In diese Richtung zeigen auch Ergebnisse einer bizenitrischen Studie [10], bei der trotz eines anterior offenen Release bei einem Fünftel der Patienten und Korrektur der Hauptkrümmung von 67,4 % die Derotation offensichtlich so gering war, dass bei 20 % der Fälle zusätzlich eine Kostoplastie vorgenommen wurde. Eminent wichtig an dieser Arbeit erscheint der Einfluss der dorsalen Technik mit ausschließlich Pedikelschrauben auf das sagittale Profil. Normale Ausgangswerte der Kyphose zwischen Th5 und Th12 von 28,0° verschlechterten sich auf postoperativ 19,9° mit weiterem Verlust auf 15,7° nach 2 Jahren. In jüngerer Zeit haben auch andere Autoren [8, 21, 25, 34] auf die relevante Zusatzmorbidity durch eine operationsinduzierte Verringerung der thorakalen Kyphose hingewiesen. Die höhere Implantatdichte – 2 Pedikelschrauben in jedem Wirbel – scheint damit in direktem Zusammenhang zu stehen. Wir fanden, dass trotz eines thorakoskopischen Release diese Technik schlechtere sagittale Korrekturen lieferte (◼ Abb. 4) als endwirbelnahe Schrauben mit apikalen Kabeln und einer konvexseitigen Schraube. Aus diesem Grund haben wir nach Teilergebnissen der Studie von El Ghait [15] die Technik – Schraubenfixation in jedem Segment – 2001 zugunsten der oligosegmentalen Methode verlassen.

» Die Bauchlage erlaubt den Release ohne Umlagerung

In unserer Serie konnten alle pathologischen thorakalen Lordosen beseitigt und mit einer im Durchschnitt 30° betragenden Kyphose zwischen Th5 und Th12 normale sagittale Verhältnisse geschaffen werden.

Inwieweit die Technik der simultanen Rotation beider Stäbe, wie von Clement et al. [12] behauptet, doch in der Lage ist, allein von dorsal gegen eine rigide ventrale

Säule Kyphose und Derotation auf sichere Weise zu erzwingen und langfristig zu halten, muss die Zukunft zeigen.

Als Grenze der thorakoskopischen Zugangstechnik gaben Lieberman et al. [29], die allerdings vorzugsweise von konkav als Zugangsseite arbeiten, einen Cobb-Winkel der Hauptkrümmung von 70° an. Dies können wir – zumindest anhand der wenigen Fälle, die wir aus anderen Indikationen heraus von konkav versorgten – nicht bestätigen.

Nach unserer Erstbeschreibung der thorakoskopischen simultan mit der dorsalen Zugangsweise im Jahr 1997 [5] haben nur wenige Arbeitsgruppen Ergebnisse mit dieser Technik zum Skolioserelease publiziert [26, 29, 37, 38]. Darin werden alle wesentlichen Vorteile dieser Technik reproduziert. So wird unsere Erfahrung bestätigt [7], dass in Bauchlage kein Doppellumentubus benötigt wird, die Orientierung einfacher ist, weil die Lagerung der Erfahrung aus dorsalen Eingriffen entspricht und dass die Einsparung von Umlagerung und neuer Sterilabdeckung die Saalnutzungszeit um knapp 1 h reduziert.

» Jedes unversteifte Segment kann zu einem Schmerzgenerator werden

Die Frage, wie viel mehr Bewegungssegmente durch eine optimale Korrektur von Skoliose, Hypokyphose und Derotation des Scheitelwirbels der Indexkurve nach zusätzlichem thorakoskopischen Release unfusioniert bleiben können, ist schwierig zu beantworten, weil eine sichere Bezugsgröße fehlt und die Richtlinien zur optimalen Versteifungsstrecke variieren. Nimmt man die Empfehlungen von Suk oder Lenke, so sind es bei Lenke-1- oder Lenke-2-Krümmungen mindestens 1,25 Segmente pro Patient, die erhalten werden konnten. Kurze Versteifungsstrecken sind jedoch kein Selbstzweck und es ist zu bedenken, dass jedes unversteifte Segment langfristig auch zu einem individuellen Schmerzgenerator werden kann.

