

Operative Komplikationsbehandlung nach Wirbelsäulenoperation

Wechseloperationen nach Hüftendo-talprothesen mit radiologischen Lockerungszeichen und entsprechenden Belastungsschmerzen sind ebenso wie Revisionseingriffe bei postoperativen Infektionen allgemein anerkannte Indikationen. Teilweise kontrovers ist die diesbezügliche Diskussion zu Revisionseingriffen an der Wirbelsäule [4, 9].

Wirbelsäulenverletzungen sind relativ häufig in Übergangsregionen lokalisiert. Ist der thorakolumbale Übergang (TLÜ) in Höhe BWK₁₁–LWK₂ betroffen, treten u. a. laut einer Studie der Arbeitsgemeinschaft „Wirbelsäule“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie in etwa 15–20% der Fälle neurologische Ausfälle auf. In einer prospektiven Analyse der Kyphosewinkel im radiologischen Verlauf wurde in der gleichen Studie festgestellt, dass es trotz unterschiedlicher Operationstechniken (dorsal, dorsal mit Spongiosaplastik, ventral oder kombiniert) zu einer zunehmenden Kyphosierung kommt bzw. während der Erstversorgung keine vollständige Reposition der traumatischen Fehlstellung erreicht wird [10]. Derartige ungenügende Repositionen bzw. zunehmende oder Rekyphosierungen sind gerade im TLÜ schlecht bis gar nicht muskulär kompensierbar und führen selbst bei geringen Cobb-Winkeln (<15–20°) zu statischen Belastungen der ober- bzw. unterhalb der Fehlstellung gelegenen Wirbelsäulenabschnitte. Diese posttraumatischen Fehlstellungen stellen somit eine Indikation zu Revisionseingriffen dar, es erhob sich

die Frage, welche weiteren Indikationen bestehen.

Material und Methode

In einer retrospektiven Studie wurden alle im Zeitraum von Januar 1998–Juni 2003 erfolgten Wirbelsäulenoperationen bei 1053 konsekutiven Fällen im eigenen Zentrum indikationsbezogen anhand von Patientenakten und digitalen Operationsberichten nachuntersucht. Etwaige neurologische Änderungen wurden nach ASIA-Kriterien klassifiziert [2]. Die Analyse der Ursachen der Revisionseingriffe ergab folgende Gruppierung und Anzahl operationsbedürftiger Komplikationen:

- Infekt/Wundheilungsstörung: 66 (6,2%),
- Pseudarthrose/Materiallockerung: 32 (3,03%),
- Schraubenfehlage: 15 (1,4%),
- spinale Kompression: 7 (0,7%),
- Kyphose/Fehlstellung 22: (2,1%),
- unzureichende (zu lange oder zu kurze) Instrumentationsstrecke: 10 (0,9%),
- Hämatom: 16 (1,5%) und
- sonstige (Spinalkatheterkorrektur, Auswechseln eines undichten Ports, Rezidiv eines Bandscheibenvorfalles, Liquorististel, Vertebralarterienkompression): 25 (2,4%).

Das Zeitintervall zwischen Ersteingriff und Revision wurde ebenso erfasst wie

eine Aufschlüsselung nach Revisionen der eigenen bzw. zugewiesenen Patienten (■ **Tabelle 1**).

Anhand von Beispielen sollen die diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen vorgestellt und diskutiert werden.

Kasuistik

Fall 1

Die beruflicher Widereingliederung der 41-jährigen Frau mit pseudarthrotischer Ausheilung einer LWK₁-Fraktur Typ C2.1. nach alleiniger Instrumentierung und Laminektomie mit Metallbruch und erfolgter Materialentfernung mit kyphotischer Fehlstellung von 35° nach Cobb und Adlatus-Versatz war nicht möglich. Bei zunehmender Neurologie (ASIA D) wurde im Double approach 3,7 Jahre nach dem Ersteingriff thorakoskopisch ein dorsal instrumentiertes ventrales Release vorgenommen. Damit war eine Reposition möglich, es erfolgte die kombinierte Stabilisation mit autologem, gedoppeltem Beckenkammspan. Die neurologische Situation verbesserte sich postoperativ nicht. Die erheblichen belastungsabhängigen Rückenschmerzen [präoperativ 9 nach der visuellen Analogskala (VAS)] konnten auf 3 in der 12-Monats-Kontrolle reduziert werden (■ **Abb. 1**).

