Fehlschläge der dorsalen Spongiosaplastik der vorderen Säule

Ziele der operativen Behandlung instabiler Wirbelsäulenverletzungen sind Wiederherstellung und Ausheilung unter stabilen und belastungsfähigen Bedingungen. Nur so ist die Wirbelsäule als zentrales Organ des Stütz- und Bewegungsapparats in der Lage, die an sie gestellten funktionellen Anforderungen in Arbeit und Freizeit zu erfüllen.

Biomechanik

Wegen des vor der Wirbelsäule liegenden Körperschwerpunkts bildet der knöcherne, ligamentäre und muskuläre Aufbau der Wirbelsäule ein System, welches bei aufrechter Körperposition in den ventralen, knöchernen Abschnitten axiale Belastungen und in den dorsalen, ligamentä-

ren Abschnitten Zugspannungen aufnehmen muss [10, 11]. Die umgebende Muskulatur und der Rippenkäfig tragen zur Verstärkung bei. Die biomechanischen Verhältnisse sind mit einem Kranmodell vergleichbar.

Ventral besteht eine belastbare druckfeste Säule, während dorsal zuggurtende ligamentäre Elemente für das Gleichge-

Abb. 1 ▲ Unzureichende knöcherne Fusion der interkorporell transplantierten Spongiosa

Abb. 2 ► Darstellung des Arbeitsbildschirms am Beispiel einer Wirbelsäulenrekonstruktion auf der Grundlage von digitalisierten Datensätzen einer Computertomographie, links oben koronare, rechts oben sagittale Rekonstruktion, links unten axiale Schicht entsprechend der CT-Schicht, rechts unten 3D-Rekonstruktion des untersuchten Wirbelsäulenabschnitts

Trauma Berufskrankh 2005 · 7 [Suppl 2]: S307–S310
DOI 10.1007/s10039-004-0952-z
© Springer Medizin Verlag 2004

H. Winkler

Fehlschläge der dorsalen Spongiosaplastik der vorderen Säule

Zusammenfassung

Wirbelfrakturen gehen neben einem knöchernen Schaden auch in den meisten Fällen mit einer biomechanischen Instabilität im betroffenen Bewegungssegment einher. Das Ziel der Behandlung besteht darin, Stabilität zu erzeugen. Neben dem internen Fixationssystem wurde über viele Jahre die transpedikuläre Transplantation von Spongiosa in den Intervertebralraum und den frakturierten Wirbelkörper empfohlen, um eine knöcherne Fusion in der ventralen Säule der Wirbelsäule zu erreichen. In klinischen Studien konnten Korrekturverluste von 30–60% der primär erreichten Reposition gefunden werden. Grund für den Korrekturverlust war eine insuffiziente oder ausbleibende Heilung des Spon-

giosatransplantats. Die Auswertung von 3D-Rekonstruktionen, welche aus den digitalisierten Bilddaten von CT-Untersuchungen gewonnen worden waren, ergaben unbefriedigend kleine Spongiosavolumina mit ungenügendem Kontakt zum Nachbarn. Die Ergebnisse zeigen, dass die transpedikuläre Spongiosaplastik für die Behandlung instabiler thorakolumbalen Frakturen nicht geeignet ist. Kombinierte dorsoventrale Stabilisierungstechniken sind zu empfehlen.

Schlüsselwörter

Wirbelfrakturen · Biomechanische Instabilität · Spongiosaplastik · Korrekturverlust

Failure of posterior cancellous bone grafting at the anterior column

Abstract

The result of spine fractures is not only bony destruction but also in most cases biomechanical instability of the motion segment. The goal of operative treatment is stability. Besides internal fixation a recommended procedure was the transpedicular transplantation of cancellous bone to achieve bony fusion in the anterior column of the spine. In a clinical study after the stabilizing operation, we found a loss of correction 30–60% that was independent of the fracture type, implant or operation procedure. The lack of healing of the bone graft was the reason for the correction loss. The assessment of 3D reconstructions, generated from the digitized

picture data of CT scans, shows small volumes of cancellous bone grafts with poor contact to the neighboring vertebral body. The results indicate that transpedicular bone grafting cannot be recommended for the operative treatment of unstable thoracolumbar spinal fractures, since in most cases no bony fusion occurs. In our opinion combined anterior-posterior stabilizations are more often indicated.

