

## Minimal-invasive Techniken in der Unfallchirurgie

# Minimal-invasive ventrale Spondylodesen bei Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule

V. Bühren, R. Beisse und M. Potulski

Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau (Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. V. Bühren)

### Minimally invasive ventral spondylosis for injuries of the thoracic and lumbar spine

**Summary.** Thirty-eight patients with 40 fractures of the thoracic spine and the thoracolumbar junction were treated by a minimally invasive procedure, which includes partial corporectomy, the interposition of a tricortical bone graft and anterior stabilization by plate spondylosis under thoracoscopic control. For 36 patients the operation was successfully performed in a complete thoracoscopic way; in 2 patients conversion to an open technique was necessary. Two postoperative complications such as a reversible lesion of the thoracodorsalis nerve and a transient irritation of nerve root L1 on the approach side were encountered. Postoperative control by X-ray and CT scan showed correct positioning of the bone graft, as well as the fixation device in all patients. Our experience with this minimally invasive stabilizing procedure for injuries of the thoracic spine and the thoracolumbar junction demonstrated the feasibility of the method. Compared to the open method the benefit of minimally invasive surgery included postoperative pain reduction, shorter hospitalization, early recovery of function and reduced morbidity of the operative approach.

**Key words:** Minimally invasive spinal fusion – Thoracoscopy – Minimal invasive diaphragmatic split – Anterior plate spondylosis.

**Zusammenfassung.** Bei 38 Patienten mit insgesamt 40 Frakturen der Brustwirbelsäule und des thoracolumbalen Übergangs wurde die ventrale Fusion und Stabilisierung auf minimal-invasivem Weg vorgenommen. Das thoracoskopische Verfahren beinhaltet die Teilkorporektomie des verletzten Wirbelkörpers, die Interposition eines Knochenspans sowie die ventrale Stabilisierung mittels Plattenspondylodese. Bei 36 Patienten konnte die Operation auf minimal-invasivem Weg erfolgreich zu Ende geführt werden, 2malig erfolgte die Konversion zum offenen Verfahren. An postoperativen verfahrens-

bedingten Komplikationen wurde ein reversibler lagerungsbedingter Druckschaden des N. thoracodorsalis sowie eine vorübergehende Wurzelirritation auf der Zugangsseite verzeichnet. Die postoperative Röntgen- und CT-Kontrolle zeigte in allen Fällen eine regelrechte Span- und Implantatlage. Revisionsbedürftige Blutungen oder Infekte wurden nicht beobachtet. Unsere Erfahrungen mit der minimal-invasiven Methode zur Frakturenversorgung der Brustwirbelsäule und des thoracolumbalen Übergangs belegen zunächst die prinzipielle Machbarkeit der Methode. Gegenüber dem offenen Verfahren bestehen die wesentlichen Vorteile in der Reduktion des postoperativen Schmerzes, der raschen Erholung des Patienten, einer verkürzten Hospitalisierung und der reduzierten Zugangsmorbidität.

**Schlüsselwörter:** Minimal-invasive Wirbelsäulenfusion – Thoracoskopie – minimal-invasive Zwerchfellschlitzung – ventrale Plattenspondylodese.

Der Paradigmawechsel in der Frakturbehandlung von der konservativen zur operativen Therapie erfaßte als letzten verbleibenden Skelettabschnitt auch die Wirbelsäule. Innerhalb der letzten 20 Jahre wurden für praktisch alle anatomischen Abschnitte und gängigen Verletzungskonstellationen systematische Vorgehensweisen definiert und angepaßte Instrumentationen erarbeitet, die eine Umsetzung der Grundforderungen an die interne Osteosynthese mit Formwiederherstellung und Frühbeübbarkeit auch an der Wirbelsäule erlauben.

Zeitlich parallel und zunächst ohne Auswirkungen auf die Wirbelsäulentraumatologie verlief die rasante Etablierung minimal-invasiver operativer Verfahren, die in erster Linie in Abhängigkeit von den Entwicklungen in der Gerätetechnik mit Perfektionierung der optischen Darstellung und Bereitstellung adaptierter Instrumente erfolgte. Da die Wirbelsäule bisher wegen ihrer anatomisch zentralen Lage im Körper nur über recht aufwendige Zugänge erreicht werden kann, werden folgerichtig derzeit die Möglichkeiten für eine Optimie-

rung der modernen operativen Wirbelsäulenbehandlung unter Nutzung der minimal-invasiven Zugangstechnik ausgelotet.

### Zugangsmorbidität

Operativ zu behandelnde Verletzungen der Wirbelsäule beinhalten regelhaft eine Instabilität, die nahezu immer, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß, sowohl die ventralen wie auch dorsalen Strukturen betrifft [11]. In der Argumentation um den günstigsten anatomischen Zugang hat neben biomechanischen Gesichtspunkten das Kriterium der Zugangsmorbidität naturgemäß einen hohen Stellenwert. Der ventrale Zugang zur Brustwirbelsäule via Thoracotomie ist per se zwar problemlos, im traumatologischen Patientengut aber durch die häufig begleitenden schweren Lungenkontusionen indikatorisch limitiert und durch chronische Schmerzsyndrome und Intercostalneuralgien belastet [1, 3]. Für die zahlenmäßig überwiegenden Frakturen des thoracolumbalen Übergangs mit den am häufigsten betroffenen Wirbeln BWK 12 und LWK 1 wird die für die ventrale Versorgung notwendige Thoraco-Phrenico-Lumbotomie von vielen Unfallchirurgen als unverhältnismäßig aufwendig angesehen und nach Möglichkeit vermieden [18].

Auch die gemeinhin als schonender angesehene dorsale Versorgung im Brust- und Lendenwirbelbereich weist wegen der langstreckigen Ablösung der paraspinale Muskulatur mit konsekutiv narbiger und funktionell defizitärer Abheilung eine beträchtliche und dementsprechend nicht zu vernachlässigende Morbidität des Zugangs auf. Problematisch für den alleinig dorsalen Zugang bleibt darüber hinaus die stabile Rekonstruktion der druckbelasteten vorderen Säule. Die transpedikulär eingebrachten intra- und interkorporellen Spongiosaplastiken führen nicht in allen Fällen zu einer knöchern druckfesten Heilung. Kyphotische Verluste der ursprünglich erzielten Stellungskorrekturen werden für rein dorsale Instrumentationen zwar in variierender mehr oder minder großem Ausmaß, aber letztendlich in allen untersuchten Serien regelmäßig berichtet [15].