Richtschnur für die Versteifungsstrecke sind die Erfahrungen aus der ventralen Derotationsspondylodese (VDS) nach Zielke, die i. d. R. von End-zu-End-Wir-

bel geführt wurde. Wegen einer hohen Rate von Stabbrüchen oder Schraubenauslockerungen mit Korrekturverlust wurde sie weitgehend aufgegeben. Wenn sie allerdings ohne Komplikationen ausheilte, erzielte die VDS bei Monokrümmungen hervorragende Korrekturergebnisse. Der Grundgedanke der hier geschilderten Methode ist die Kombination der Vorteile der VDS mit den Vorteilen der dorsalen Stabilisierung mithilfe transpedikulär verankerter Schrauben.

Fazit für die Praxis

- Das hier vorgestellte Verfahren ist ein Zusatzmodul zur konventionellen Skoliosekorrektur von dorsal. Es kann optional zum Einsatz kommen, wenn sich während des dorsalen Eingriffs zeigt, dass keine ausreichende Korrigierbarkeit erreicht werden kann. Da das Gefahrenmoment einer Umlagerung eines mit mobilisierter Wirbelsäule partiell instabilen Patienten entfällt, kann das Release jeweils bis zum optimalen Ausmaß fortgesetzt werden.
- Das ventrale Release durch Entfernen der Bandscheiben erlaubt bei geringerer Krafteinleitung höhere Korrekturgrade insbesondere bezüglich Hypokyphose als die rein dorsalen Verfahren. Echte 3D-Korrektur der Indexkrümmung erhöht das Ausmaß der Spontankorrektur der Gegenkrümmung ohne Versteifung. Dadurch und durch die Tatsache, dass bei der Translatierbarkeit des unteren Versteifungsblocks in die stabile Zone Fusionen von End-zu-End-Wirbel möglich werden, kann der funktionell wichtige thorakolumbale Übergang häufiger als bei der alleinigen dorsalen Versorgung unangetastet bleiben.

Korrespondenzadresse

Dr. M. Shousha

Abt. für Wirbelsäulenchirurgie
Zentralklinik Bad Berka
Robert-Koch-Allee 9, 99437 Bad Berka
mochoucha@hotmail.com

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. H. Böhm, H. El Ghait und M. Shousha geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. Akazawa T, Minami S, Kotani T, Nemoto T, Koshi T, Takahashi K (2012) Long-term clinical outcomes of surgery for adolescent idiopathic scoliosis 21 to 41 years later. *Spine* 37:402–405
2. Arlet V (2000) Anterior thoracoscopic spine release in deformity surgery: a meta-analysis and review. *Eur Spine J* 9(Suppl 1):S17–S23
3. Bernstein P, Hentschel S, Platzek I, Huhne S, Ettrich U, Hartmann A, Seifert J (2014) Thoracal flat back is a risk factor for lumbar disc degeneration after scoliosis surgery. *Spine* 14:925–932
4. Beyeler J, Rodriguez M, Scheier H, Schick G (1979) Skoliosen. Operative Behandlung bei Skoliosen, 10- und mehr Jahres-Resultate. *Orthopäde* 8:204–210
5. Böhm H (1997) Simultaneous front and back surgery: a new technique with a thoracoscopic or retroperitoneal approach in prone position. *pub Abstract, Conference Proceedings, IMAST IV*
6. Böhm H, El Saghir H (2000) Minimal-invasive ventrale Release und endoskopische ventrale Instrumentation bei Skoliosen. *Orthopäde* 29:535–542
7. Böhm H (2013) Ein neues minimal-invasives Konzept zur komplexen Restabilisierung der Wirbelsäule. *Habilitationsschrift. Justus-Liebig-Universität, Giessen*
8. Canavese F, Turcot K, De Rosa V, de Coulon G, Kaelin A (2011) Cervical spine sagittal alignment variations following posterior spinal fusion and instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* 20:1141–1148
9. Chang DG, Kim JH, Kim SS, Lim DJ, Ha KY, Suk SI (2014) How to improve shoulder balance in the surgical correction of double thoracic adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 39:E1359–1367
10. Cheng I, Kim Y, Gupta MC, Bridwell KH, Hurford RK, Lee SS, Theerajunyaporn T, Lenke LG (2005) Apical sublamina wires versus pedicle screws—which provides better results for surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis? *Spine* 30:2104–2112
11. Clavien PA, Sanabria JR, Strasberg SM (1992) Proposed classification of complications of surgery with examples of utility in cholecystectomy. *Surgery* 111:518–526
12. Clement JL, Chau E, Geoffray A, Suisse G (2014) Restoration of thoracic kyphosis by simultaneous translation on two rods for adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* 23(Suppl 4):S438–S445
13. Danielsson AJ, Cederlund CG, Ekholm S, Nachemson AL (2001) The prevalence of disc aging and back pain after fusion extending into the lower lumbar spine. A matched MR study twenty-five years after surgery for adolescent idiopathic scoliosis. *Acta Radiol* 42:187–197
14. Dobbs MB, Lenke LG, Kim YJ, Luhmann SJ, Bridwell KH (2006) Anterior/posterior spinal instrumentation versus posterior instrumentation alone for the treatment of adolescent idiopathic scoliotic curves more than 90 degrees. *Spine* 31:2386–2391