Keywords

Spine fractures · Biomechanical instability · Bone graft · Correction loss

wicht sorgen. Belastungen können nur bewältigt werden, wenn beide Elemente intakt sind. [11]. Dieses grundlegende Prinzip ist wesentlich für das Verständnis der Natur von Wirbelsäulenverletzungen und die Wahl der geeigneten Technik zur ihrer Stabilisierung. In dem von Louis [15] unter morphologischen Gesichtspunkten entwickelten „Dreisäulenmodell“ der Wirbelsäule wird neben einer vertikalen eine horizontale Stabilität unterschieden. Die vertikale Stabilität wird durch 3 knöcherne Säulen sichergestellt. Die anteriore Säule wird aus den übereinander liegenden Wirbelkörpern gebildet und nimmt den größten Teil der Last auf. Die Säule wird von kranial nach kaudal zunehmend breiter und kräftiger – entsprechend den wachsenden Wirbelkörperdurchmessern und der zunehmenden axialen Belastung von der Halswirbel- bis zur unteren Lendenwirbelsäule [15].

Prinzip der Spondylodese

Nur bei einer sehr geringen Zahl von Verletzungen ist eine echte Osteosynthese möglich. Im Allgemeinen ist an der Wirbelsäule eine Stabilisierung durch eine Fusion von Bewegungssegmenten erforderlich. Stabilität wird um den Preis einer Beweglichkeitseinbuße in einem Bewegungssegment erzeugt. Im Rahmen einer derartigen operativen Stabilisierung ist immer mindestens ein Bewegungssegment [22] betroffen. Um das angestrebte Ziel einer möglichst hohen Primärstabilität zu erreichen, ist die Verwendung von Implantaten erforderlich, welche in der frühen postoperativen Phase Last aufnehmen müssen. Die dorsale Instrumentation mit Fixateur interne hat zum Ziel, durch eine kurzstreckige Instrumentation eine möglichst hohe Stabilität zu erreichen [1, 6, 8, 12, 18]. Im Idealfall sollte nur ein Bewegungssegment überbrückt und fusioniert werden.

Nach Panjabi [21] „ist Frakturheilung die unabdingbare Voraussetzung für den Erfolg des Implantats. Mit dem Fortschreiten der knöchernen Heilung nimmt die Eigenbelastbarkeit der Wirbelsäule ständig zu, während die Belastbarkeit des Implantats durch Materialermüdung abnimmt. Bei verzögerter knöcherner Heilung muss mit einem Implantatversagen gerechnet werden“. Stabilität kann letztlich nur durch

eine knöcherne Fusion im betroffenen Bewegungssegment erreicht werden.

Knochen transplantation

Die dauerhafte, knöcherne Fusion eines Bewegungssegments macht die Transplantation von Knochen erforderlich, um neben der mechanischen, instrumentellen Stabilisierung auch durch biologische Maßnahmen die Spondylodese zu ermöglichen. Neben rein dorsalen, posterolateralen oder intertransversalen Anlagerungen von Spongiosa wurden unter biomechanischen Belastungsgesichtspunkten Knochentransplantationen in der ventralen Säule vom dorsalen OP-Zugang aus empfohlen. Über den transpedikulären Zugang ist die Transplantation von Spongiosa in den Wirbelkörper und in den Intervertebralraum möglich. Eine transpedikuläre Bandscheibenresektion ist erforderlich, um für die Spongiosa genügend Raum zur Einheilung zu schaffen [2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 24]. Auch Querfortsatzosteotomien wurden zur Spongiosatransplantation beschrieben.