In der Konsequenz wird zur Sicherung der Korrektur und einer festen knöchernen Fusion zunehmend ein kombiniertes Vorgehen mit ggf. notfallmäßiger dorsaler Reposition und Instrumentierung und anschließender ein- oder zweizeitiger Bandscheibenausräumung und Spaninterposition empfohlen [4, 18]. Dieses unter biomechanischer Betrachtung optimierte Verfahren bringt allerdings unweigerlich auch eine Addition der dorsoventralen Zugangsmorbiditäten mit sich.

Mit Blick auf dieses Manko verspricht die Anwendung eines minimal-invasiven ventralen Verfahrens eine akzeptable Alternative zwar unter Beibehaltung der dorsalen, aber unter Minimierung der ventralen Zugangsmorbidität. Für die Frakturen der mittleren BWS und geeignete thoracolumbale Verletzungen ergibt sich die bestehende Perspektive einer thoracoskopisch gesteuerten Versorgung mit Fusion und Stabilisierung in komplett minimal invasiver Technik.

### Historische Entwicklung

Die erste endoskopische Untersuchung der Brusthöhle wurde von Jacobaeus 1910 unternommen, der zur Bildübertragung ein Cystoskop verwendete [7]. In der Folgezeit wurde die Thoracoskopie diagnostisch und therapeutisch entsprechend den vorherrschenden Indikationen zur Lösung von Verwachsungen bei Tuberkulose und später zur thorakalen Sympathektomie angewendet [8].

Mit der Entwicklung leistungsstarker Optiken, der Kaltlichttechnologie und der Mikrochiptechnik wurden seit Anfang der 90er Jahre unter dem Begriff der video-assistierten Chirurgie zahlreiche thoracoskopische Eingriffe bei Pneumothorax und mediastinalem Tumorbefall sowie für Lungenteilresektionen und Perikardektomien etabliert. Mack berichtet 1993 über den Einsatz der Thoracoskopie auch bei Erkrankungen der Brustwirbelsäule [10].

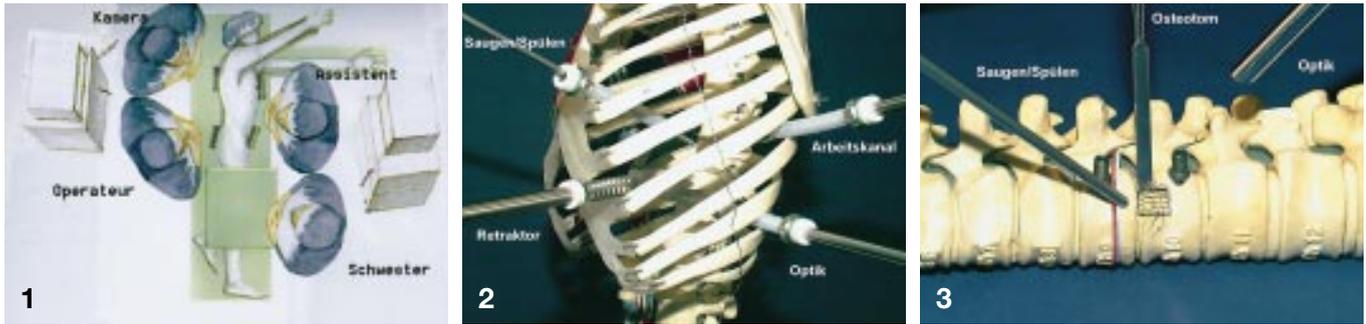
Seit 1994 werden von verschiedenen Autoren minimal-invasive ventrale Eingriffe bei degenerativen und metastatischen Erkrankungen beschrieben, namentlich Diskektomien unter Thoracoskopie [2, 16, 17]. Hertlein berichtet für die traumatologischen Indikationen über die Kombination einer dorsalen Instrumentation mit einer unter thoracoskopischen Bedingungen eingebrachten ventralen Spongiosaplastik zur Behandlung instabiler BWK-Frakturen bei 7 Patienten [6].

1995 erscheint der erste Atlas zur minimal-invasiven Wirbelsäulen Chirurgie, der die gängigen Techniken unter laparoskopischer wie auch thoracoskopischer Technik beschreibt [14]. Es existieren mittlerweile zahlreiche Serien zu vorwiegend degenerativen Indikationen, die eine sinnvolle Nutzung mit niedriger Komplikationsrate an der Wirbelsäule belegen [5, 12]. Diese Erfahrungen wie auch experimentell vorbereitende Studien ließen den Schluß zu, daß unter entsprechender Adaptation des Instrumentariums und nach operationstechnischem Training auch die Versorgung frischer Frakturen und Luxationen an BWS und LWS durch Dekompression, Spananlagerung und Plattenspondylodese möglich sein sollte [9, 13].

### Apparative Voraussetzungen und operative Strategie

Zu den wesentlichen apparativ-logistischen Voraussetzungen des thoracoskopisch kontrollierten Eingriffs zählt zunächst die Möglichkeit einer seitengetrenten Beatmung über Doppellumentubus. Das videoskopische Bild wird über eine 30°-Optik und eine Fernsehkette auf 2 den Operateuren gegenüberstehende Monitore projiziert. Neben dem langschäftigen Instrumentarium für minimal-invasive Eingriffe wird ein steril abgedeckter hochauflösender Bildwandler, eine ebenfalls lang geführte „High-speed-Fräse“ und eine spezielle Spül-Saug-Einheit benötigt. Ein konventionelles Thoraxsieb wird in Bereitschaft gehalten.

Die Operation gliedert sich prinzipiell in die Schritte Reposition, Resektion ggf. mit Dekompression, Knochenimplantation und Plattenspondylodese. Die Repo-



**Abb. 1.** Lagerung des Patienten und Anordnung des Operationsteams

**Abb. 2.** Trokarpositionen und Verteilung der Instrumente

**Abb. 3.** Instrumente und Optik in situ

sition der Fehlstellung erfolgt entweder durch den vorhergehenden dorsalen Ersteingriff oder durch indirekte Manipulation mittels Zug und lokalen Druck auf die Dornfortsätze, alternativ durch temporär dorsal transcutan eingebrachte Schanz-Schrauben. Die Resektion umfaßt immer die verletzte Bandscheibe sowie Verletzungstyp-adaptiert die Teilresektion des verletzten Wirbelkörpers, bei spinaler Kompression unter Freilegung des Spinalkanals. Die Fusion wird unter Implantation eines paßgenau zugerichteten autologen Beckenkammspans vorgenommen. Die Stabilisierung erfolgt durch Plattenosteosynthese mit einem winkelstabilen Titanimplantat.

