

U. Liljenqvist¹, U. Mommsen²

Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie² der Städtischen Kliniken Osnabrück
Akademisches Lehrkrankenhaus¹ der Universität Münster, (Chefarzt: Prof. Dr. med. U. Mommsen)

Die operative Behandlung thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen mit dem Fixateur interne und transpedikulärer Spongiosaplastik

Zwischen 1987 und 1992 wurden an unserer Klinik 30 instabile Wirbelsäulenverletzungen operativ mit dem AO-Fixateur interne und der transpedikulären Spongiosaplastik versorgt. Es handelte sich dabei um 26 Flexions-Kompressions-Frakturen und je zwei Rotations- und Flexions-Distraktions-Verletzungen. Wir berichten über mittel- bis langfristige Ergebnisse einer klinisch-radiologischen Nachuntersuchung, in deren Rahmen Nachbeobachtungszeiträume zwischen zwei und fünf Jahren erzielt werden konnten. An radiologischen Parametern wurden neben der vertebralen Kyphose (Keilwirbelbildung) und dem Beckschen Index die segmentale Kyphose zwischen frakturiertem und dem kranial benachbarten Wirbelkörper und die lokale Kyphose zwischen jeweils oben und unten angrenzenden Wirbelkörpern bestimmt. Über subjektiven Beschwerdegrad des Patienten sowie Funktionalität und Arbeitsfähigkeit gab ein standardisierter Fragebogen Aufschluß. Eine präoperative vertebrale Kyphose von durchschnittlich $+17^\circ$ konnte auf $+7^\circ$ korrigiert werden, wobei sich der Becksche Index von 0,59 auf 0,86 verbesserte. Die segmentale bzw. lokale Kyphose wurde von präoperativ $+15^\circ$ bzw. $+8^\circ$ auf $+5^\circ$ bzw. -3° reduziert. Dabei blieb der reponierte und mit Spongiosa aufgefüllte Wirbelkörper korrekturstabil. Im oberen Zwischenwirbelraum kam es zu einem Korrekturverlust von durchschnittlich 4° durch Sinterung der mitverletzten Bandscheibe. Der untere Bandscheibenraum unterlag einer leichten operativen Überkorrektur mit lordotischer Einstellung, der sich im Rahmen einer postoperativen Reäquilibration von bis zu 3° jedoch wieder neutral ausrichtete. Die Rekyphosierung ereignete sich dabei sowohl vor als auch nach der Metallentfernung. Abgesehen von den beiden Flexions-Distraktions-Verletzungen, deren pathologisches Profil physiologisch eingestellt werden konnte, änderte sich das sagittale Profil insgesamt nur wenig. Von acht Patienten mit neurologischen Ausfällen konnten sich fünf um mindestens eine Frankel-Stufe verbessern. In keinem Fall trat eine neurologische Verschlechterung auf. Die Patientenbefragung ergab in 70% ein gutes bis sehr gutes Ergebnis. Auf der visuellen Analogskala zum Schmerzstatus wurde zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ein durchschnittlicher Wert von 3 (mit 10 als unerträgliche Schmerzen) angegeben.

The Operative Treatment of Thoracolumbar Fractures with the AO Internal Fixator and Transpedicular Bone Grafting

We report on 30 unstable fractures of the thoracolumbar spine which were operatively treated between 1987 and 1992 with the AO Internal Fixator and transpedicular bone grafting. There were 26 flexion-compression fractures, 2 flexion-distraction injuries and 2 fracture-dislocations. Follow-up ranged from 2 to 5 years. All patients were examined and their histories reviewed. New radiographs were obtained and a standardized questionnaire on pain and on functional and economical status was answered. The radiographical analysis included measurement of the vertebral, segmental and local kyphosis and of the sagittal index. The preoperative vertebral kyphosis averaged $+17^\circ$ and was corrected to $+7^\circ$ at follow-up with the sagittal index improving from 0.59 to 0.86. The segmental respectively local kyphosis was reduced from $+15^\circ$ respectively $+8^\circ$ to $+5^\circ$ respectively -3° . The fractured vertebra remained stable. We registered an average postoperative loss of correction of 4° in the upper disc space

due to collapse of the injured disc. The lower disc space was frequently overcorrected which was neutralized postoperatively due to a process of reequilibration of less than 3°. The loss of correction occurred both before and after removal of the implant. There was no significant change of the sagittal plane apart from a successful realignment of the flexion-distraction injuries. Five out of 8 patients with neurological symptoms improved by at least 1 Frankel grade. We had no case of neurological deterioration. The results of the questionnaire were good or very good in 70%. At follow-up, the average back pain score was 3 out of 10, 10 being unbearable pain.

Instabile Wirbelsäulenverletzungen werden zur Vermeidung dauernder Achsenfehlstellungen mit entsprechender Beschwerdesymptomatik und dem Risiko progredienter neurologischer Ausfälle zunehmend operativ behandelt. Im Vordergrund steht dabei eine möglichst anatomiegerechte Reposition mit neurologischer Dekompression sowie die vorübergehende instrumentelle Stabilisierung bis zur knöchernen Konsolidierung der Fraktur [5, 8, 22, 31].

Mit der Entwicklung des Fixateur interne von W. Dick im Jahre 1982 stand erstmals ein winkel- und rotationsstabiles sowie vollständig versenkbares Implantat zur operativen Behandlung thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen zur Verfügung [13]. In Kombination mit der transpedikulären Spongiosaplastik nach Daniaux [8] konnten vielversprechende Resultate publiziert werden [7, 14, 17, 38].

Hinsichtlich des längerfristigen Korrekturverhaltens mit dem Fixateur interne versorgter Wirbelsäulenverletzungen finden sich in der Literatur nur vereinzelt Mitteilungen [24]. Das Ziel unserer Untersuchung war die Erhebung mittel- bis langfristiger klinischer und radiologischer Behandlungsergebnisse. Eine differenzierte Analyse des Krümmungsverhaltens des korrigierten Wirbelsäulenabschnitts unter Berücksichtigung unterschiedlicher radiometrischer Parameter sollte dabei Aufschluß über Zeitpunkt und exakte Lokalisation eventueller Korrekturverluste geben.