Fall 2

Fehlpositionierte Pedikelschrauben mit Myelon- oder unzureichender mechanischer Kompression wurden ausgetauscht

Tabelle 1

Komplikationen, die zu operativen Revisionen führten								
Revisionen	Komplikationen	1998	1999	2000	2001	2002	2003, 1. Halbjahr	Gesamt
Gesamt		70	94	184	225	294	186	1053
Primäreingriffe		52	74	158	174	246	156	860
Fremdreversionen (gesamt)		10	7	4	17	15	7	60
Eigene Revisionen		8	13	22	34	33	23	133
Fremdreversion wegen	Infekt, Wundheilungsstörung	1	2	–	2	3	–	8
	Pseudarthrosen, Materiallockerung	3	4	–	3	2	–	12
	Schraubenfehlhage	1	1	–	1	3	1	7
	Spinale Kompression	–	–	1	1	1	1	4
	Kyphose, Fehlstellung	3	–	2	5	2	4	16
	Falsche Höhe	–	–	–	–	–	–	–
	Instrumentation unzureichend	2	–	–	3	2	–	7
	Hämatom	–	–	–	–	–	–	–
	Sonstiges	–	–	1	2	2	1	6
Eigene Revision wegen	Infekt, Wundheilungsstörung	2	5	15	16	11	9	58
	Pseudarthrosen, Materiallockerung	–	2	2	7	5	4	20
	Schraubenfehlhage	–	–	3	2	1	2	8
	Spinale Kompression	–	1	–	1	1	–	3
	Kyphose, Fehlstellung	2	1	1	–	1	1	6
	Falsche Höhe	–	–	–	–	–	–	–
	Instrumentation unzureichend	–	–	–	–	3	–	3
	Hämatom	–	3	–	5	8	–	16
	Sonstiges	4	1	1	3	3	7	19
Sonstiges	Korrektur Katheterlage							
	Bursaentwicklung an spinaler Kathetereintrittsstelle							
	Port undicht							
	Rezidiv-BSV							
	Liquorfistel							
	Vertebralarterienkompression							

und in der Lage optimiert (■ Abb. 2). Auch Schraubenfehlhagen mit der Gefahr der Gefäßarrosion und Aneurysmaentstehung wurden gewechselt, wobei hier gerade bei Operationen des zervikothorakalen Übergangs oder im Bereich der oberen Brustwirbelsäule die Indikation zur spinalen Navigation gesehen wurde [8].

Fall 3

Bei insuffizienter ventraler Stabilisation und aufsteigender Querschnittslähmung von Segment C7 auf C6 wurde bei diesem 18-jährigen Zivildienstleistenden die dringliche Indikation zur Revision 4 Tage nach Ersteingriff gestellt. Vorgenommen wurden Metallentfernung, Reposition und dorsale Facettengelenkteilresektion, monosegmentale kombinierte Stabilisati-

on mit Titankompressionsplatte, Spreizdübelschrauben und Massa-lateralis-Schrauben. Die Querschnittslähmung stabilisierte sich daraufhin auf Höhe des verletzten Wirbelsäulensegments C7, war also rückläufig (■ Abb. 3).

Fall 4

Bei dem 36-jährigen querschnittgelähmten Mann (ASIA A) wurde die Fusionsstrecke 6 Wochen nach Erstversorgung entsprechend der Klassifikation einer B1.3-Fraktur verkürzt, gleichzeitig wurden die vorderen verletzten Anteile der Wirbelsäule mit autologen Spongiosadübeln ventral rekonstruiert (■ Abb. 4). Eine neurologische Erholung trat, wie zu erwarten, nicht ein. Allerdings kam es zu einer deutlichen funktionellen Verbesserung des Selbstständigkeitsgrads.

Fall 5

Zur Wiederherstellung der blockierten Kopfbeweglichkeit wurde bei diesem 45-jährigen Mann (ASIA A sub C2) eine Revision nötig. Die Densfraktur wurde minimalinvasiv mit Knörringer-Doppelgewindeschrauben osteosynthetisch stabilisiert, die nicht erforderliche sublaminare Drahtcerclage wurde entfernt. Die nonverbale Kommunikation und die Bedienung eines Elektrorollstuhls mit einer Kinnsteuerung wurden dadurch wieder möglich (■ Abb. 5).

Operative Strategie und Diagnostik

In Abhängigkeit vom Lebensalter, der beruflichen Belastung und radiologischen Fehlstellung wird primär die Komplikation diagnostiziert. Anhand der Analyse

von Röntgenaufnahmen im zeitlichen Verlauf können die Progredienz einer pseudarthrotischen Fehlstellung beurteilt und der maximal zu erwartende Korrekturverlust berechnet werden (■ **Abb. 6**). Funktionsaufnahmen in In-/Reklination – in seltenen Fällen auch seitliche Bendingaufnahmen – zeigen Instabilitäten. Facetteninfiltrationen unter Bildwandlerkontrolle und/oder Ruhigstellung mit einer Rumpforthese können den Effekt einer Aufrichtung bei Instabilität simulieren und zur Entscheidungsfindung dienen.