## Operationstechnik

In Seitenlage wird oberhalb TH 8 von rechts, unterhalb von links eingegangen. Operateur und 1. Assistent stehen sich gegenüber, die 2. Assistent führt die Kamera (Abb. 1). Unter Bildwandler wird zunächst der zu fusionierende Wirbelsäulenabschnitt, sodann die intercostale Lage des Optiktrokar und der 3 Arbeitstrokare auf dem Thorax aufgezeichnet. Vorzugsweise wird ein zentraler Arbeitstrokare dabei senkrecht über den frakturierten Wirbel und ein Optiktrokare je nach Frakturhöhe 2–3 Intercostalräume caudal bzw. cranial plaziert. Die 2 weiteren Arbeitstrokare liegen ventral der vorgenannten Trokare etwa im Verlauf der vorderen Axillarlinie (Abb. 2).

Der erste Trokar wird in Minithoracotomietechnik eingebracht, um Verletzungen des Lungenparenchyms bei möglicherweise vorhandenen Adhäsionen zu vermeiden. Nach Einführen einer 30°-Optik werden dann die weiteren Ports unter videoskopischer Sicht ggf. nach Lösung von Verwachsungen eingebracht. Mit dem fächerartigen Retraktor wird das Lungenparenchym und falls erforderlich das Zwerchfell weggehalten. Ein weiterer Port dient der Aufnahme des kombinierten Saug-Spül-Instruments (Abb. 3).

Bei Bedarf kann der Zugang durch eine Zwerchfellschlitzung nach caudal bis zu den oberen Anteilen von

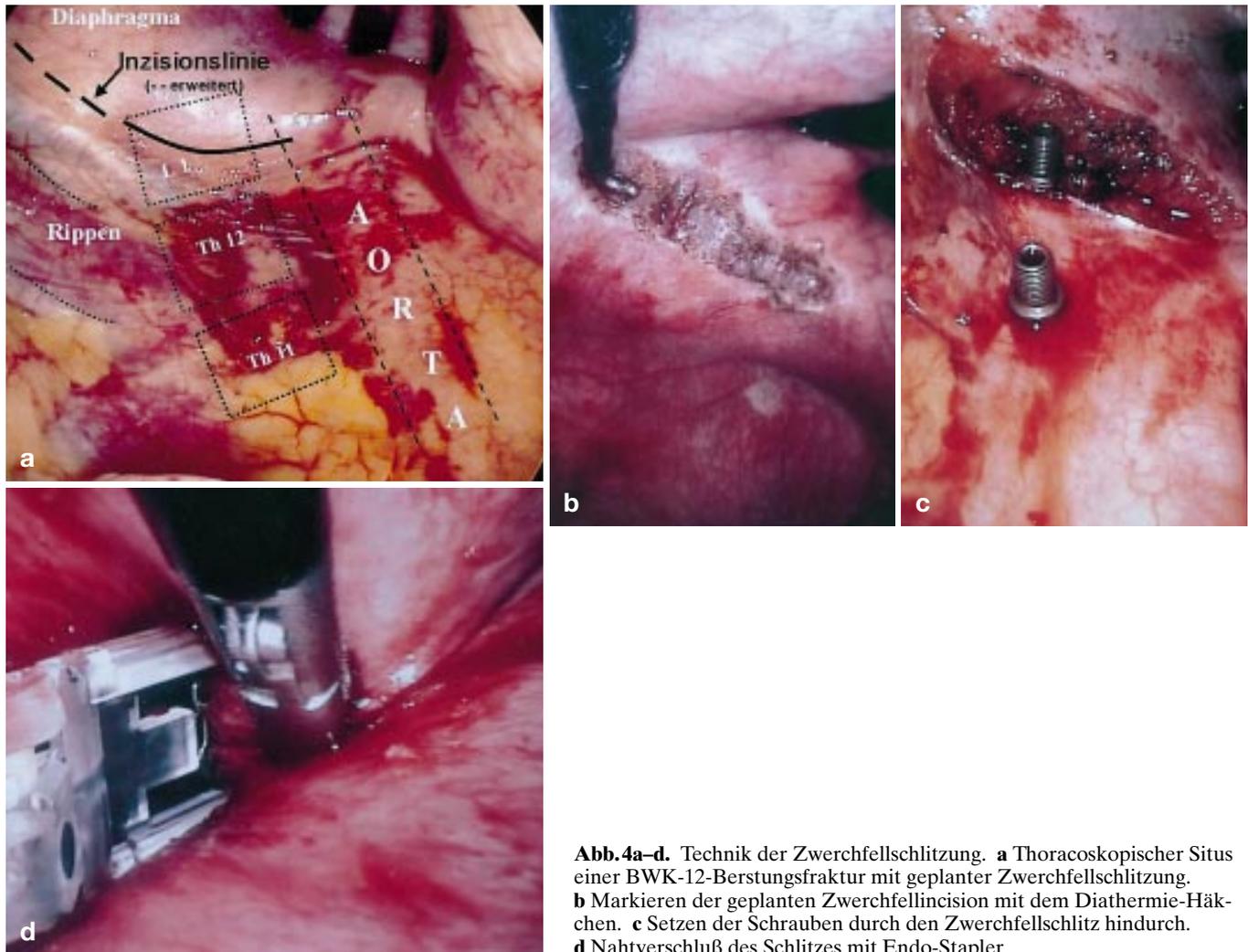
LWK 3 erweitert werden (Abb. 4a–d). Dazu wird nach Einstellung des Situs (Abb. 4a) zunächst der Ansatz des Zwerchfells identifiziert und der Verlauf der Incision mit einem Präparierhäkchen auf dem Diaphragma markiert (Abb. 4b). Die Pleura wird mit der Schere incidiert und anschließend die dünne Muskelschicht des Diaphragmas unter Belassen eines 1 cm breiten Randsaums durchtrennt. In der Tiefe erscheint nun das retroperitoneale Fettgewebe und die Fascie des Psoasmuskels. Wie beim offenen Vorgehen kann der Ansatz des Psoas schrittweise mit einem langen Raspatorium oder auch scharf mit der Schere abgelöst werden, um die Segmentgefäße darzustellen. Mit diesem Zugang kann eine Schraubenpositionierung bis einschließlich LWK 3 erfolgen (Abb. 4c). Variierend zum nachgehend geschilderten Vorgehen wird der Zwerchfellschlitz nach Plattenplatzierung mit dem Endo-Stapler verschlossen (Abb. 4d).