Korrekturverlust

Die Stabilisierungsmöglichkeit mit transpedikulärer Schraubenverankerung ermöglicht eine kurzstreckige Instrumentation und eine gute primäre Reposition mit annähernder Wiederherstellung der anatomischen Form. Der Erfolg einer Behandlungsmaßnahme bei instabilen Wirbelfrakturen wird daran gemessen, ob es gelingt, das primär erreichte Ausmaß der knöchernen Repositionsfusion auf Dauer zu halten. Bei bleibender Restinstabilität kommt es wegen der biomechanischen Beanspruchung der ventralen, hauptbelasteten Knochensäule zu Verlusten des bei Behandlungsbeginn gewonnenen Korrekturausmaßes. Betroffen von den nachfolgenden Korrekturverlusten sind die sagittale Kontur der Wirbelsäulenachse ebenso wie die Höhe und Form des verletzten Wirbelkörpers. Bei Anwendung des Fixateur interne wurden in der Frühphase zunächst nur geringe Korrekturverluste beschrieben [1, 19, 20].

Abb. 3a–f ▲ A3-Fraktur von LWK1 bei einem 26-jährigen Patienten. Virtuelle Rekonstruktion des verletzten Bewegungssegments T12/L1 mit intra- und interkorporeller Spongiosaplastik. a Koronare, b sagittale Rekonstruktion, c axiale Schicht. Das Spongiosatransplantat stellt sich als amorphe Masse dar. d 3D-Rekonstruktion des verletzten Bewegungssegments in der Seitenansicht mit virtueller Rekonstruktion des Spongiosatransplantats, e transparente Darstellung des Intervertebralraums. Die Spongiosa hat die obere Begrenzung des Bandscheibenraums nicht überschritten. f Virtuelle 3D-Darstellung des Spongiosatransplantats mit einem Volumen von 2,54 cm³. Kein sicherer Kontakt zum Nachbarwirbel, keine Einheilung im Frakturwirbel

Eigene Untersuchungen

Bei eigenen Untersuchungen wurden im Verlauf zwischen Operation und Metallentfernung der sagittale Index (SI, Quotient aus Vorderkanten- und Hinterkantenhöhe), der Körperwinkel (KW, Deformierung des Wirbelkörpers in Winkeln) und der Grunddeckplattenwinkel (GDW, Deformation der sagittalen Kontur unter Einbeziehung der benachbarten Bandscheibenräume) bestimmt. Zusätzlich erfolgten eine Beurteilung der transplantierten Spongiosa anhand der zur Verfügung stehenden CT- und Röntgenaufnahmen und die virtuelle Rekonstruktion der digi-

talen CT-Datensätze mit Hilfe des computergestützten Navigationssystems SPOCS (surgical planning and orientation computer system, Fa. Aesculap, Tuttlingen). Das System ermöglicht die dreidimensionale Planung und die Navigation chirurgischer Instrumente. Die digitalisierten Bilddaten lassen sich auf einem Bildschirm visualisieren sowie zwei- und dreidimensional darstellen. Weiterhin ist es möglich, quantitative Messungen für die Bestimmung von Distanzen, Winkeln und Volumina vorzunehmen.

Veränderung der Achsverhältnisse

Durch die operative Stabilisierung konnte immer eine signifikante Verbesserung der unfallbedingten Fehlstellung des verletzten Bewegungssegments, gemessen an sagittalem Index (SI), Körperwinkel (KW) und Grunddeckplattenwinkel (GDW), erzielt werden. Im weiteren Verlauf fielen die Werte signifikant bis zur Metallentfernung ab. Die Auswertung ergab für SI, KW und GDW Korrekturverluste zwischen 30 und 60% der operativ erreichten Achskorrekturen, unabhängig vom verwendeten Fixateur-interne-System oder der Nachbehandlung.