Operationsindikation, Operationstechnik, Nachbehandlung

In Übereinstimmung mit den Angaben in der Literatur [5, 8, 17, 21, 28] stellen wir die Indikation zum operativen Vorgehen bei mechanisch oder neurologisch instabilen Frakturen. Nach Denis [10] gehören die schwergradige Flexions-Kompressions-Fraktur ohne Beteiligung der Wirbelkörperhinterkante und die Flexions-Distraktions-Verletzung zu den mechanisch instabilen Frakturen (Instabilität 1. Grades), die mit

dem Risiko einer progredienten Deformität bis hin zu neurologischen Ausfällen einhergehen [29]. Die Flexions-Kompressions-Fraktur mit Hinterkantenbeteiligung (Berstungsfraktur) ohne primäre neurologische Erscheinungen stellt den klassischen Typ der neurologisch instabilen Verletzung dar (Instabilität 2. Grades). Untersuchungen von Denis et al. [10, 12] haben in 17 bis 20% dieser Fälle ein sekundäres Auftreten neurologischer Ausfälle nachgewiesen. Eine kombiniert mechanisch und neurologische Instabilität (Instabilität 3. Grades) liegt bei Berstungsfrakturen mit primärer neurologischer Symptomatik und bei den Luxationsfrakturen vor.

Hinsichtlich des operativen Vorgehens kann zunächst durch lordosierende Lagerung des Patienten auf dem Operationstisch eine Teilreposition der Fraktur erzielt werden. Die möglichst anatomische Korrektur wird anschließend durch Relordosierung und Distraction über die transpedikulär eingebrachten Schanzschen Schrauben bei Flexions-Kompressions-Frakturen bzw. durch dorsale Kompression bei Flexions-Distraktions-Verletzungen angestrebt. Rotationsverletzungen werden entsprechend ihrer individuellen Fehlstellung korrigiert. Nach Fixierung des Repositionsergebnisses wird bei kompressiver Verformung des frakturierten Wirbelkörpers dieser über 6-mm-Bohrlöcher transpedikulär aufgerichtet und mit autogener Beckenkamm-spongiosa großzügig aufgefüllt. Postoperativ stehen neben Atemtherapie und Thromboseprophylaxe isometrische Kräftigungsübungen der Rumpfmuskulatur im Vordergrund. Die Mobilisation erfolgt unter krankengymnastischer Anleitung im Drei-Punkt-Mieder, welches für etwa vier Monate getragen wird. Die Metallentfernung wird zur Vermeidung von Implantatbrüchen nach durchschnittlich sieben bis neun Monaten durchgeführt.

Patienten und Methodik

An den Städtischen Kliniken Osnabrück wurden in den Jahren 1987 bis 1992 30 Patienten (18 Männer,

zwölf Frauen) mit instabilen Wirbelsäulenverletzungen operativ mit dem Fixateur interne nach Dick [14] und transpedikulärer Spongiosaplastik in 25 Fällen versorgt. Eine gewünschte Spongiosaplastik konnte in einem Fall wegen zu enger Pedikel (BWK 9) nicht durchgeführt werden. In den übrigen vier Fällen lag entweder keine kompressive Verformung des Wirbelkörpers vor, oder die Korrektur erfolgte im Rahmen einer dorsoventralen Vorgehensweise. Letzteres war bei einer Rotationsverletzung nach ungenügender dorsaler Repositionsmöglichkeit und bei einer schwerstgradigen Flexions-Kompressions-Fraktur mit völliger Zerstörung der vorderen beiden Säulen erforderlich. Nach Teilreposition und Fixierung von dorsal erfolgte über einen ventralen Zugang die Dekompression und die Verblockung mit einem autogenen Beckenkamm-span.

Der im Rahmen der Nachuntersuchung erreichte Beobachtungszeitraum belief sich auf durchschnittlich 34 Monate (24 bis 59 Monate) bei einem durchschnittlichen Alter der Patienten zum Operationszeitpunkt von 35 Jahren (13 bis 65 Jahre). Zwischen Unfall und Operation verstrichen durchschnittlich sechs Tage (1 bis 21; Median drei Tage). Dem biomechanischen Belastungsprofil entsprechend, fanden sich die meisten Frakturen am LWK 1 ($n = 11$), siebenmal war LWK 2 und fünfmal BWK 12 betroffen. In vier bzw. drei Fällen war der LWK 3 bzw. der BWK 9 frakturiert. Nach der Klassifikation von Magerl [27] und Harms [19] lagen 26 Flexions-Kompressions-Frakturen vor, wovon 21 Fälle eine Beteiligung der Wirbelkörperhinterkante im Sinne einer Berstungsfraktur nach Denis [11] aufwiesen, sowie zwei Flexions-Distraktions- und zwei Rotationsverletzungen. Bei vier Patienten bestand neben der operativ versorgten Fraktur noch eine weitere Flexions-Kompressions-Fraktur ohne Hinterkantenbeteiligung, die als stabil galt und einen Becken Index von größer als 0,7 besaß. Die weiteren Begleitverletzungen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. In 14 Fällen war ein Sturz aus großer Höhe die Unfallursache, wobei drei in suizidaler Absicht erfolgten. Bei 16 Patienten handelte es sich um Opfer von Verkehrsunfällen (acht PKW, sechs Krad, zwei Radfahrer).

Der radiometrischen Analyse lagen die Röntgenbilder vom Unfalltag und die postoperativ angefertigten Aufnahmen sowie die Bilder zum Zeitpunkt der Metallentfernung und die aktuellen Aufnahmen in jeweils zwei Ebenen zugrunde. In den Seitenaufnahmen wurde

Begleitverletzungen	n
WS-Kompressionsfrakturen (Beck > 0,7)	4
Comotio cerebri	3
Mandibulafraktur	2
Rippenserienfrakturen	3
Contusio cordis	1
Klavikulafraktur	1
Schulterluxation	1
Armplexusläsion	1
Radiustrümmerfraktur	1
Stumpfes Bauchtrauma	3
Vordere Beckenringfraktur	3
Pilon tibiale Fraktur	3

Tabelle 1. Zusammenstellung der Begleitverletzungen ($n = 30$).

neben dem Ausmaß der Keilwirbelbildung (vertebrale Kyphose, Alphawinkel) zum einen der sagittale Cobb-Winkel [6] zwischen frakturiertem Wirbel und dem kranial benachbarten Wirbelkörper als segmentale Kyphose (Betawinkel) erfaßt, zum anderen der Cobb-Winkel zwischen den jeweils kranial und kaudal angrenzenden Wirbelkörpern als die lokale Kyphose (Gammawinkel) bestimmt (Abbildung 1). Diese differenzierte Vorgehensweise ermöglichte eine genaue Aussage über das Korrekturverhalten zum einen des frakturierten Wirbelkörpers und zum anderen des oberen und auch unteren Bandscheibenraums. Die Differenz zwischen der segmentalen und vertebralen Kyphose spiegelt dabei den oberen Bandscheibenraum und die Differenz zwischen lokaler und segmentaler Kyphose den unteren Bandscheibenraum wider.