Nach endoskopischer Einstellung des Situs wird der traumatische Wirbelsäulenabschnitt unter Bildverstärker identifiziert. Nach Vorbohren mit einem Pfriem werden die dorsalen Pfahlschrauben cranialwärts deckplattennah bzw. caudalwärts grundplattennah im dorsalen Drittel der zu instrumentierenden Wirbelkörper eingesetzt (Abb. 5a, b) sowie deren Lage und Länge in 2 Ebenen röntgendokumentiert.

Zwischen diesen Schrauben, die während des gesamten Eingriffs visuell sicher zu identifizierende Landmarken darstellen, erfolgt nun die türflügelartige Eröffnung der Pleura über dem frakturierten Wirbel mit einem Diathermie-Präparierhäkchen. Mit dem Cobb-Raspatorium wird die Pleura von den Segmentgefäßen abgeschoben. Diese werden mit einer Overholt-Klemme unterfahren und durch horizontal ausgerichtete Clip-Applikation (Abb. 6a, b) doppelt nach zentral und peripher verschlossen. Nach Durchtrennung der Segmentgefäße mit der Schere werden durch weiteres Abschieben des Gewebes nach ventral sowie in cranio-caudaler Richtung die Wirbelkörpervorderkante und die angrenzenden Bandscheiben identifiziert.

Mit einem scharfen Osteotom wird die quaderförmige Ausdehnung der Teilkorporektomie unter Resektion der benachbarten verletzten Bandscheibe markiert. Unter Beachtung der auf dem Instrument angebrachten Skalierung kann ein zu tiefes Eingehen mit dem Osteotom und vor allem das Durchschlagen der kontralateralen Wirbelkörpercorticalis vermieden werden.

Die Entfernung von Knochen- und Bandscheibengewebe erfolgt zunächst mit geradem oder abgewinkeltem



**Abb. 4a–d.** Technik der Zwerchfellschlitzung. **a** Thoracoskopischer Situs einer BWK-12-Berstungsfraktur mit geplanter Zwerchfellschlitzung. **b** Markieren der geplanten Zwerchfellincision mit dem Diathermie-Häkchen. **c** Setzen der Schrauben durch den Zwerchfellschlitz hindurch. **d** Nahtverschluß des Schlitzes mit Endo-Stapler

Rongeur. Zur weiteren Feinausarbeitung wird die „High-speed-Fräse“ benutzt (Abb. 7a, b).

Der Knochendefekt wird ausgemessen (Abb. 8a) und ein entsprechend dimensionierter corticaler Knochenspan aus dem vorderen Beckenkamm in konventioneller Technik mit oszillierender Säge entnommen und paßgenau zugerichtet. Der Span wird mit einem Spezialhalter mit Gewinde (Abb. 8b) verbunden und nach Entfernung des zentralen Ports und Einbringen einer Spreizzange in die Thoraxhöhle eingeführt und am Wirbelkörperdefekt eingepaßt. Die endgültige Position wird nach dem „Press-fit-Prinzip“ unter leichten Hammerschlägen mit einem Stößel erreicht (Abb. 9a, b). Die Pleura wird über Wirbelkörper und Span adaptiert und mit einem Endo-Titan-Stapler verschlossen.

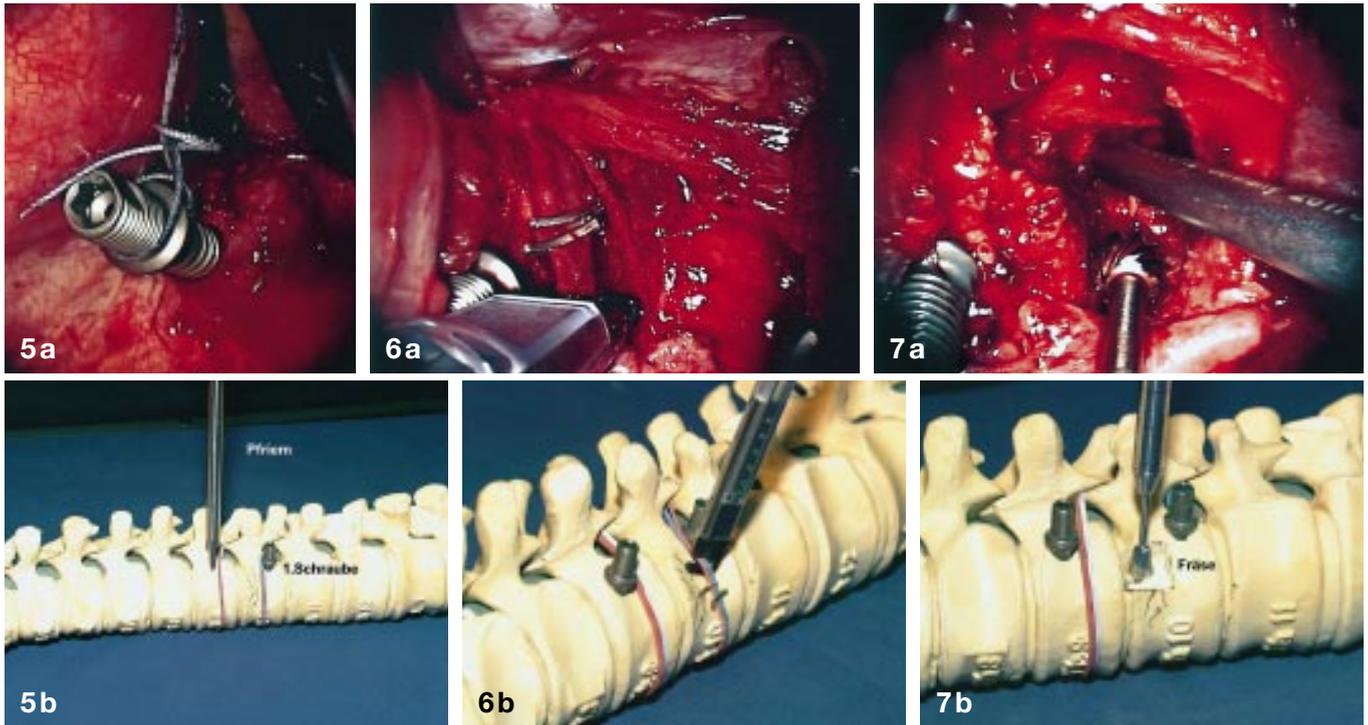
Eine nach Länge ausgemessene und zwecks evtl. notwendig werdender Bergung mit einem Faden armierte Titanplatte wird ebenfalls über den mit einer Spreizzange erweiterten zentralen Port in den Thorax eingebracht, auf den dorsalen Pfahlschrauben plziert und dort durch leichtes Andrehen der zugehörigen Muttern fixiert. Anschließend werden die ventralen Plattenlöcher durch Rundkopfschrauben, nach Vorbohren mit

dem Pfriem, besetzt. Abschließend werden die Muttern mit einem Drehmomentschlüssel kontrolliert angezogen und die winkelstabile Montage damit beendet (Abb. 10a, b). Die endgültige Lage von Span und Implantat wird über den Bildwandler in 2 Ebenen dokumentiert.