Zur Abschätzung der knöchernen Situation werden ein CT der Wirbelsäulenregion mit Einschluss der Pedikelebene ober- und unterhalb der Fehlstellung (zur Planung der Schraubenrichtung), bei Verdacht auf Myelonveränderung sowie zur Festlegung der Ausdehnung der Fusion ein MRT angefertigt. Skelettszintigraphische oder computertomographische Untersuchungen mit Kontrastmittel bei Infektverdacht ergänzen den Untersuchungsablauf. Bei thorakal geplantes operativem Vorgehen wird zusätzlich – zum Ausschluss von Kontraindikationen für diese Technik – die Vitalkapazität bestimmt.

Operation

Dorsal Technik

In Bauchlage werden die Pedikel der Wirbelkörper ober- und unterhalb der Fehlstellung nach Möglichkeit kurzstreckig, evtl. monosegmental, in Abhängigkeit von Knochenqualität und Schraubensitz bzw. -halt instrumentiert. Über die Verlängerungshebel wird unter Verkürzung der Wegstrecke des Hypomochlions unter Berücksichtigung des Drehpunkts (mechanisch gesehen handelt es sich um einen 2-armigen Hebel) eine Lordosierung durchgeführt (■ **Abb. 7**). Bei dorsal liegenden, die Reposition behindernden Strukturen erfolgt ein Release dorsal mit Laminektomie zum Schutz des Myelons. Falls die Reposition weiterhin nicht ausreicht, wird von dorsal und dorsolateral ventral ein weiteres Release mit Durchtrennung des vorderen, meist sperrenden Längsbands durchgeführt.

Double-approach-Technik

Quasi in Seitenlage erfolgen eine dorsale Instrumentation der Wirbelsäule, ein dor-

Trauma Berufskrankh 2005 · 7[Suppl 1]:S187–S193
DOI 10.1007/s10039-004-0896-3
© Springer-Verlag 2004

K. Röhl · F. Röhrich

Operative Komplikationsbehandlung nach Wirbelsäulenoperation

Zusammenfassung

Komplikationen nach Wirbelsäulenoperationen können nach allgemeinen – Infektionen bzw. Nachblutungen – und spezifischen Komplikationen differenziert werden. Sie erfordern oft einen Revisionseingriff. Spezielle Indikationen zu operativen Revision sind u. a. Instabilitäten oder Fehlstellungen. Die von uns im Zeitraum von 5,5 Jahren vorgenommenen 1055 Wirbelsäulenoperationen wurden retrospektiv analysiert. In 6% der Fälle mussten postoperative Infekte und in 3% Fehlstellungen mit Pseudarthrosen operativ korrigiert werden. Gerade bei der Korrektur von Fehlstellungen des thorakolumbalen Übergangs

leistet die minimalinvasive endoskopische Technik exzellente Unterstützung. Überraschenderweise war der Anteil fehlpositionierter Pedikelschrauben (1,4%) eher gering. Da in Einzelfällen eine neurologische Erholung im zeitlichen Zusammenhang mit der Revisionsoperation nachgewiesen werden konnte, leiteten wir hieraus ggf. auch die Indikation für einen Notfall-eingriff ab.

Schlüsselwörter

Wirbelsäulenoperation · Komplikation · Revision · Indikation · Rückenmarkverletzung

Treatment of surgical complications after spinal surgery

Abstract

Complications after spine operations can be differentiated into general – infections and/or haemorrhages – and specific problems. They often require revision operations. Specific indications for surgical revision among others include instability and defective positions. 1,055 spinal operations performed in a period of 5.5 years were subjected to a retrospective analysis. Postoperative infections made surgical revision necessary in 6% of these cases, and in 3% defective positions with pseudarthrotic required surgical correction. Especially for correction of defective positions at the thoracolumbar tran-

sition, minimally invasive endoscopic technology allows excellent support. Surprisingly, badly positioned pedicle screws were found in only rather a small proportion of cases (1.5%). Since in individual cases it was confirmed that neurological recovery was linked to the timing of the revision operation, we base our decision on whether emergency surgery is indicated on this perception when appropriate.