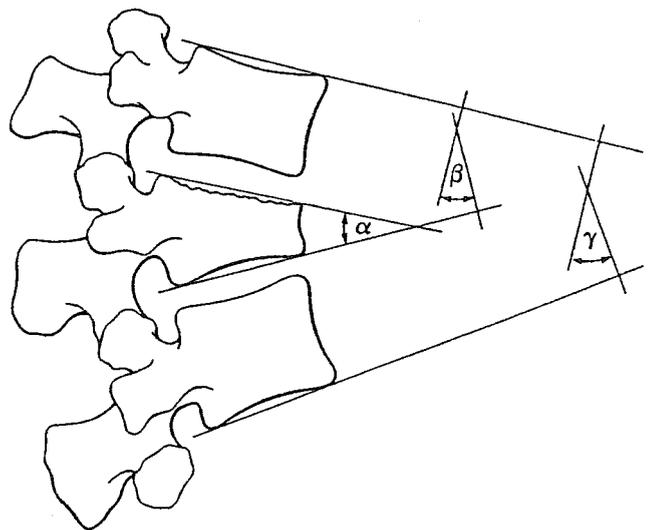


Abbildung 1. Skizzierung der radiometrischen Parameter (Alpha-winkel als vertebrale Kyphose, Beta-winkel als segmentale Kyphose, Gamma-winkel als lokale Kyphose).

Parallel zur vertebralen Kyphose erfolgte die Ermittlung des Beckschen Index als Quotient zwischen der Höhe der Vorder- und Hinterkante des betroffenen Wirbelkörpers [2]. Ferner wurden das sagittale Profil des entsprechenden Wirbelsäulenabschnitts und in der Anterior-posterior-Aufnahme skoliotische Seitverbiegungen nach der Cobb-Methode registriert [6]. Die Definition der Normwerte für das sagittale Profil erfolgte in Anlehnung an die Literatur (D4 bis D12: +25° bis +40°; D10 bis L2: -10° bis +10°; L1 bis L5: -35° bis -55°) [3, 34]. Dabei wurde die BWS-Kyphose (D4 bis D12) bei Frakturen bis einschließlich D10, der thorakolumbale Übergang (D10 bis L2) bei Frakturen im Bereich zwischen D11 und L1 einschließlich und die lumbale Lordose (L1 bis L5) bei Frakturen kaudal von L1 gemessen.

Die Beurteilung des neurologischen Status zum Operationszeitpunkt und Nachuntersuchungstermin erfolgte anhand der Frankel-Klassifikation [18]. Zur Ermittlung des subjektiven Befindens der Patienten sowie deren Funktionalität und Arbeitsfähigkeit wurde eine persönliche bzw. telefonische (n = 13) Befragung in Anlehnung an den von Dekutoski et al. [9] erarbeiteten standardisierten Fragebogen durchgeführt. In den jeweiligen Bereichen Schmerzen, Funktionalität und Arbeitsfähigkeit wurden zwischen 1 und 5 Punkte vergeben. Insgesamt konnten 15 Punkte erzielt werden, gleichbedeutend mit einem hervorragenden Ergebnis. Eine Punktzahl zwischen 12 und 14 Punkten galt als gutes Resultat, 11 oder weniger Punkte bedeuteten ein unbefriedigendes Ergebnis. Eine visuelle Analogskala zum Schmerzstatus von 0 (keine Schmerzen) bis 10 (unerträgliche Schmerzen) diente abschließend der Feststellung des vor dem Unfall bestehenden Beschwerdegrades und des aktuellen Befindens.

Ergebnisse

1. *Flexions-Kompressions-Frakturen:* Der Korrekturverlauf der vertebralen und der segmentalen Kyphose der Flexions-Kompressions-Frakturen ist in Abbildung 2 zusammengefaßt. Das operative Repositionsergebnis des frakturierten Wirbelkörpers blieb im Verlauf insgesamt stabil, wobei sich rechnerisch eine geringgradige Sinterung von durchschnittlich 0,5° festhalten ließ. Lediglich bei einem 56jährigen Patienten mit deutlich vermindertem Kalksalzgehalt der Wirbelsäule kam es nach der Metallentfernung zu einer vertebralen Rekyphosierung von 0° auf +8°.

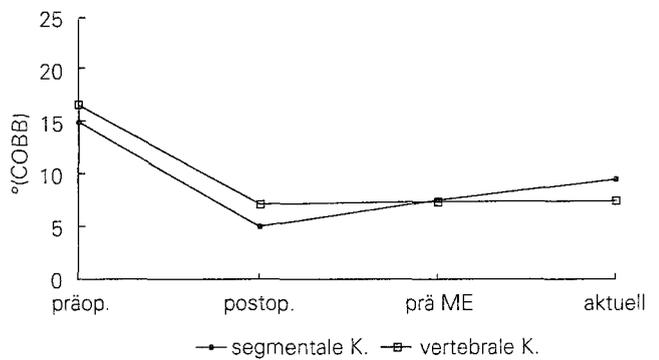


Abbildung 2. Der Korrekturverlauf der vertebralen und segmentalen Kyphose in der Klasse der Flexions-Kompressions-Frakturen (n = 26).

In Tabelle 2 finden sich die Korrekturresultate des Beckschen Index und der lokalen Kyphose. Nach operativer Korrektur veränderte sich der Becksche Index im weiteren Verlauf nur wenig. Bei der lokalen Kyphose war eine durchschnittliche Rekyphosierung von insgesamt etwa 7° meßbar, die sowohl vor als auch nach der Metallentfernung auftrat. Dabei ließ sich im oberen Zwischenwirbelraum durch Sinterung der mitverletzten Bandscheibe ein Korrekturverlust von durch-