Nach Spülung der Thoraxhöhle und Einlegen einer Thoraxdrainage über eine der Portöffnungen werden die Ports unter Sicht entfernt, um Blutungen aus den Zugangsöffnungen auszuschließen. Der schichtweise Wundverschluß der Zugänge beendet den Eingriff. Eine Nachbeatmung ist in der Regel nicht erforderlich. Der Patient wird am 1. postoperativen Tag mobilisiert. Die Thoraxdrainage wird nach Sistieren der Sekretion am 2. postoperativen Tag entfernt.

### Eigenes Patientengut

In einem 1-Jahres-Zeitraum wurden seit Mai 1996 40 Frakturen der BWS und LWS bei 38 Patienten mit einem Altersdurchschnitt von 32 Jahren thoracoskopisch operiert. Vier Patienten waren polytraumatisiert, darüber hinaus wiesen 20 Patienten weitere wesentliche



▲  
**Abb. 5 a, b.** Platzieren der dorsalen Schrauben

**Abb. 6 a, b.** Ligatur der Segmentgefäße

**Abb. 7 a, b.** Teilkorporektomie mit Fräse

**Abb. 8. a** Messen der benötigten Spanlänge. **b** Einsetzen des Spans mit Spanhalter

**Abb. 9 a, b.** Tricorticaler Span in situ

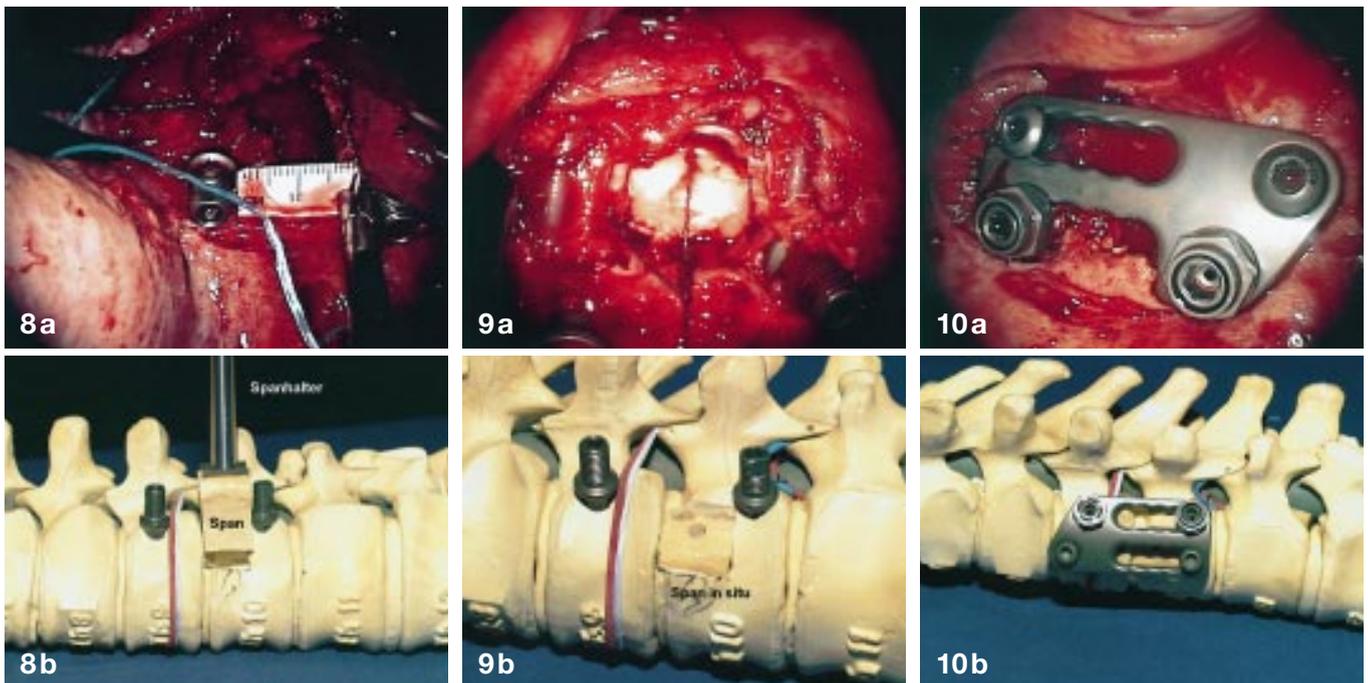
**Abb. 10 a, b.** Abgeschlossene ventrale Stabilisierung mit winkelstabiler Platte



Zusatzverletzungen auf. Die versorgten Verletzungshöhen erstrecken sich von TH 3 bis L 2, die Häufigkeitsverteilung mit Maxima bei Th 8 sowie Th 12/L 1 kann Abb. 11 entnommen werden. Der Operationszeitpunkt lag 1–14 Tage nach Trauma, im Mittel am 5. Tag. Zwei Patienten wurden im Rahmen von Korrekturoperationen spätversorgt.

Die prinzipiellen Indikationen wurden wie folgt gesehen:

- Additive ventrale Fusion und Spondylodese zweizeitig nach notfallmäßiger dorsaler Reposition und Stabili-





**Abb. 11.** Höhenverteilung der Frakturen bei 38 Patienten

sierung mit Fixateur interne bei 23 Patienten (Beispiel Fall 1, s. Abb. 12).

- Alleinige ventrale Versorgung bei Frakturen der oberen und mittleren BWS in 11 Fällen (Beispiel Fall 2, s. Abb. 13).
- Ausschließlich ventrale Fusion bei geeigneter Verletzungskonstellation an den thoracolumbalen Segmenten nach Reposition ggf. über temporär transcutan und transpedikulär eingebrachte Schanz-Schrauben bei 6 Patienten (Beispiel Fall 3, s. Abb. 14).

## Ergebnisse

Die Operationsverläufe waren bzgl. Zeitaufwand, technischer Probleme und intraoperativer Komplikationen durch das Durchlaufen einer deutlichen Lernkurve charakterisiert. Diese resultierte nicht nur aus der übungsbedingten operationstechnischen Verbesserung des Teams, sondern auch aus der zunehmenden Sicherstellung der aufwendigen und mittlerweile störfreien Videotechnik und der stetigen Optimierung des Instrumentariums für Knochenresektion und Verplattung.