15. El Ghait H (2001) Value Of Endoscopic Technique In Surgical Management of Of Adolescent Scoliosis. MD Thesis, Department of Orthopedics. Al-Azhar University
16. Ferrero E, Pesenti S, Blondel B, Jouve JL, Mazda K, Ilharreborde B (2014) Role of thoracoscopy for the sagittal correction of hypokyphotic adolescent idiopathic scoliosis patients. *Eur Spine J* 23:2635–2642
17. Gotze C, Slomka A, Gotze HG, Potzl W, Liljenqvist U, Steinbeck J (2002) [Long-term results of quality of life in patients with idiopathic scoliosis after Harrington instrumentation and their relevance for expert evidence]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 140:492–498
18. Hempfing A, Ferraris L, Koller H, Rump J, Metz-Stavenhagen P (2007) Is anterior release effective to increase flexibility in idiopathic thoracic scoliosis? Assessment by traction films. *Eur Spine J* 16:515–520
19. Huang TJ, Hsu RW, Sum CW, Liu HP (1999) Complications in thoracoscopic spinal surgery: a study of 90 consecutive patients. *Surg Endosc* 13:346–350
20. Ilharreborde B, Morel E, Mazda K, Dekutoski MB (2009) Adjacent segment disease after instrumented fusion for idiopathic scoliosis: review of current trends and controversies. *J Spinal Disord Tech* 22:530–539
21. Kim HJ, Bridwell KH, Lenke LG, Park MS, Song KS, Piyaskulkaew C, Chuntarapas T (2014) Patients with proximal junctional kyphosis requiring revision surgery have higher postoperative lumbar lordosis and larger sagittal balance corrections. *Spine* 39:E576–580
22. Kim HS, Park JO, Nanda A, Kho PA, Kim JY, Lee HM, Moon SH, Ha JW, Ahn EK, Shin DE, Kim SJ, Moon ES (2010) Video-assisted thoracoscopic surgery for correction of adolescent idiopathic scoliosis: comparison of 4.5 mm versus 5.5 mm rod constructs. *Yonsei Med J* 51:753–760
23. Kim YB, Lenke LG, Kim YJ, Kim YW, Bridwell KH, Stobbs G (2008) Surgical treatment of adult scoliosis: is anterior apical release and fusion necessary for the lumbar curve? *Spine* 33:1125–1132
24. Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, Kim J, Cho SK (2005) Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis following segmental posterior spinal instrumentation and fusion: minimum 5-year follow-up. *Spine* 30:2045–2050
25. Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, Kim J, Cho SK, Cheh G, Yoon J (2007) Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis after 3 different types of posterior segmental spinal instrumentation and fusions: incidence and risk factor analysis of 410 cases. *Spine* 32:2731–2738
26. King AG, Mills TE, Loe WA Jr, Chutkan NB, Revels TS (2000) Video-assisted thoracoscopic surgery in the prone position. *Spine* 25:2403–2406
27. Lee CS, Park SJ, Chung SS, Kang KC, Jung CH, Kim YT (2013) A comparative study between thoracoscopic surgery and posterior surgery using all-pedicle-screw constructs in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *J Spinal Disord Tech* 26:325–333
28. Levin R, Matusz D, Hasharoni A, Scharf C, Lonner B, Errico T (2005) Mini-open thoracoscopically assisted thoracotomy versus video-assisted thoracoscopic surgery for anterior release in thoracic scoliosis and kyphosis: a comparison of operative and radiographic results. *Spine J* 5:632–638
29. Lieberman IH, Salo PT, Orr RD, Kraetschmer B (2000) Prone position endoscopic transthoracic release with simultaneous posterior instrumentation for spinal deformity: a description of the technique. *Spine* 25:2251–2257
30. Lonner BS, Auerbach JD, Estreicher M, Milby AH, Kean KE (2009) Video-assisted thoracoscopic spinal fusion compared with posterior spinal fusion with thoracic pedicle screws for thoracic adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 91:398–408
31. Lonner BS, Auerbach JD, Estreicher MB, Betz RR, Crawford AH, Lenke LG, Newton PO (2009) Pulmonary function changes after various anterior approaches in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *J Spinal Disord Tech* 22:551–558
32. Luhmann SJ, Lenke LG, Kim YJ, Bridwell KH, Schootman M (2005) Thoracic adolescent idiopathic scoliosis curves between 70 degrees and 100 degrees: is anterior release necessary? *Spine* 30:2061–2067
33. Newton PO, Upasani VV, Lhamby J, Ugrinow VL, Pawelek JB, Bastrom TP (2009) Surgical treatment of main thoracic scoliosis with thoracoscopic anterior instrumentation. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 91(Suppl 2):233–248
34. Newton PO, Yaszay B, Upasani VV, Pawelek JB, Bastrom TP, Lenke LG, Lowe T, Crawford A, Betz R, Lonner B (2010) Preservation of thoracic kyphosis is critical to maintain lumbar lordosis in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 35:1365–1370
35. Ren C, Liu L, Song Y, Zhou C, Liu H, Li T (2014) Comparison of anterior and posterior vertebral column resection versus anterior release with posterior internal distraction for severe and rigid scoliosis. *Euro Spine J* 23:1237–1243
36. Shi Z, Chen J, Wang C, Zhang Y, Ran B, Li M (2014) Comparison of Thoracoscopic Anterior Release Combined with Posterior Spinal Fusion Versus Posterior-only Approach with an all-Pedicle Screw Construct in the Treatment of Rigid Thoracic Adolescent Idiopathic Scoliosis. *J Spinal Disord Tech*. [Epub ahead of print]
37. Sucato DJ, Elerson E (2003) A comparison between the prone and lateral position for performing a thoracoscopic anterior release and fusion for pediatric spinal deformity. *Spine* 28:2176–2180
38. Sucato DJ, Erken YH, Davis S, Gist T, McClung A, Rathjen KE (2009) Prone thoracoscopic release does not adversely affect pulmonary function when added to a posterior spinal fusion for severe spine deformity. *Spine* 34:771–778
39. Weinzapfel B, Son-Hing JP, Armstrong DG, Blake-More LC, Poe-Kochert C, Thompson GH (2008) Fusion rates after thoracoscopic release and bone graft substitutes in idiopathic scoliosis. *Spine* 33:1079–1083