	Präoperativ	Postoperativ	Metallentfernung	Nachbeobachtung
<i>Flexions-Kompressions-Frakturen (n = 26)</i>				
Beckscher Index	0,59 (0,35-0,91)	0,86 (0,63-0,96)	0,86 (0,65-0,94)	0,84 (0,64-0,94)
Lokale Kyphose	+ 8,3° (-10°-+28°)	-2,6° (-21°-+10°)	+1,1° (-19°-+13°)	+4,6° (-16°-+21°)
<i>Flexions-Distraktions-Verletzungen (n = 2)</i>				
Segmentale K.	+18° (+15°-+21°)	- 4° (-6°--2°)	-0,5° (-3°-+2°)	+3,5° (0°-+7°)
Lokale Kyphose	+12° (+9°-+15°)	-13° (-18°--8°)	-10° (-13°--7°)	-5° (-9°--1°)
<i>Rotationsverletzungen (n = 2)</i>				
Segmentale K.	+19° (17°-21°)	+8° (6°-10°)	+13° (6°-20°)	+17,5° (12°-23°)
Lokale Kyphose	+22,5° (19°-26°)	+7,5° (3°-12°)	+11° (8°-14°)	+17,5° (12°-23°)

Tabelle 2. Übersicht verschiedener radiometrischer Ergebnisse der einzelnen Frakturklassen.

schnittlich 4° festhalten. Aufgrund einer häufigen Überkorrektur des unteren Bandscheibenraums mit lordotischer Einstellung kam es im postoperativen Verlauf zu einer Reäquilibration mit neutraler Ausrichtung der Grund- und Deckplatte um bis zu 3°.

Das sagittale Profil änderte sich insgesamt nur wenig. Die unterschiedlichen Kyphose- und Lordosewinkel finden sich in Abbildung 3 zusammengestellt.

Hinsichtlich skoliothischer Seitverbiegungen wurde präoperativ ein durchschnittlicher Winkel von 3,4° (0° bis

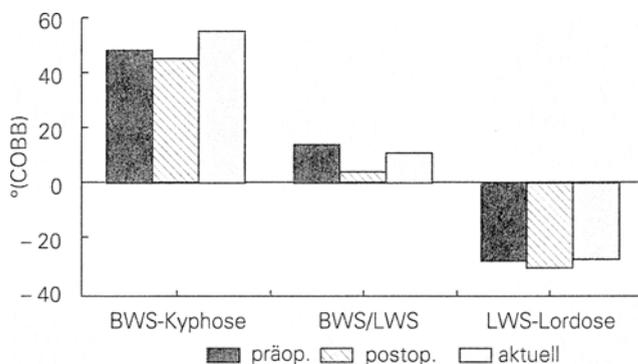


Abbildung 3. Der Einfluß des operativen Eingriffes auf das sagittale Profil in der Klasse der Flexions-Kompressions-Frakturen (n = 26).

8°) gemessen, der operativ auf durchschnittlich 2,4° (0 bis 6°) korrigiert werden konnte. Zum Nachuntersuchungstermin lagen mit durchschnittlich 3,3° (0° bis 8°) allerdings wieder nahezu präoperative Werte vor.

2. Flexions-Distraktions-Verletzungen: Die Korrekturresultate der segmentalen und lokalen Kyphose finden sich in Tabelle 2 zusammengefaßt. Die kompressive Verformung der betroffenen Wirbelkörper war in beiden Fällen gering, wie ein im Verlauf konstanter Beckscher Index von 0,92 (0,90 bis 0,94) zeigt.

In beiden Fällen blieb die operativ erzielte Relordosierung der lumbalen Lordose von präoperativ durchschnittlich -15,5° (-9° bis -22°) auf postoperativ durchschnittlich -38° (-33° bis -43°) im Verlauf nahezu unverändert (durchschnittlich -36° beim Nachuntersuchungstermin). Nennenswerte skoliothische Seitverbiegungen lagen in dieser Frakturklasse nicht vor.

3. Rotationsverletzungen: Die Ergebnisse der segmentalen und lokalen Kyphose sind in Tabelle 2 zusam-

mengestellt. Der Korrekturverlust trat sowohl vor als auch nach der Metallentfernung auf und ist überwiegend auf eine Nachsinterung des frakturierten Wirbelkörpers und vor allem des verletzten Bandscheibenraums zurückzuführen. In einem Fall bestand präoperativ eine Keilwirbelbildung von +20° (Beckscher Index 0,49), die operativ auf +6° (Beckscher Index 0,89) korrigiert werden konnte. Im weiteren Verlauf kam es jedoch zu einer Nachsinterung auf +10° bei einem Beckschen Index von 0,82. Hinsichtlich des sagittalen Profils blieb die thorakale Kyphose mit Werten von jeweils +48° insgesamt unverändert leicht verstärkt. Im thorakolumbalen Übergang erfolgte zunächst die operative Korrektur eines präoperativ pathologischen Profils von durchschnittlich +27° (+22° bis +32°) auf durchschnittlich +8° (+5° bis +11°), im weiteren Verlauf kam es jedoch parallel zur lokalen und segmentalen Kyphose zu einer Rekyphosierung auf +19° (+14° bis +24°).

Eine präoperative Skoliose von durchschnittlich 9° (7° bis 11°) wurde auf durchschnittlich 3,5° (1° bis 6°) operativ korrigiert und nahm im weiteren Verlauf auf durchschnittlich 6° (2° bis 10°) zu.

Die Angaben zum jeweils präoperativen und aktuellen Neurostatus finden sich in Tabelle 3 zusammengefaßt. Bei insgesamt acht Patienten (sechs Flexions-Kompressions-Frakturen und je eine Flexions-Distraktions- und Rotationsverletzung) bestanden präoperativ neurologische Ausfälle. Eine schwergradige Abscherverletzung blieb aufgrund eines beidseitigen Pedikelbruchs mit spontaner Dekompression des Spinalkanals neurologisch unversehrt. Von den fünf Fällen mit verbliebener neurologischer Symptomatik sind vier Flexions-Kompressions-Frakturen und eine Rotationsverletzung.

Die Resultate der Fragebogenaktion zeigten in 20% (n = 6) mit voller Punktzahl ein hervorragendes

Frankel-Stufe	präoperativ (n)	postoperativ (n)
E	22	25
D	5	3
C	2	2
B	1	0
A	0	0

Tabelle 3. Die prä- und postoperative Einstufung nach dem Frankel-Schema (n = 30).

Ergebnis, 50% (n = 15) erreichten mit Punktzahlen zwischen 12 und 14 ein gutes Resultat. Bei den restlichen 30% (n = 9) lag die Gesamtpunktzahl unter 12 und mußte somit als unbefriedigendes Ergebnis gewertet werden. Dazu zählten die fünf Patienten mit verbliebenen neurologischen Ausfällen, bei den anderen vier Patienten konnten gegenüber der Vergleichsgruppe mit gutem oder sehr gutem Resultat keine Unterschiede in der Radiometrie oder hinsichtlich des Alters festgestellt werden. Auf der visuellen Analogskala wurden zum Beschwerdegrad vor dem Unfall Angaben zwischen 0 und 4 (durchschnittlich 1) gemacht. Der aktuelle Schmerzgrad wurde mit durchschnittlich 3 (0 bis 9) angegeben. Auch hier konnte kein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der subjektiven Beschwerden und den erfaßten radiometrischen Parametern nachgewiesen werden. Einschränkend muß angefügt werden, daß in den Fällen der telefonischen Befragung (n = 13) eine Korrelation zwischen subjektivem Beschwerdebild und objektivem klinischen Untersuchungsbefund nicht möglich war.