Beurteilung der Spongiosatransplantate

Die Beurteilung der Spongiosatransplantate anhand von Röntgen- und CT-Aufnahmen ergab, dass nur bei 17 von 97 Patienten (17,8%) die transplantierte Spongiosa als vital eingestuft wurde. Bei 32 Patienten wurde keine Fusion erreicht oder die Spongiosa als nekrotisch oder resorbiert bewertet, und in 48 Fällen war der transplantierte Knochen im Wirbelkörper und im Intervertebralraum nicht beurteilbar. Ein sicherer knöcherner Anschluss des Transplantats an die Grundplatte des kranialen Nachbarwirbels konnte nicht nachgewiesen werden (■ Abb. 1).

In den 3D-Rekonstruktionen mit Hilfe von SPOCS gelang es, die transplantierte Spongiosa intra- und interkorporell darzustellen. Die Volumenbestimmung der transplantierten Spongiosa, welche mit einer Genauigkeit von 0,01 cm³ möglich war, ergab Werte zwischen 1,07 und 3,3 cm³ mit einem arithmetischen Mittel von 1,75 cm³. In keinem der operativ stabilisierten Bewegungssegmente konnte ein Anschluss der Spongiosaplastik an die Grundplatte des kranialen Nachbarwirbels nachgewiesen werden (■ Abb. 2, 3a–f).

Fazit für die Praxis

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass über den transpedikulären Zugang zwar vitale Spongiosa im Bereich der vorderen Säule platziert werden kann, andererseits aber keine stabile Fusion im betroffenen Bewegungssegment eintritt. Die Vermutung liegt nahe, dass im Bandscheibenraum wegen der bradytrophischen Er-

nährungssituation eine vitale Einheilung nicht möglich ist und wegen der technisch schwierigen Vorbereitung der benachbarten Wirbelkörpergrundplatte eine Fusion ausbleibt. Die gefunden Korrekturverluste werden durch eine Vielzahl von Untersuchungen bestätigt [13, 14, 17, 23, 25]. Es besteht offensichtlich eine Abhängigkeit zwischen dem Ausmaß des Instabilitätsgrades sowie Fraktur und Größe des Korrekturverlusts [16].

In der Praxis sollten daher bei der operativen Stabilisierung von Wirbelfrakturen kombinierte dorsoventrale Verfahren unter Verwendung stabiler Knochenblöcke oder eines Wirbelkörperersatzes zur Anwendung kommen.

Korrespondierender Autor

Priv.-Doz. Dr. H. Winkler

Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Westpfalz-Klinikum, Hellmut-Hartert-Straße 1, 67655 Kaiserslautern
E-Mail: hwinkler@westpfalz-klinikum.de

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. Aebi M, Etter C, Kehl T et al. (1987) Stabilization of the loser thoracic and lumbar spine with the internal spinal skeletal fixation system. *Spine* 12:544–551
2. Daniaux H (1986) Transpedikuläre Reposition und Spongiosaplastik bei Wirbelkörperbrüchen der unteren Brust- und Lendenwirbelsäule. *Unfallchirurg* 89:197–213
3. Daniaux H, Lang T, Kathrein A et al. (1997) Morphologische Spätergebnisse nach dorsaler Fusion und transpedikulärer Spongiosaplastik bei Verletzungen des thorakolumbalen Überganges und der Lendenwirbelsäule. *Unfallchirurg* 268:190–191
4. Daniaux H, Seykora P, Genelin A et al. (1991) Application of posterior plating and modifications in thoracolumbar spine injuries. *Spine* 16 [Suppl]: S125–S133
5. Dick W (1986) Use of the acetabular reamer to harvest autogenic bone graft material: a simple method for producing bone paste. *Arch Orthop Trauma Surg* 105:235–238
6. Dick W (1987) Innere Fixation von Brust- und Lendenwirbelfrakturen. In: Burri C, Harder F, Bauer R (Hrsg) Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopädie, Bd 28, 2. Aufl. Huber, Bern Stuttgart Toronto
7. Dick W (1991) Dorsale transpedikuläre Stabilisierungstechniken. In: Bauer R, Kerschbaumer F, Pössel S (Hrsg) Orthopädische Operationslehre. Thieme, Stuttgart New York, S 279–290