Keywords

Spinal surgery · Complication · Revision · Indication · Spinal cord injury

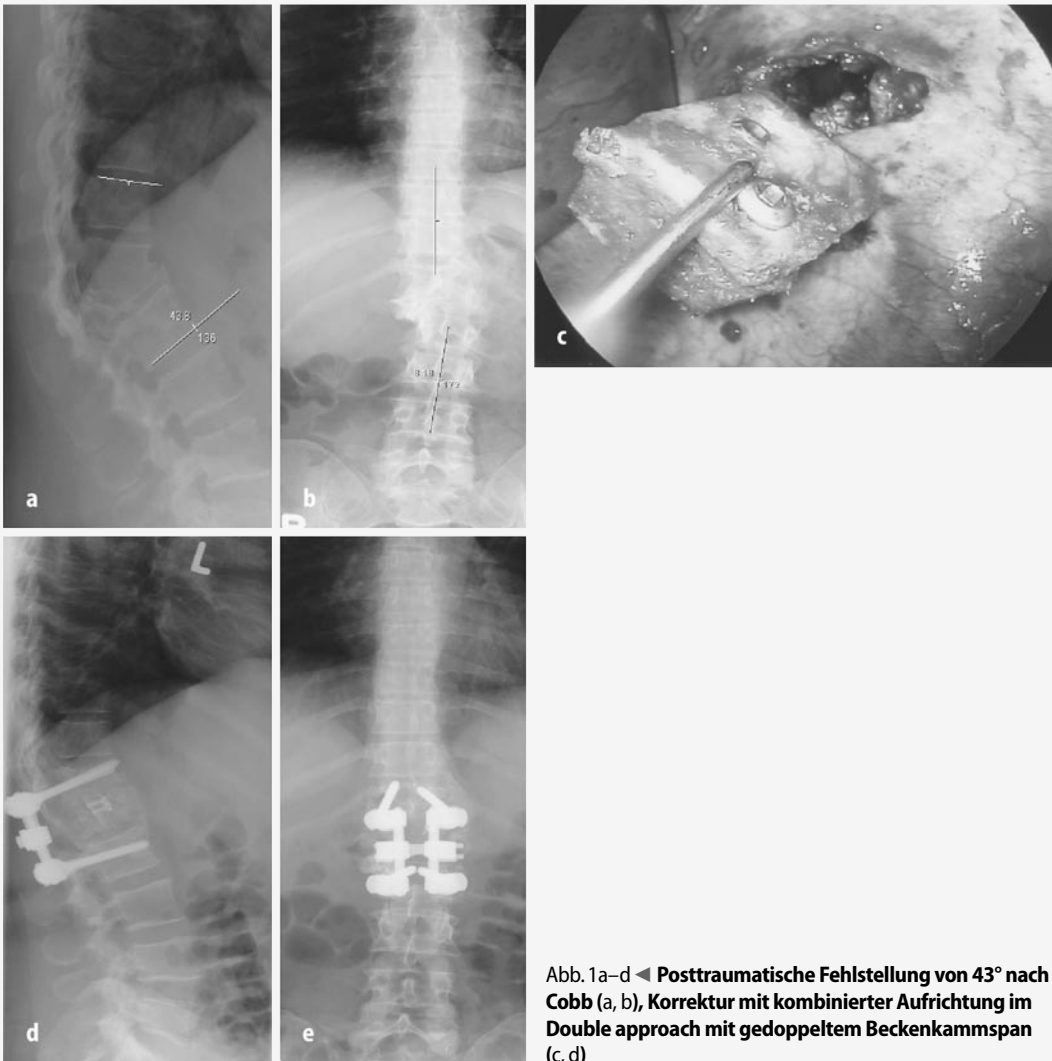


Abb. 1a–d ◀ Posttraumatische Fehlstellung von 43° nach Cobb (a, b), Korrektur mit kombinierter Aufrichtung im Double approach mit gedoppeltem Beckenkammspan (c, d)

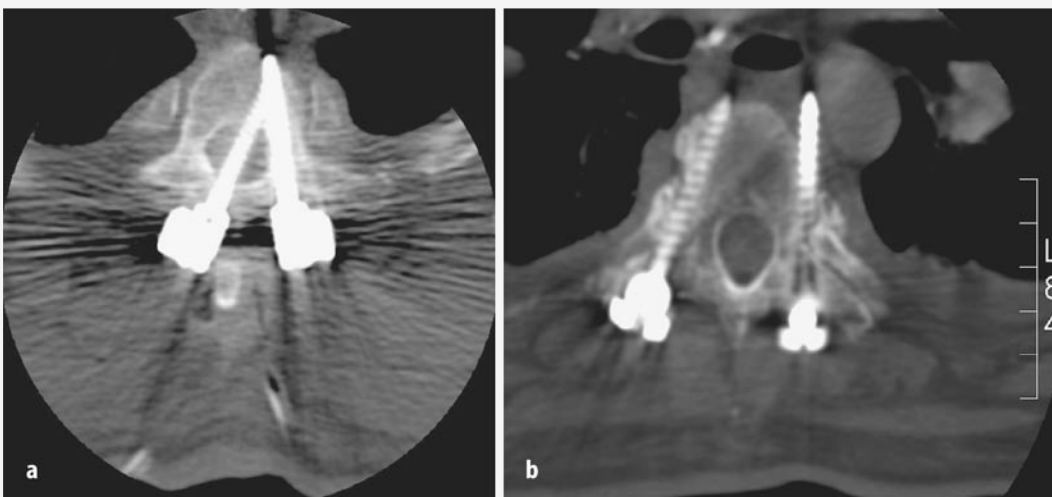


Abb. 2a, b ◀ Fehlplatzierte Pedikelschraube mit Myelon- bzw. Aortenwandkompression