Die Komplikationen sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Im Fall der Implantatrevision handelte es sich um eine schwerstgradige Flexions-Kompressions Fraktur mit einem Neurostatus Frankel C, der dorsoventral reponiert und stabilisiert wurde. Postoperativ kam es zu einer vorübergehenden Verschlechterung des neurologischen Befundes, so daß eine operative Revision mit Explantation des Fixateur interne und erweiterter Dekompression erforderlich war. Intraoperativ konnte jedoch eine korrekte pedikuläre Schraubenlage bestätigt werden. Im weiteren Verlauf erholte sich die neurologische Situation auf abschließend Frankel D. In diesem Fall muß von einer intramedullären Ödembildung ausgegangen werden, die für die transitorische Verschlechterung verantwortlich war. Die postopera-

tiv in drei Fällen aufgetretenen Miktionsstörungen führen wir am ehesten auf eine vorübergehende Gewöhnung an den Blasenkatheter zurück. Diese bildeten sich jedoch durch entsprechendes Blasentraining und medikamentöse Unterstützung in allen Fällen komplett zurück. Beide Fälle von Schraubenbrüchen traten nach Abschulung vom Mieder und einem postoperativen Zeitraum von etwa acht bis neun Monaten auf. Im Rahmen der Metallentfernung konnten sie nicht extrahiert werden, sondern mußten im Pedikel belassen werden. Eine subjektive Beeinträchtigung des Befindens trat in diesem Zusammenhang nicht auf. Weder die Schraubenbrüche noch die Mutter- und Backenlösung waren mit einem erhöhten Korrekturverlust verbunden. Die Abstrichergebnisse der Serome waren jeweils negativ.

Diskussion

Bei den Flexions-Kompressions-Frakturen konnte der frakturierte Wirbelkörper durch transpedikuläre Spongiosaplastik und Stabilisierung mittels Fixateur interne nahezu anatomisch reponiert werden bei einem insgesamt stabilen Korrekturverlauf. Der obere Zwischenwirbelraum unterlag allerdings einem durchschnittlichen Korrekturverlust von 4° durch Sinterung der mitverletzten Bandscheibe. Aufgrund einer häufigen Überkorrektur mit lordotischer Einstellung des unteren Bandscheibenraums kam es im postoperativen Verlauf zu einer Reäquilibration mit neutraler Ausrichtung der Grund- und Deckplatte von bis zu 3° (Abbildungen 4a bis 4c). Die Rekyphosierung trat dabei sowohl vor als auch nach Metallentfernung auf. Die Flexions-Distraktions-Verletzungen wiesen bei operativ guter Korrektur im Verlauf eine mit den Flexions-Kompressions-Frakturen vergleichbare Korrekturstabilität auf. In beiden Fällen konnte ein präoperativ pathologisches Profil physiologisch eingestellt werden. Bei den Rotationsverletzungen gelang aufgrund eines höheren postoperativen Korrekturverlusts eine insgesamt geringgradigere Korrektur. Die Rekyphosierung resultierte dabei vor allem aus dem Korrekturverlust im luxierten Segment.

Die Mitteilungen in der Literatur zu Korrekturergebnissen in der operativen Behandlung thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen mit dem AO-Fixateur interne stimmen überwiegend mit unseren Resultaten überein. Allerdings werden nur selten Beobachtungszeiträume von mehr als zwei Jahren erreicht. Dick [13, 14] beschreibt bei 50 Frakturen, die nicht näher klassifiziert werden, bei einem Beobachtungszeitraum von 24

Komplikationen	n
Postoperative Zunahme der Neurologischen Symptomatik mit konsekutiver operativer Revision	1
Postoperative transitorische Miktionsstörung mit kompletter restitutio ad integrum	3
Schraubenbruch	2
Lösung von Mutter und Backe einer kaudalen Schraube	1
Serom im Implantatbereich (keimfrei)	3

Tabelle 4. Zusammenfassung der postoperativen Früh- und Spät-komplikationen.

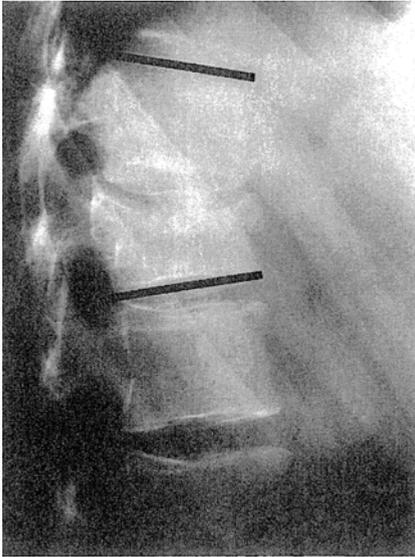


Abbildung 4a



Abbildung 4b



Abbildung 4c

Abbildung 4a bis c. Fallbeispiel einer Flexions-Kompressionsfraktur BWK 12 mit Korrektur der segmentalen Kyphose von 20° auf etwa 4° und nahezu vollständiger Wiederherstellung der Wirbelkörperhöhe. Nach 36 Monaten läßt sich bei unverändertem Becksen Index (0,89) ein Korrekturverlust von 4° im oberen Bandscheibenraum bei neutraler Ausrichtung des unteren Zwischenwirbelraumes festhalten.

Monaten einen Korrekturverlust von 0 bis 1° im frakturierten Wirbelkörper. Im oberen Bandscheibenraum trat eine Rekyphosierung von 3 bis 4° auf, die sich sowohl vor als auch nach Metallentfernung ereignete. Der untere Bandscheibenraum bleibt dagegen in seinen Arbeiten unberücksichtigt. Esses et al. [15, 16] haben in jeweils zwei unterschiedlichen Serien von mit dem AO-Fixateur interne versorgten instabilen thorakolumbalen Frakturen einen durchschnittlichen Korrekturverlust von 2,7° bzw. zwei von 89 Fällen mit deutlichem Korrekturverlust nach Materialbruch beschrieben. In allen Fällen wurde eine posterolaterale Fusion durchgeführt. Der Beobachtungszeitraum betrug dabei 17 bzw. 20 Monate.