8. Gotzen J, Junge A, Koppeltberg T et al. (1995) Fortschritte in der Fixateur-interne-Stabilisierung von thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen. *Unfallchirurg* 98:79–86
9. Gotzen L, Püpl D, Junge A (1992) Indikation, Technik und Ergebnisse monosegmentaler dorsaler Spondylodesen bei Keilkompressionsfrakturen (Grad II) der thorakolumbalen Wirbelsäule. *Unfallchirurg* 95:445–454
10. Jacobs RR, Asher MA, Snider RK (1980) Dorso-lumbale Wirbelsäulenfrakturen – eine vergleichende Studie zwischen konservativer und operativer Behandlung bei 100 Patienten. *Orthopäde* 9:45–62
11. Jacobs RR, Casey MP (1984) Surgical management of thoracolumbar spinal injuries. *Clin Orthop* 189:22–35
12. Kluger P, Gerner HJ (1986) Das mechanische Prinzip des Fixateur externe zur dorsalen Stabilisierung der Brust- und Lendenwirbelsäule. *Unfallchirurgie* 12:68–79
13. Knop C, Blauth M, Bastian U et al. (1997) Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule. *Unfallchirurg* 100:630–639
14. Knop C, Blauth M, Herlein S et al. (1997) Klinische und computertomographische Spätergebnisse nach transpedikulärer Spongiosaplastik. *Unfallchirurg* 268:200–203
15. Louis R (1985) Die Chirurgie der Wirbelsäule. Springer, Berlin Heidelberg New York
16. Lowatschkeff T, Verheyden P, Katscher S et al. (1997) Behandlungsergebnisse von im Rahmen einer prospektiven Studie ausschließlich dorsal stabilisierten instabilen thorakolumbalen Wirbelfrakturen. *Unfallchirurg* 268:196–200
17. Mayer H, Schaaf D, Kudernatsch M (1992) Der Einsatz des Fixateur interne bei Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. *Chirurg* 63:944–949
18. McAfee PC, Weiland DJ, Carlow JJ (1991) Survivorship analysis of pedicle spinal instrumentation. *Spine* 16 [Suppl]:S422–S427
19. Olerud S, Karlström G, Sjöström L (1988) Transpedicular fixation of thoracolumbar vertebral fractures. *Clin Orthop* 227:44–51
20. Ostermann PA, Holt RT, Johnson JR (1990) Die Behandlung von instabilen thorakalen und lumbalen Wirbelfrakturen mit dem Cotrel-Dubousset Instrumentarium. *Langenbecks Arch Chir* 375:161–165
21. Panjabi MM (1988) Biomechanical evaluation of spinal fixation devices: I a conceptual framework. *Spine* 13:1129–1134
22. Panjabi MM (1991) Dreidimensionale Testung der Stabilität von Wirbelsäulenimplantaten. *Orthopäde* 20:106–111
23. Speth MJGM, Oner FC, Kadac MAC et al. (1995) Recurrent kyphosis after posterior stabilization of thoracolumbar fractures. *Acta Orthop Scand* 66:406–410
24. Wawro W, Konrad L, Aebi M (1994) Die monosegmentale Montage des Fixateur interne bei der Behandlung von thorakolumbalen Wirbelfrakturen. *Unfallchirurg* 97:114–120
25. Weckbach A, Vogel S (1997) Einfluß der transpedikulären interkorporellen Spongiosaplastik auf den Korrekturverlust nach alleiniger dorsaler Instrumentierung thoracolumbalen Wirbelsäulenverletzungen. *Unfallchirurg* 268:205–208