Während bei den ersten Eingriffen in 4 Fällen ein Zeitaufwand über 7 mit einem Maximum von 9 Std notwendig war, reduzierte sich die durchschnittliche Operationszeit ab dem 11. Eingriff auf 4 Std. Störfreie Eingriffe benötigen derzeit einschließlich Knochenimplantatgewinnung 3 Std. Mit der Einführung der Schraubenplatzierung zum Eingriffsbeginn hat sich die erforderli-

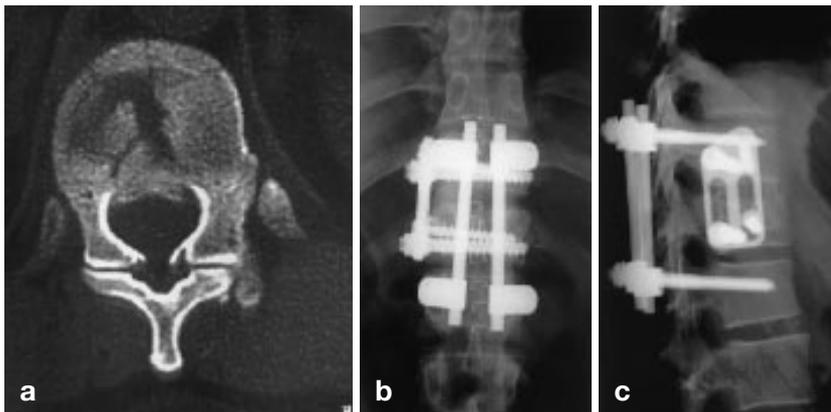
che Bildwandlerzeit drastisch bis auf die notwendigen Dokumentationen der Implantatlage reduziert.

Beim 4. und 6. Patienten der Serie mußte auf ein offenes Vorgehen umgestiegen werden. Im ersten Fall ergab sich kurz vor Abschluß des Eingriffs eine Schraubenverklemmung, die in geschlossener Technik nicht zu beheben war und zur moderaten Erweiterung des zentralen Ports zwang. Im zweiten Fall kam es nach Durchstoßen der kontralateralen Wirbelkörpercorticalis zu einer kräftigen Blutung aus dem Segmentgefäß, die thoracoskopisch nicht sicher zu kontrollieren war und den Übergang auf das offene Verfahren zweckmäßig erschien ließ. Ab dem 7. Eingriff konnten alle Spondylodesen und somit insgesamt 36 Patienten in minimal-invasiver Technik zu Ende geführt werden.

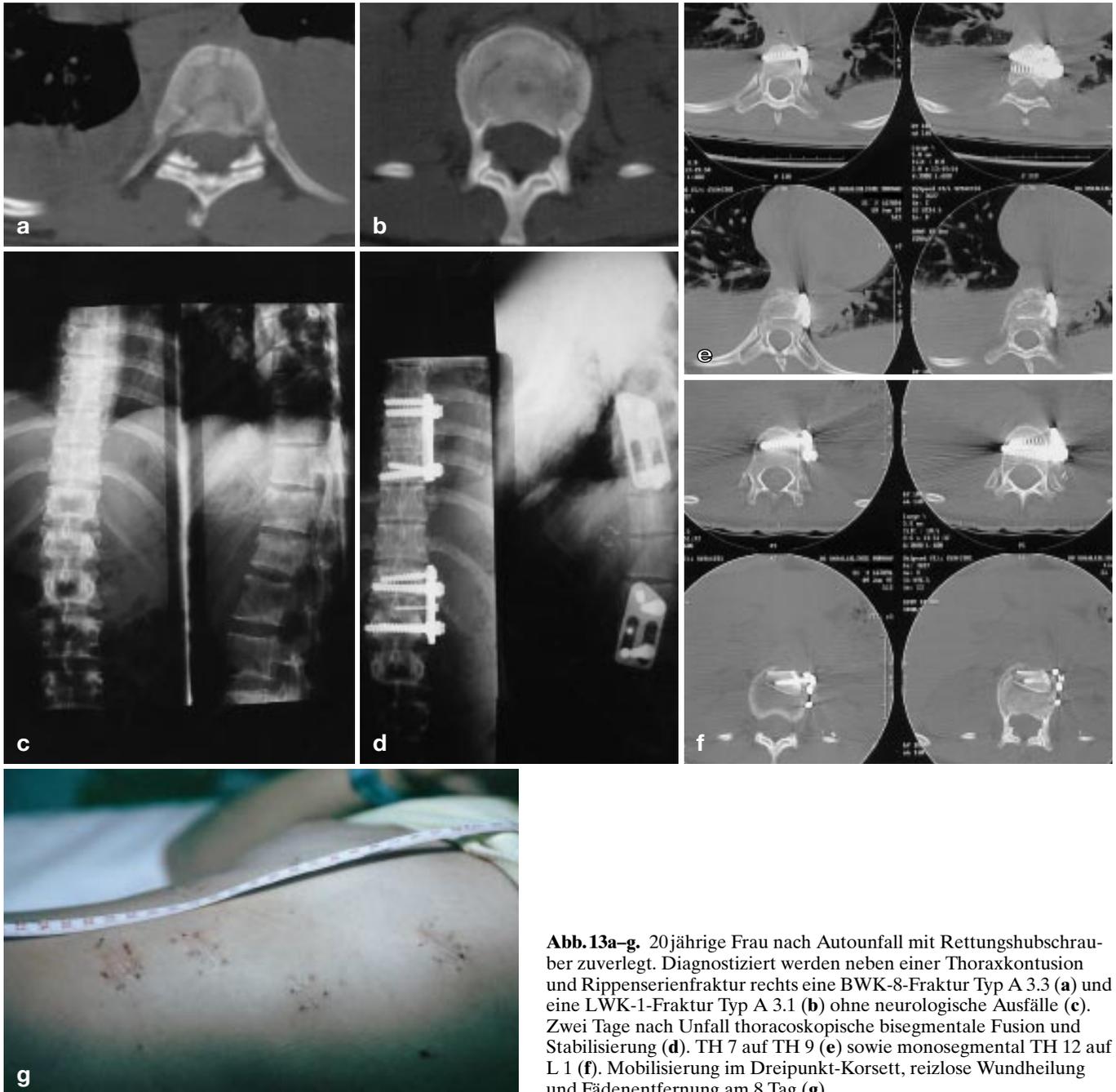
Da der gesamte Saugerinhalt durch Cellsaver aufbereitet wird, läßt sich der intraoperative Blutverlust vergleichsweise exakt protokollieren. Unter Außerachtlassung des geschilderten Komplikationsfalls betrug der mittlere Blutverlust 420 ml inklusive Spangewinnung mit einem Maximum von 1100 ml in einem Fall. Postoperativ ergaben sich keine Blutungs- oder Infektionskomplikationen. Während die Mehrzahl der Patienten im Operationssaal extubiert werden konnte, wurden 7 Patienten wegen begleitender Lungenkontusionen nachbeatmet. Ein 57-jähriger Mann mit Raucheranamnese mußte reintubiert werden und konnte erst nach 6 Tagen vom Respirator entwöhnt werden. Bei 2 Patienten mußten postoperative pleurale Ergüsse punktiert werden.