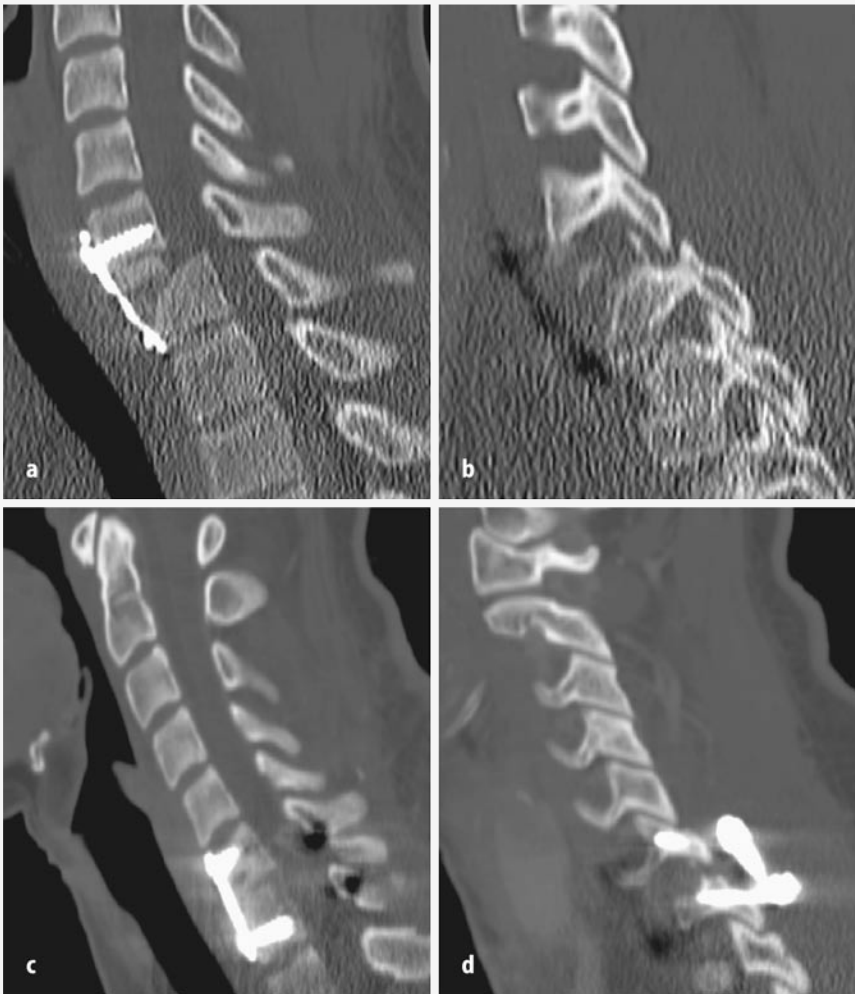


Abb. 3a–d ◀ Instabilität trotz ventraler, allerdings insuffizienter Verplattung mit weiterhin bestehender Facettengelenkluxation (a, b), postoperativer Zustand nach kombinierter Reposition und Stabilisation (c, d)

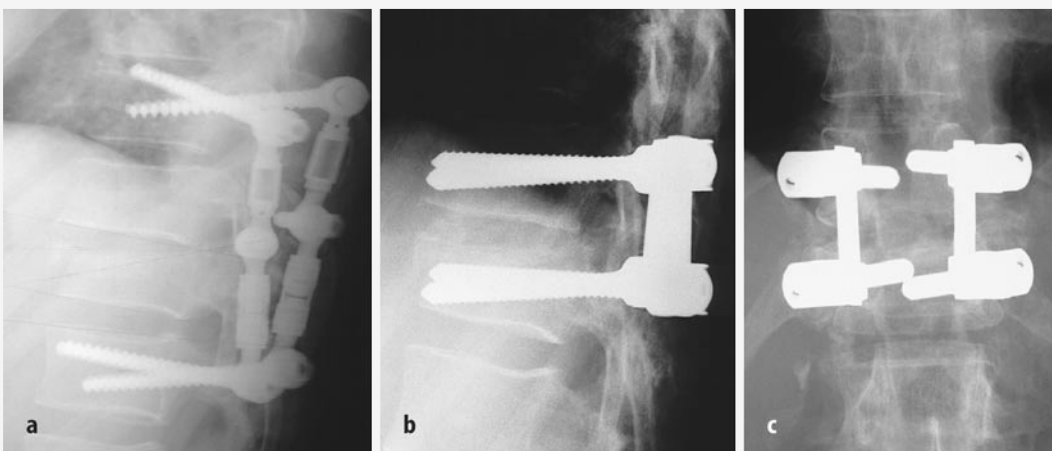


Abb. 4a–c ◀ Verkürzung einer Instrumentationsstrecke und gleichzeitige Fusion mit autologen Spongiosadübeln in PLIF-Technik