In einer prospektiven Studie von Lindsey u. Dick [24] über 76 mit Fixateur interne und transpedikulärer Spongiosaplastik versorgten Wirbelsäulenverletzungen konnte ein mit unserer Arbeit vergleichbarer Beobachtungszeitraum (durchschnittlich 35 Monate) erzielt werden. Die vertebrale Kyphose wurde von 17,4° auf 7,9° reduziert bei Korrektur des Becksen Index von präoperativ 0,61 auf 0,83. In Übereinstimmung mit unseren Beobachtungen blieb der frakturierte Wirbelkörper im Verlauf korrektur stabil. Der obere Bandscheibenraum wies dagegen eine Rekyphosierung von 3° vor und 5° nach Metallentfernung auf. Damit liegen die Korrekturverluste etwas höher als in unserer Studie. Die Autoren empfehlen deshalb die Durchführung einer entweder posterolateralen oder

transpedikulären Fusion, um den postoperativen Kollaps der oberen, mitverletzten Bandscheibe zu vermeiden. Auch Eysel et al. [17] schließen sich aufgrund ähnlicher Erfahrungen dieser Empfehlung an.

Hinsichtlich anderer Verfahren mit segmentaler Verankerung und entsprechend kurzer Instrumentationsstrecke wurde von McLain et al. [28] bei 19 Fällen nach CD-Instrumentation und einem Beobachtungszeitraum von durchschnittlich 15 Monaten in 53% der Fälle ein Korrekturverlust von mehr als 5° beobachtet, bei instabiler vorderer Säule betrug dieser durchschnittlich 10°. Roy-Camille et al. [30] dokumentierten unter Anwendung des gleichnamigen Instrumentariums nach zwei Jahren einen vertebrale Korrekturverlust von durchschnittlich 3° in 50% der Fälle und eine Zunahme der lokalen Kyphose um durchschnittlich 6,5°. Bei einem Beobachtungszeitraum von durchschnittlich 26 Monaten bei 44 Berstungs- und Kompressionsbrüche, die einer Roy-Camille-Plattenosteosynthese unterzogen wurden, beschreibt Daniaux [8] eine Korrektur des Becksen Indexes unter Anwendung der von ihm entwickelten transpedikulären Spongiosaplastik von präoperativ 0,50 auf postoperativ 0,95 bei einer mittelfristigen Änderung auf 0,91. Analog dazu nahm die vertebrale Kyphose von 2,1° postoperativ um weitere 2,2° im Verlauf zu. Die lokale Kyphose vergrößerte sich dabei um 9,4°, so daß ein Korrekturverlust von 7,2° im oberen und zum Teil auch unteren Bandscheibenraum resultierte.

Die Bedeutung der transpedikulären Spongiosaplastik wird kontrovers diskutiert. Von den Befürwortern [8, 13, 17, 38] wird die Möglichkeit der Reposition und langfristigen Stabilisierung vor allem der ventralen Säule hervorgehoben. Auf die Bedeutung der Wiederherstellung aller drei Säulen zur Prävention sekundärer Deformitäten und Instabilitäten haben bereits Louis [25] und Harms u. Stoltze [20] hingewiesen. Crawford u. Askin [7] fanden in einer vergleichenden Studie zum Einfluß der transpedikulären Spongiosaplastik bei Frakturen, die mit dem Fixateur interne stabilisiert worden waren, aufschlußreiche Ergebnisse. Gegenüber den Fällen, die lediglich intertransversal fusioniert worden waren, wiesen die Patienten mit zusätzlicher transpedikulärer Spongiosaplastik nach durchschnittlich neun Monaten eine signifikant bessere Wiederherstellung der Wirbelkörperhöhe bei signifikant geringerem Korrekturverlust auf. Ein weiterer Vorteil der transpedikulären Spongiosaplastik ist die Möglichkeit, gleichzeitig die mitverletzte Bandscheibe auszuräumen und eine interkorporelle Fusion durchzuführen, die den Kollaps des Bandscheibenraums verhindern soll [17]. Magerl [26] hält dagegen die transpedikuläre Spongiosaplastik für überflüssig, da es nach seinen Beobachtungen unter der Voraussetzung einer ausreichenden Stabilisierung zu einer spontanen knöchernen Auffüllung des frakturierten Wirbelkörpers kommt. Auch Dekutoski et al. [9] konnten unter Anwendung des Harrington-Instrumentariums ohne transpedikuläre Spongiosaplastik eine mittelfristig stabile Korrektur des Beckschen Index von 0,52 auf 0,92 erreichen. Sim [33] problematisiert die transpedikuläre Spongiosaplastik hinsichtlich der Gefahr einer Redlokation von Hinterwandfragmenten in den Spinalkanal durch die eingebrachte Spongiosa. Wir konnten in unserem Patientengut keinen solchen Fall beobachten.

Hinsichtlich der Weite des Spinalkanals haben verschiedene Untersuchungen gezeigt, daß dorsal distrahierende und relordosierende Verfahren eine signifikante Erweiterung des Spinalkanals bewirken können [7, 15, 37]. Esses et al. [16] fanden bei Berstungsfrakturen und rein dorsaler Vorgehensweise mit dem Fixateur interne eine Erweiterung des Spinalkanals um durchschnittlich 32%. Eine komplette Wiederherstellung der ursprünglichen Weite wird nicht erreicht. Allerdings kann ein postoperatives Remodeling, welches auf Pulsationen des Duralsacks und resorptive Vorgänge zurückgeführt wird, eine weitere Expansion des Spinalkanals bewirken [23, 32].