Die geringe Beschwerdesymptomatik nach thoracoskopischer Spondylodese ist unter Kenntnis des Normalverlaufs nach offenem Vorgehen augenfällig. Über Wundschmerzen wurde nach Zug der Thoraxdrainage ab dem 2. postoperativen Tag nicht mehr geklagt mit dem Resultat einer unbehinderten Atmung und Mobilisierung. Eine Validierung dieser Beobachtung durch Besserung in Schmerzscores und Verkürzung der Hospitalisation leidet im Krankengut an den häufig bestehenden Zusatzverletzungen, aber auch naturgemäß an den bzgl. der Wirbelverletzung zusätzlich durchgeführten Eingriffen, wie den dorsalen Instrumentationen und der Beckenkammspanentnahme.

Intercostalneuralgien wurden von keinem Patienten angegeben. Ein lagerungsbedingter Druckschaden des N. thoracodorsalis war reversibel, eine Irritation der



**Abb. 12a-c.** 41-jähriger Mann, Pkw-Unfall auf dem Weg zur Arbeit. In der erstversorgenden Klinik wird die Diagnose einer instabilen TH-12-Frakturen, Typ B 2.3 ohne neurologische Ausfälle neben Dornfortsatzfrakturen BWK 10 bis LWK 1 und einer Fraktur der 12. Rippe rechts gestellt (a). Zuverlegung mit Intensivhubschrauber zur operativen Versorgung. Zunächst Reposition der Fehlstellung und dorsale Instrumentierung mittels Fixateur interne von BWK 11 auf LWK 1. Eine Woche danach thoracoskopische ventrale Stabilisierung als monosegmentale Fusion TH 11 auf TH 12 mit tricortical Beckenspan und ventraler Abstützplatte (b, c). Entfernung der Thoraxdrainage am 2. postoperativen Tag, Entlassung des Patienten am 10. postoperativen Tag



**Abb. 13a–g.** 20-jährige Frau nach Autounfall mit Rettungshubschrauber zuverlegt. Diagnostiziert werden neben einer Thoraxkontusion und Rippenserienfraktur rechts eine BWK-8-Fraktur Typ A 3.3 (a) und eine LWK-1-Fraktur Typ A 3.1 (b) ohne neurologische Ausfälle (c). Zwei Tage nach Unfall thoracoskopische bisegmentale Fusion und Stabilisierung (d). TH 7 auf TH 9 (e) sowie monosegmental TH 12 auf L 1 (f). Mobilisierung im Dreipunkt-Korsett, reizlose Wundheilung und Fädenentfernung am 8.Tag (g)

Wurzel L 1 auf der Zugangshöhe bestand ebenfalls nur passager. Weitere postoperative neurologische Schädigungen mußten nicht beobachtet werden. Alle Patienten wurden postoperativ mittels CT-Untersuchung kontrolliert. Dabei ergaben sich in keinem Fall Implantatfehlagen die Beckenkammspanne wie auch die Platten-schrauben betreffend. Unabhängig von der minimal-invasiven Methodik wurde im Verlauf bei einer BWS-Stabilisierung eine Schraubenlockerung beobachtet, die bei erhaltener Reposition jedoch nicht korrekturbedürftig war.

### Diskussion und Ausblick

Die vorliegende Serie beweist die prinzipielle technische Durchführbarkeit einer kompletten ventralen Wirbelsäulenstabilisierung unter Einschluß der spinalen Dekompression, Knochenspanimplantation und Instrumentierung mit winkelstabiler Platte. Die beobachteten Komplikationen waren in Übereinstimmung mit anderen Berichten selten, nicht schwerwiegend und entsprechend einfach beherrschbar [12].

Weitere Vorteile der Methode sind letztendlich nur praktisch im Operationssaal überzeugend darstellbar. Es ist dies in erster Linie die brillante und blutungsarme Darstellung des Situs mit einer vergleichsweise dem Mi-



**Abb. 14a–d.** 20-jähriger Mann nach Gerüststurz. Distractionsverletzung der Wirbelsäule Typ B 3.2 auf Höhe Segment L 1/L 2 mit discoligamentärer Instabilität (a), traumatischem Bandscheibenvorfall und Bogenwurzelfraktur LWK 1 (b, c) ohne neurologische Ausfälle. Einen Tag nach Unfall thoroskopische monosegmentale Versorgung unter Ausräumung des Bandscheibenraums mit Spaninterposition und ventraler Plattenspondylodese (d). Entlassung am 8. postoperativen Tag

kroskopgebrauch nahekommenden Übersicht, die bei präzise auszuführenden Arbeitsschritten wie der Spinalkanaldekompensation oder der Schraubenplatzierung hilfreich ist. Aufgrund der exakt durchführbaren Präparation ist es möglich, auf die Unterbindung der Segmentgefäße mit Ausnahme der die Resektionszone querenden Spinalarterie zu verzichten.

Einen entscheidenden Fortschritt bildet die Entwicklung der geschilderten Zwerchfellschlitzung, die den Zugang zu den am häufigsten verletzten Segmenten der oberen LWS öffnet. Die geschilderte Technik ist wesentlich unaufwendiger als der bisher existierende Vorschlag, die Thoracoskopie mit einer Lumboskopie nach retroperitonealer Distension zu kombinieren [14]. Die endoskopische Zwerchfellschlitzung hat sich an nunmehr 11 Patienten als einfach, sicher und reproduzierbar anwendbar erwiesen.

Derzeitige Schwachpunkte der Methode sind der hohe Zeitaufwand im Operationssaal wegen der aufwendigen Vorbereitung und in Einzelpunkten noch nicht optimierten Operationstechnik, sowie einige andere prinzipielle Unzulänglichkeiten. Diese bestehen

zunächst in der fehlenden direkten Manipulationsmöglichkeit der Wirbelkörper, so daß die Reposition derzeit nur durch gedeckte Manöver und damit zumindest am thoracolumbalen Übergang mit nicht immer befriedigendem Ergebnis gelingt. Für dieses Problem ist eine Lösung in Form einer direkten Instrumentation der Wirbelkörper in minimal-invasiver Technik nach dem Out-rigger-Prinzip denkbar.

