Stabilisierungsverfahren an der HWS

Nichtoperative Stabilisierungsverfahren im Abschnitt C0–C3

Für den oberen Abschnitt der Halswirbelsäule kommen als temporäre Stabilisierungsverfahren Zervikalstützen dann zur Anwendung, wenn eine Fraktur der äußeren Schienung bedarf, ohne dass eine Reposition im Initialstadium der Therapie erforderlich ist, und wenn eine weitere Dislokation im kurzfristigen Verlauf nicht zu erwarten ist.

Bedarf es einer initialen Reposition, dient der Halo-Fixateur (■ Abb. 1) als definitives oder temporäres Stabilisierungsverfahren. Seine Anlage ist zu jedem Zeitpunkt in Lokalanästhesie durchführbar. Eine Kontrolle des Repositionsergebnisses hat nach seiner Anlage in Abhängigkeit von der Pathologie unter Durchleuchtung mittels Bildwandler bzw. durch Standardröntgenaufnahmen zu erfolgen. Falls auf den konventionellen Aufnahmen die Stellung der Fraktur nicht ausreichend beurteilbar ist, muss eine Kontrolle mittels Computertomographie durchgeführt werden.

Verletzungen und Klassifikationen der oberen HWS (C0–C3)

Es werden unterschieden:

1. Atlanto-okzipitale Dissoziation (AOD)
2. Atlanto-axiale Dissoziation (AAD)
3. Atlasfrakturen
4. Densfrakturen
5. Traumatische Spondylolisthese des Axis

Atlanto-okzipitale und -axiale Dissoziationen

Es handelt sich um sehr seltene und schwere Verletzung mit hoher Letalitätsrate. Durch ein gut funktionierendes Rettungssystem erreichen heute Patienten mit einer AOD bzw. AAD öfter die Klinik. Schädel-Hirn-Verletzungen sind häufige und gleichzeitig auch für die Prognose und Therapie entscheidende Begleitverletzungen. Durch Zerreißungen und Dissektionen der Aa. vertebralis kommt es zu starken Einblutungen in die Halsweichteile; des Weiteren können Hirninfarkte als Zeichen der Mangeldurchblutung resultieren. Für diese hochinstabilen Patienten kommt in der Initialphase nur die temporäre Stabilisierung nach Reposition der anatomischen Achse über einen Halo-Fixateur zur Anwendung. Nach Stabilisierung der Vitalparameter erfolgen im weiteren kurzfristigen Verlauf nach wenigen Tagen die definitive Stabilisierung und Instrumentierung der Verletzung.

AOD

Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten wird bei der AOD über ein dorsales Platten-Schrauben-System eine okzipitozervikale Fusion angestrebt (■ Abb. 2). Wenn immer möglich erfolgt die Fixierung zervikal durch eine transartikuläre Verschraubung C2/C1 nach Magerl [6, 8]. Anzustreben ist eine möglichst kurzstreckige Fusion über wenige Bewegungssegmente. Außer bei Kindern ist die Anlagerung von Spongiosa zwischen dem Okziput und dem Atlas- bzw. Axisring erforderlich, um eine Fusion zu erreichen.

AAD

Bei Luxation und Zerreißung des Bewegungssegments C1/C2 im Sinne der atlanto-axialen Dissoziation erfolgt die definitive operative Stabilisierung nach Reposition von dorsal durch eine transartikuläre Verschraubung der Gelenke C2/C1 nach Magerl (■ Abb. 3) in Kombination mit der Fixierung der Wirbelbögen von Atlas und Axis über eine Drahtcerclage. Auch hier ist zur definitiven Fusion ein Kno-

Abb. 1 ► Patient mit Halo-Fixateur

Abb. 2 ◀ Atlanto-okzipitale Dissoziation (AOD): operative Stabilisierung mit okzipitozervikaler Fusion