Ventrale Verfahren ermöglichen gegenüber dorsalen Techniken eine sicherere und komplettere Dekompression des Spinalkanals [15]. Der Vorteil des ventralen Zugangs liegt dabei in der guten Übersicht und der Möglichkeit der vollständigen Dekompression durch Korporektomie und Reposition. Der Korrekturverlust nach instrumentierten ventralen Fusionsoperationen wird von einigen Autoren als gering angegeben [4, 36]. In 3,6% muß allerdings laut Angaben von Stoltze et al. [35] mit einer Spanresorption gerechnet werden, die dann in aller Regel zu einer signifikanten Krümmungsprogredienz führt. Arand et al. [1] berichten von durchschnittlichen Korrekturverlusten von über 10° nach ventralen Fusionen thorakolumbalen Frakturen. Esses et al. [15] berichten von 18 thorakolumbalen Frakturen, bei denen durch ventrale Dekompression eine präoperative Einengung des Spinalkanals von 58,1% auf postoperativ 4,1% reduziert werden konnte. Dabei wurde eine präoperativ bestehende kyphotische Fehlstellung von 18,7° auf durchschnittlich 9,3° korrigiert bei einem Korrekturverlust von 8° nach 20 Monaten. Sie kommen in dieser prospektiven, randomisierten Studie über die Korrekturergebnisse einerseits von dorsal mit dem Fixateur interne reponierten und stabilisierten thorakolumbalen Frakturen und andererseits von ventral dekomprierten und mit dem Kostuik-Harrington-Instrumentarium stabilisierten Frakturen zu dem Ergebnis, daß in Fällen mit neurologischem Defizit und gleichzeitiger signifikanter Spinalkanaleinengung sowie bei veralteten Frakturen (älter als sieben Tage) mit kyphotischer Fehlstellung die ventrale Vorgehensweise der dorsalen vorzuziehen ist.

Das operative Verfahren unter Anwendung des Fixateur interne gilt als risikoarm. Mit 4 bis 10% sind Schraubenbrüche die häufigsten Komplikationen [13, 16, 17]. Auch wir mußten in 7% einen solchen Fall beobachten. Sie treten überwiegend nach knöcherner Konsolidierung der Fraktur auf und sind auf die mitfixierten mobilen Segmente bzw. auf eine das Implantat überschreitende Elastizität der posterolateralen Fusion zurückzuführen [16]. Korrekturverluste sind daher bei Implantatbruch nach abgeschlossener Knochenbruchheilung nicht zu erwarten. Zur Vermeidung der Implantatermüdung wird eine Metallentfernung nach neun bis zwölf Monaten empfohlen [13]. Von Problemen mit der Mutter- und Backenverbindung zum Stab berichten auch Esses et al. [16], die allerdings bei zwei von drei Fällen eine deutlich vermehrte Rekyphosierung dokumentierten. Insgesamt erweist

sich der AO-Fixateur interne jedoch als deutlich stabiler als vergleichbare Systeme wie das Roy-Camille- oder CD-Instrumentarium, bei denen Frakturraten zwischen 25 und 50% angegeben werden [17, 28, 30].

Das neurologische Risiko kurzstreckiger dorsaler Instrumentationssysteme ist vor allem durch die transpedikuläre Verankerung der Schrauben bedingt. Das Morbidity and Mortality Committee der Scoliosis Research Society beziffert das neurologische Risiko mit 3,2% [9]. Esses et al. [16] berichten von fehlplatzierten Pedikelschrauben in 8%, allerdings sei es nur in einem von acht Fällen zu einer radikulären Symptomatik mit Fußheberschwäche gekommen. Roy-Camille et al. [30] beobachteten in zwei von insgesamt 84 Fällen radikuläre Symptome nach transpedikulärer Verschraubung. Wir mußten in unserem Patientengut keine Komplikationen nach transpedikulärer Verschraubung feststellen. In diesem Zusammenhang erwies sich die intraoperative Bildwandlerkontrolle eines zunächst probatorisch eingebrachten Kirschner-Drahtes als hilfreich. Als einzige neurologische Komplikation trat ein Fall eines postoperativen intramedullären Ödems auf, welches sich nach sofortiger Implantatrevision und erweiterter Dekompression wieder zurückbildete.

Von acht Patienten mit präoperativen neurologischen Ausfällen konnten sich fünf (63%) um mindestens eine Frankel-Stufe verbessern. In der Literatur finden sich zum Teil sehr unterschiedliche Angaben. Dick [14] dokumentierte in 68% eine Verbesserung um mindestens eine Frankel-Stufe. Esses et al. [15] berichten in einer Untersuchung über Berstungsfrakturen von einer Erholung der neurologischen Symptomatik in allen drei Fällen, in einer weiteren Studie eines größeren Patientengutes [16] wurde dagegen in nur etwa 25% eine Verbesserung um eine Frankel-Stufe registriert. Eysel et al. [17] beobachteten in 33 bis 38% eine Verbesserung der neurologischen Symptomatik unter Anwendung unterschiedlicher dorsaler Instrumentationssysteme.

Schlußfolgerung

Mittels AO-Fixateur interne und transpedikulärer Spongiosaplastik lassen sich vor allem Flexions-Kompressions-Frakturen und Flexions-Distraktions-Verletzungen nahezu anatomisch reponieren. Der frakturierte Wirbelkörper bleibt dabei insgesamt korrektur-stabil. Der obere Zwischenwirbelraum unterliegt allerdings durch Sinterung der verletzten Bandscheibe

einem Korrekturverlust von durchschnittlich 4°. Der untere Zwischenwirbelraum weist häufig durch operative Überkorrektur mit lordotischer Einstellung des Bandscheibenraums postoperativ eine Reäquilibration mit neutraler Ausrichtung von Deck- und Grundplatte von bis zu 3° auf. Weitere Untersuchungen müssen zeigen, inwieweit die transpedikuläre Ausräumung der oberen Bandscheibe in Verbindung mit einer interkorporellen Fusion den Korrekturverlust im oberen Zwischenwirbelraum langfristig minimieren kann. Schwerstgradige Berstungsfrakturen oder Drei-Säulen-Verletzungen erfordern jedoch in aller Regel eine kombiniert dorsoventrale Vorgehensweise.