Optimierungsmöglichkeiten bestehen mit Sicherheit auch für die beschriebenen Titanimplantate, die ursprünglich für offene Techniken entwickelt wurden und nur unter zeitaufwendigen Improvisationen angewendet werden können. So müssen Platten wie Schrauben bisher einzeln mit Fäden gesichert werden, um bei einem Verlust im Situs aufwendige Bergemanöver zu vermeiden. Darüber hinaus wäre eine minimal-invasiv anwendbare und über die Schrauben vermittelte Distractions- und Kompressionsmöglichkeit nach Implantation wünschenswert.

Für die in der Praxis am häufigsten zu versorgenden Verletzungen am thoracolumbalen Scheitelpunkt stellt sich die Frage, inwieweit unter der Prämisse einer voll-

ständigen ventralen Instrumentierung auf einen dorsalen Zugang entweder gänzlich verzichtet oder dieser aber im Aufwand ebenfalls minimiert gestaltet werden kann [4]. In Abhängigkeit von der Verfügbarkeit eines geeigneten und hochstabilen Plattenfixateurs wäre die Entwicklung einer zuggurtenden dorsalen Instrumentation in minimal-invasiver Technik durchaus denkbar.

Letztendlich verbleibt die Problematik der ventralen knöchernen Abstützung, die akut druckstabil sein soll und im Verlauf biologisch sicher einheilen muß. Nach derzeitigem Stand können diese Forderungen mit hoher Sicherheit nur durch Verwendung autologer Knochen- transplantate gewährleistet werden, wobei die Gewinnung des tricorticalen Spans vom Beckenkamm das Prinzip der minimal-invasiven Operationstechnik quasi konterkariert. Die aktuellen Entwicklungen bei Knochenersatzstoffen, vor allem in Verbindung mit den neuen potent osteogenen Wachstumsstoffen, lassen auch diesbezüglich eine Lösung erwarten.

Bilanzierend ist zu schlußfolgern, daß an der technischen Machbarkeit einer minimal-invasiven Wirbelsäulentraumatologie kein Zweifel bestehen kann. Die aufgezählten Problemkreise können durch operationstechnische Fortentwicklungen, biomechanisch optimierte Implantate und wohl auch Indikationsanpassungen gelöst werden. Die Erfahrung bei Einführung minimal-invasiver Methoden in anderen Gebieten, wie z. B. in der Allgemein Chirurgie, zeigen, daß zunächst als kaum überwindbar eingeschätzten Bedenken rasch ausgeräumt werden können, daß aber andererseits die Anfangseuphorie mit dem Glauben an eine omnipotente Methode ebenso schnell in klare indikatorische Abgrenzungen einmündet. Auch für die traumatologische Wirbelsäulen Chirurgie in minimal-invasiver Technik sind Einwände der Vertreter der klassischen offenen Verfahren absehbar und müssen im Sinne einer Kosten-Nutzen-Abwägung kritisch diskutiert werden.

## Literatur

1. Bühren V, Braun Ch (1993) Ventrale Fusionsosteosynthese bei Frakturen der Brustwirbelsäule. *Oper Orthop Traumatol* 5: 245
2. Caputy A, Starr J, Riedl C (1995) Video-assisted endoscopic spinal surgery, thoracoscopic discectomy. *Acta Neurochir (Wien)* 134: 196
3. Djczman E, Gorden A, Kreisman H, Wolkove N (1991) Long-term postthoracotomy pain. *Chest* 99: 270
4. Feil J, Wörsdörfer O (1992) Ventrale Stabilisierung im Bereich der Brust- und Lendenwirbelsäule. *Chirurg* 63: 856
5. Gonzales Barrios I, Fuentes Capparrós S, Avila Jurado (1995) Anterior thoracoscopic epiphysiodesis in the treatment of a crankshaft phenomenon. *Eur Spine J* 4: 343
6. Hertlein H, Hartl WH, Dienemann H, Schurmann M, Lob G (1995) Thoracoscopic repair of thoracic spine trauma. *Eur Spine J* 4: 302
7. Jacobaeus HC (1910) Über die Möglichkeit, die Zystoskopie bei der Untersuchung seröser Höhlen anzuwenden. *Münch Med Wochenschr* 57: 2090
8. Kux M (1978) Thoracic endoscopy sympathectomy in palmar and axillary hyperhidrosis. *Arch Surg* 113: 264
9. Liljenquist U, Steinbeck J, Halm H, Schröder M, Jerosch J (1996) Thorakoskopischer Zugang zur Brustwirbelsäule. *Arthroscopie* 9: 267
10. Mack MJ, Regan J, Bobeckho WP, Acuff TE (1993) Application of thoracoscopy for diseases of spine. *Ann Thorac Surg* 56: 736
11. Magerl F, Aebi M, Gertzbein S D, Harms J, Nazarian S (1994) A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 3: 184
12. Mc Afee PC, Regan JR, Zdeblick T, Zuckermann J, et al (1995) The incidence of complications in endoscopic anterior thoracolumbar spinal reconstructive surgery. *Spine* 10: 1624
13. Regan JJ, Mack MJ, Oicetti GD (1995) A technical report on video-assisted thoracoscopy in thoracic spinal surgery. Preliminary description. *Spine* 20: 831
14. Regan JJ, Mc Afee P, Mack M (1995) Atlas of endoscopic spine surgery. Quality Medical Publishing, St. Louis
15. Rommens PM, Weyns F, v. Calenberg F, Goffin J, Bross PL (1995) Mechanical performance of the Dick internal fixator: a clinical study of 75 patients. *Eur Spine J* 4:104
16. Rosenthal D, Marquardt G, Lorenz R, Nichtweiss M (1996) Anterior decompression and stabilization using a microsurgical endoscopic technique for metastatic tumors of the thoracic spine *J Neurosurg* 84: 565
17. Rosenthal D, Rosenthal R, Simone A (1994) Removal of a protruded thoracic disc using microsurgery endoscopy. *Spine* 19: 1087
18. Trentz O, Friedl HP (1995) Brust- und Lendenwirbelsäule. In: Rüter A, Trentz O, Wagner M (Hrsg) *Unfallchirurgie*. Urban und Schwarzenberg, München Wien Baltimore, S 421

Prof. Dr. V. Bühren  
Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik  
Professor-Küntschers-Straße 8  
D-82418 Murnau