Beiträge jetzt einreichen

Originalien, Kasuistiken und Videobeiträge



Machen Sie mit:
Reichen Sie Ihren
Beitrag ein.

Originalien

In einer Originalarbeit werden Methoden und Ergebnisse eigener Untersuchungen oder Studien dargestellt und diskutiert. Originalarbeiten können nur als Erstpublikation eingereicht werden und durchlaufen ein Peer-Review-Verfahren.

Kasuistiken

Kasuistiken zeigen anhand von kurzen Fallbeispielen Besonderheiten der klinischen Praxis, Fallstricke der Diagnostik und ungewöhnliche Krankheits- und Behandlungsverläufe. Der Leser soll durch die Vorstellung und Diskussion konkreter Fälle praktische Hinweise zum diagnostischen und therapeutischen Vorgehen erhalten.

Videobeitrag:

Aktuelle Operationstechniken

Im Mittelpunkt steht das Video zur aktuellen Operationstechnik. Es werden bewährte operative Verfahren dargestellt. In einem kurzen begleitenden Textbeitrag werden dem Leser die wichtigsten Punkte des Videos vorgestellt. Das Video soll komplizierte Vorgehensweisen anschaulich und verständlich präsentieren.

Informationen zur Einreichung von Manuskripten sowie hilfreiche Leitfäden erhalten Sie auf www.DerOrthopaede.de. Reichen Sie Ihr Manuskript online ein unter www.editorialmanager.com/deor/