Literatur

1. Arand, M., M. Memmert, W. Mutschler, L. Kinzl: Spätresultate nach ventralen Fusionen von Verletzungen der BWS und LWS. 57. Jahrestagung Dtsch. Ges. Unfallchir. Berlin 1993.
2. Beck, E.: Röntgenologische Meßmethoden bei Wirbelbrüchen. Hefte Unfallheilk. 108 (1971), 36.
3. Bernard, M., K. H. Bridwell: Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction. Spine 7 (1989), 717.
4. Blauth, M., H. Tscherner: Die ventrale interkorporelle Plattenspondylodese der Brust- und Lendenwirbelsäule – Indikationen, Langzeitergebnisse und Analyse der Komplikationen. 57. Jahrestagung Dtsch. Ges. Unfallchir. Berlin 1993.
5. Browner, B., J. Jupiter, A. Levine, P. Trafton: Skeletal trauma, Vol. 1, 1. Aufl., W. B. Saunders, Philadelphia 1992.
6. Cobb, J. R.: Outline for the study of scoliosis. In: American Academy of Orthopedic Surgeons: Instructional Course Lectures, No. 5. Edwards Bros, Ann Arbor 1948, p. 261.
7. Crawford, R. J., G. N. Askin: Fixation of thoracolumbar fractures with the Dick fixator; the influence of transpedicular bone grafting. Europ. Spine J. 3 (1994), 45.
8. Daniaux, H.: Transpedikuläre Reposition und Spongiosaplastik bei Wirbelkörperbrüchen der unteren Brust- und Lendenwirbelsäule. Unfallchirurg 89 (1986), 197.
9. Dekutoski, M. B., E. S. Conlan, G. G. Salciccioli: Spinal mobility and deformity after Harrington rod stabilization and limited arthrodesis of thoracolumbar fractures. J. Bone Jt Surg. 75-A (1993), 168.
10. Denis, F.: The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. Spine 8 (1983), 817.
11. Denis, F.: Spinal instability as defined by the three-column spine concept in acute spinal trauma. Clin. Orthop. 189 (1984), 65.
12. Denis, F., G. Armstrong, K. Searls, L. Matta: Acute thoracolumbar burst fractures in the absence of neurologic deficit. Clin. Orthop. 189 (1984), 142.
13. Dick, W.: Fixateur interne. In: Wiedermann, E. (Hrsg.): Verletzungen der Wirbelsäule. Hefte Unfallheilk. 225 (1989), 62–70.
14. Dick, W.: The fixateur interne as a versatile implant for spine surgery. Spine 12 (1987), 882.
15. Esses, S., D. Botsford, J. Kostuik: Evaluation of surgical treatment for burst fractures. Spine 15 (1990), 667.
16. Esses, S., D. Botsford, T. Wright, D. Bednar, S. Bailey: Operative treatment of spinal fractures with the AO internal fixator. Spine 16 (1991), S. 146.
17. Eysel, P., G. Meinig, F. Sanner: Vergleichende Untersuchung unterschiedlicher dorsaler Stabilisierungsverfahren bei frischen Frakturen der Rumpfwirbelsäule. Unfallchirurgie 17 (1991), 264.

18. Frankel, H. L., G. Hancock, G. Hyslop: The value of postural reduction in the initial treatment of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. *Paraplegia* 7 (1969), 179.
19. Harms, J.: Klassifikation der BWS- und LWS-Frakturen. *Fort-schr. Med.* 105 (1987), 545.
20. Harms, J., D. Stoltze: The indications and principles of correction of post-traumatic deformities. *Europ. Spine J.* 1 (1992), 142.
21. Jacobs, R., M. Asher, R. Snider: Dorso-lumbale Wirbelsäulenfrakturen – eine vergleichende Studie zwischen konservativer und operativer Behandlung bei 100 Patienten. *Orthopäde* 9 (1980), 45.
22. Jacobs, R., M. Casey: Surgical management of thoracolumbar spinal injuries. *Clin. Orthop.* 189 (1984), 22.
23. Kortmann, H.-R., C. Jürgens, D. Wolter: Veränderungen der Spinalkanalweite durch operative Behandlung instabiler thorakolumbalen Wirbelfrakturen mittels dorsaler transpedikulärer Spondylodese. 57. Jahrestagung Dtsch. Ges. Unfallchir. Berlin 1993.
24. Lindsey, R., W. Dick: The fixateur interne in the reduction and stabilization of thoracolumbar spine fractures in patients with neurologic deficits. *Spine* 16 (1991), S. 140.
25. Louis, R.: The static and dynamic function of the stable spine. In: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 107. Schulitz, K.-P., W. Winkelmann (Hrsg.): Die instrumentelle Fusion von Wirbelsäulenfrakturen und -erkrankungen. Stuttgart 1988.
26. Magerl, F.: Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation. *Clin. Orthop.* 189 (1984), 125.
27. Magerl, F.: Klassifizierung der Wirbelsäulenverletzungen. *Hefte Unfallheilk.* 189 (1987), 597.
28. McLain, R., E. Sparling, D. Benson: Early failure of short-segment pedicle instrumentation for thoracolumbar fractures. *J. Bone Jt Surg.* 75-A (1993), 162.
29. Nash, C. L., L. Schatzinger, R. Brown, J. Brodkey: The unstable stable thoracic compression fracture. *Spine* 2 (1977), 261.
30. Roy-Camille, R., G. Saillant, C. Mazel: Internal fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating. *Clin. Orthop.* 203 (1986), 7.
31. Roy-Camille, R., G. Saillant, S. Marie-Anne, P. Mamoudy: Behandlung von Wirbelfrakturen und -luxationen am thorakolumbalen Übergang. *Orthopäde* 9 (1980), 63.
32. Schlickewei, W., U. Hauser, E. Kuner: Remodeling des Spinalkanals nach Behandlung instabiler Frakturen im BWS- und LWS-Bereich. 57. Jahrestagung Dtsch. Ges. Unfallchir. Berlin 1993.
33. Sim, E.: Reposition von dislozierten Wirbelkörperhinterwandfragmenten bei Frakturen am thorakolumbalen Übergang und der Lendenwirbelsäule. *Unfallchirurg* 94 (1991), 554.
34. Stagnara, P., J. C. De Mauroy, G. Dran: Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: Approach to references for the evaluation of hypophysis and lordosis. *Spine* 7 (1982), 335.
35. Stoltze, D., J. Harms, H. Böhm, L. Ackermann: Ergebnisse von operativ behandelten Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. 57. Jahrestagung Dtsch. Ges. Unfallchir., Berlin 1993.
36. Wiemers, F., A. Junge, T. v. Garrel, L. Gotzen: Die operative Versorgung von Berstungsfrakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule durch ventrale interkorporelle Spondylose und Einbringung eines allogenen Spongiosatransplantates. 57. Jahrestagung der Dtsch. Ges. Unfallchir., Berlin 1993.
37. Willen, J., S. Lindahl, L. Irstram, A. Nordwall: Unstable thoracolumbar fractures. A study by CT and conventional roentgenology of the reduction effect of Harrington Instrumentation. *Spine* 9 (1984), p. 214.
38. Winkler, H., S. Maibaum, P. Hochstein, A. Wentzensen: Die transpedikuläre Spongiosaplastik und Fixateur interne Stabilisierung thorakolumbalen Wirbelfrakturen. 57. Jahrestagung Dtsch. Ges. Unfallchir., Berlin 1993.

Für die Verfasser: Dr. Ulf Liljenqvist, Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie der Westfälischen Wilhelms-Universität, Albert-Schweitzer-Straße 33, D-48149 Münster