sales, meist keilförmiges Release mit dorsal basiertem Keil und eine Laminektomie zum Schutz des Myelons. In strenger Seitenlage und Einlungenbeatmung kann thorakoskopisch nach Platzierung der Portale für Endoskop, Sauger und Instrumente der Wirbelsäulenabschnitt dargestellt

und das ventrale Release mit Meisel, Fräse oder Rongeuren und Stanzen vorgenommen werden. Durch kombinierte dorsale und ventrale Reposition kann unter Einsicht des Spinalkanals von ventral endoskopisch und dorsal konventionell die Aufrichtung erfolgen. Nach Reposition wird der

Defekt ventral meist mit bikortikalem autologem Beckenkammspan aufgefüllt und die Operation mit Montage des winkelstabilen Fixateur interne beendet. Als Alternative haben wir bisher in 4 Fällen bei pulmonalen Kontraindikationen das notwendige ventrale Release über eine so genannte Mi-



Abb. 5a–d ▲ Densosteosynthese zur Segment sparenden Stabilisation mit funktionellen Freigabe der Kopf Gelenke bei Tetraplegie sub C2 nach insuffizienter Erstversorgung

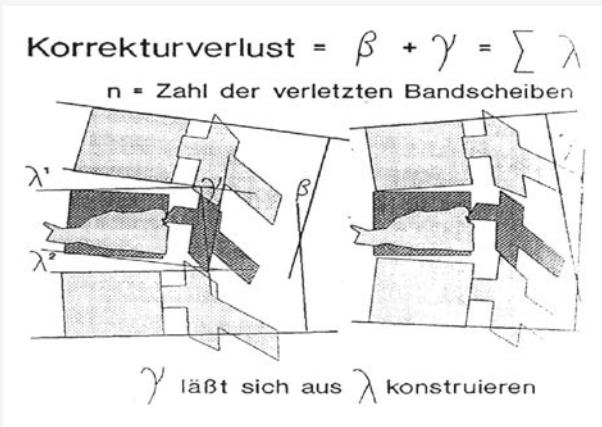


Abb. 6 ▲ Korrekturverlustberechnung aus verletzten Bandscheiben und Wirbelkörpern

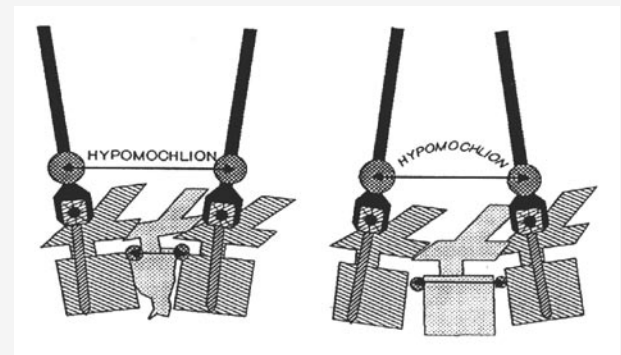


Abb. 7 ▲ Aufrichtungsprinzip mit längenverstellbarem Hypomochlion

nithorakotomie ohne Einlungenbeatmung thorakoskopisch assistiert über einen retropleuralen Zugang in der Technik nach Mirbaha vorgenommen.

Ergebnisse

Die differenzierte Darstellung von operationsbedürftigen Komplikationen nach vorheriger Wirbelsäulenoperation ergab eine Häufung der Indikationen bei Infektionen bzw. postoperativen Wundheilungsstörungen mit 66 Operationen (6,2%). Bei weiterer Betrachtung zeigten sich allerdings 2 Gruppen: Bei erheblichen Zerreißen der Wirbelsäule kam es häufig zu Frühinfektionen (innerhalb der ersten 6 Tage), die meist nach einer Second-look-Operation beherrschbar waren. Spätinfektionen (8 Monate–2,5 Jahre nach Erstoperation) – in insgesamt nur 3 Fällen – machten da-

gegen bei den betroffenen Verletzten häufige – bis zu 8-malige – Revisionseingriffe mit Débridement, Antibiotikavlieseinlage und Ausdehnung der Stabilisationsstrecke erforderlich.

Pseudarthrosen mit Materiallockerung und Instabilitäten traten in 32 Fällen auf (3%); das Zeitintervall betrug im Mittel 8,6 Monate (minimal 2,1 Monate, maximal 18,3 Monate). Schraubenfehlagen mit nachfolgender unzureichender Stabilität bzw. Weichteilkompression (neurale bzw. Gefäßstrukturen) führten zu 15 (1,4%) Revisionseingriffen (Zeitintervall zum Primäreingriff im Mittel 13 Tage). Persistierende spinale Kompression infolge unzureichender Reposition oder fehlender Dekompression machten in 7 (0,7%) Fällen operative Revisionen nötig. Bei 2 Patienten kam es hierdurch zu einer neurologischen Verbesserung. Des Weiteren muss-

ten bei nachgewiesener Instabilität/Fehlstellung in 22 (2,1%) und bei unzureichender (zu langer oder zu kurzer) Instrumentationsstrecke in 10 Fällen (0,9%) Nachoperationen vorgenommen werden. Hämatome wurden bei 16 (1,5%) Patienten chirurgisch revidiert. Unter dem Unterpunkt sonstige Indikationen wurden folgende 25 (2,4%) Operationen erforderlich: Spinalkatheterkorrektur, Auswechseln eines undichter Ports, Rezidiv eines Bandscheibenvorfalles, Verschluss von Liquoristeln und Dekompression einer Vertebralarterienstenose durch zervikale Pedikelschraube.

Beeindruckend ist die exzellente thorakoskopische Darstellung mit der Möglichkeit, präzise Beckenkammspäne über die gesamte Wirbelkörperbreite platzieren zu können, wobei wir bisher 2-mal in ausgewählten Fällen gezwungen waren, zur sicheren Defektauffüllung bzw. Über-

brückung distrahierbare Titankörbchen zu implantieren. Bei der Korrektur von posttraumatischen Fehlstellungen verwenden wir Körbchen, wenn ein kortikospongioser Beckenkammspan nicht oder nicht in ausreichender Qualität und Länge zur Verfügung steht bzw. wenn seine Doppelung, wie in **Abb. 1** nicht möglich ist.

Diskussion

Mit Einführung thorakoskopischer Verfahren zur ventralen Wirbelsäulenfusion seit den 90er Jahren steht für verschiedene Indikationen wie Skolioseaufrichtungen, Abszessdrainage, Tumorexzision, Bandscheibenausräumung und für Revisionseingriffe ein etabliertes Verfahren zur Verfügung. Fehlstellungen im Bereich des thorakolumbalen Übergangs (BWK₁₁–LWK₂) können evtl. auch mit Zwerchfellspaltung bis LWK₃ erreicht und die zur Aufrichtung nötige Durchtrennung von narbigem bzw. knöchernem Gewebe durchgeführt werden. Während offene Verfahren zur Darstellung des TLÜ aufwändig sind und von den Patienten als belastend empfunden werden, bieten minimalinvasive Verfahren neben kosmetischen weitere entscheidende Vorteile. Allerdings ist in ausgewählten Fällen allein von dorsal oder ventral eine ausreichende Korrektur einer Fehlstellung nicht oder nur unter der Gefahr einer neurologischen Schädigung möglich. In diesen seltenen Fällen besteht die Indikation zum Double-approach, einem Verfahren, bei dem das erforderliche Release simultan dorsal und ventral unter Sicht und gleichzeitig die Reposition und Fusion ohne Umlagerung des Patienten möglich sind. Das ventral minimalinvasive simultane Verfahren, entweder durch Thorakoskopie oder mit thorakoskopisch assistierten retropleuralen Techniken, kombiniert die bekannten Vorteile, sodass auch die Korrektur schwerwiegender Fehlstellungen durch das minimalinvasive Release vereinfacht und eine gleichzeitige Fusion im Fehlstellungsbereich ermöglicht werden. Es stehen mit minimalinvasiven Verfahren Techniken zur Verfügung, mit denen sich auch erhebliche Fehlstellungen gerade im thorakolumbalen Übergang korrigieren lassen.

Bei Einsatz distrahierbarer Wirbelkörperersatzimplantate besteht die Gefahr

des spongiösen Einsinkens in den osteotomierten Wirbelkörper mit Korrekturverlust und/oder ungenügender Reposition. Aus diesem Grund können vorteilhaft nicht nur das dorsale Release mit Keilosteotomie und direkter Sicht zum Spinalkanal, sondern auch zusätzlich Momente zur Reposition über die Verlängerungshebel des Fixateur intern direkt genutzt werden. Der eingebrachte Beckenkammspan oder Wirbelkörperersatz wird somit nicht allein belastet und Resorptionsvorgänge der Spongiosa werden aufgrund von Druckvorgängen ausgeschlossen.

In unserer Analyse der Revisionseingriffsindikationen der letzten 5,5 Jahre bei insgesamt 193 Patienten zeigte sich nicht überraschend eine Häufung bei Infektionen und Wundheilungsstörungen. Ebenso zu erwarten war die Häufung von posttraumatischen Fehlstellungen, Instabilitäten und Pseudarthrosen im thorakolumbalen Übergang. Auffallend war die im Vergleich zur Literatur geringere Anzahl von Schraubenfehlplatzierungen [3, 7, 8]. Zu lange Instrumentationsstrecken lassen sich ebenso wie Klassifikationsfehler von Wirbelverletzungen mit unterlassener ventraler Fusion mit nachfolgender Rekyphosierung oder die Wahl ungeeigneter Implantate nicht erklären.

Neben der im Einzelfall nicht immer einfachen Indikationsstellung ist die Festlegung der operativen Dringlichkeit abhängig von der jeweiligen Situation des Patienten. Weniger bei Infektsituationen zeigt sich bei komplett Querschnittgelähmten Diskussionsbedarf [6]. Bei nicht suffizienter Primärversorgung und persistierender Instabilität besteht das erhebliche Risiko der neurologischen Verschlechterung durch Einblutung und/oder Entwicklung eines Myelonödems, sodass hier durchaus eine dringliche, wenn nicht so gar Notfallindikation gegeben ist [5]. Gerade bei halsmarkgelähmten Patienten ist die funktionelle Erholung selbst um nur ein Segment ausschlaggebend für die weitere Funktion bzw. den erreichbaren Selbstständigkeitsgrad. So entscheidet z. B. die Möglichkeit der Handgelenkextension (C6) über die Chance des Führerscheinwerbs, die bei einer Querschnittlähmung unterhalb C5 nicht mehr gegeben ist.

Eine weitere Indikation zur Korrektur sehen wir bei nicht exakter Reposi-

tion von Wirbelsäulenfrakturen, da Untersuchungen auf den Zusammenhang zwischen unterlassener Reposition und Syringomyelieerisiko hinweisen [1, 11].

Korrespondierender Autor

Dr. K. Röhl

Zentrum für Rückenmarkverletzte und Klinik für Orthopädie, BG-Kliniken Bergmannstrost, Merseburgerstraße 165, 06112 Halle, Saale
E-Mail: klaus.roehl@bergmannstrost.com

Interessenkonflikt: Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen.

Literatur

1. Abel R, Gerner HJ, Smit C et al. (1999) Residual deformity of the spinal canal in patients with traumatic paraplegia and secondary changes of the spinal cord. *Spinal Cord* 37: 14–19
2. ASIA Classification (1992) Standards of neurological and functional classification of spinal cord injury revised. Supported by the American Paralysis Association. American Spinal Injury Association, Chicago
3. Bastian L, Knop C, Lange U et al. (1999) Transpedikuläre Implantation von Schrauben im Bereich der thorakolumbalen Wirbelsäule. *Unfallchirurg* 28: 693–702
4. Blauth M, C Knop (1998) Komplikationen bei der operativen Behandlung thorakolumbalen Verletzungen. In: Egbers HJ, Roth L, Schroeder L (Hrsg) Komplikationen bei der operativen Knochenbruchbehandlung, 1. Aufl. Wachholtz, Neumünster, S 110–133
5. Bötzel U (1987) Die Indikation zur primären operativen Behandlung der Wirbelsäulenverletzung mit frischer Querschnittlähmung. *Hefte Unfallheilkd* 1987
6. Exner G, Meinecke FW, Reinbeck FRG et al. (1992) 15 Jahre Anlaufstelle zur Vermittlung von Betten für Querschnittgelähmte. *BG* 4: 778–785
7. Gertzbein SD, Robbins SE (1990) Accuracy of pedicular screw placement in vivo. *Spine* 15: 11–14
8. Jerosch J, Malms J, Castro WH et al. (1992) Lagekontrolle von Pedikelschrauben nach instrumentierter Fusion der Lendenwirbelsäule. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 130: 479–483
9. Kalf R, Rauhaut F, Roosen K et al. (1990) Komplikationen ventraler Fusionsoperationen bei degenerativen Bandscheibenerkrankungen. *Neurochirurgica* 33: 184–189
10. Knop C, Blauth M, Bühren V et al. (2000) Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs. *Unfallchirurg* 103: 1032–1047
11. Perrouin-Verbe B, Lenne-Auriere K, Robert R et al. (1998) Post-traumatic syringomyelia and post-traumatic spinal canal stenosis: a direct relationship: review of 75 patients with a spinal cord injury. *Spinal Cord* 36: 137–143