Abb. 3 ▲ Atlanto-axiale Dissoziation (AAD), **a** AAD, **b** operative Versorgungsbilder mit dorsaler transartikulärer Verschraubung der Gelenke C2/C1 nach Magerl und Fusionsoperation nach Gallie

chenblock erforderlich, der nach Anfrischung der Wirbelbögen C1 und C2 zwischen diesen positioniert und durch die Cerclage fixiert wird. Hierbei unterscheidet man 2 verschiedene Techniken:

- Bei der Operation nach Brooks u. Jenkins [1] werden 2 Cerclagen zwischen den Wirbelbögen angebracht und fixieren rechts und links der Mittellinie jeweils einen kortikospongiosen Span.
- Bei der Methode nach Gallie [5] (■ **Abb. 3**) fixiert eine Cerclage einen kortikospongiosen Span, über welchen die Fusion angestrebt wird.

Biomechanisch bietet die Methode nach Brooks u. Jenkins [1] eine höhere Stabilität.

Atlasfrakturen

Es werden 5 verschiedene Frakturtypen unterschieden [4], wovon nur 1 instabil ist und der operativen Stabilisierung bedarf:

Typ 1. Es handelt sich um eine isolierte Fraktur des vorderen Atlasbogens (selten Abrissverletzung durch Zug des M. longus colli im Rahmen von Hyperextensionsmechanismen). Diese Verletzung ist als stabil einzustufen und bedarf keiner operativen Versorgung.

Typ 2. Diese isolierte Fraktur des hinteren Atlasbogens (immer doppelseitig) bedarf ebenfalls keiner operativen Stabilisierung, da ausreichende Stabilität ge-

währleistet ist. Zu achten ist auf weitere, häufig vorhandene Verletzungen der restlichen HWS.

Typ 3. Diese Verletzung entspricht der kombinierten Form aus Frakturen des vorderen und hinteren Atlasbogens. Nach ihrem Erstbeschreiber trägt sie den Eigennamen Jefferson-Fraktur [7]. Instabil und damit operationspflichtig wird dieser Verletzungstyp dann, wenn es zum Auseinanderweichen der Massae laterales kommt (■ Abb. 4).

Typ 4. Es handelt sich um eine isolierte Fraktur der Massa lateralis, die als stabil einzustufen ist. Sie kommt selten vor.

Typ 5. Die isolierte Fraktur des Processus transversus ist ebenfalls als stabil anzusehen und wird ebenfalls nur selten beobachtet.

Therapeutisch wird bei stabilen Atlasfrakturen eine temporäre äußere Ruhigstellung in einer harten Zervikalstütze für 4 Wochen empfohlen.

Liegen dislozierte Massae laterales atlantis vor, als Kennzeichen der instabilen Fraktur, besteht nach gegenwärtiger Lehrmeinung die Empfehlung zur alleinigen transartikulären Verschraubung C2/C1 nach Magerl [6, 8] ohne zusätzliche Fusion. In Einzelfällen kann die Ausheilung auch nach Anlage eines Halo-Fixateur erreicht werden.

Densfrakturen

Ihre gebräuchlichste Einteilung ist die nach Anderson u. D'Alonso [2] mit 3 Verletzungstypen. Eine orientierende Therapieempfehlung lässt sich anhand der Typeneinteilung geben.

Typ 1. Diese seltene Fraktur entspricht einer knöcherner Ausrissverletzung der Ligg. alaria, auch als Densspitzenfraktur bezeichnet. Sie tritt eher im Rahmen einer atlanto-okzipitalen Dissoziation auf. Die einzuschlagende Therapie richtet sich nach der Grundverletzung, da es sich im strengen Sinn nicht um eine Densfraktur handelt.

Typ 2. Bei diesem am häufigsten beim alten Menschen zu findenden Typ handelt

Zusammenfassung · Abstract

Trauma Berufskrankh 2008 · 10 [Suppl 3]:391–398 DOI 10.1007/s10039-007-1339-8
© Springer Medizin Verlag 2008

S. Matschke · C. Wagner · A. Wentzensen
Stabilisierungsverfahren an der HWS

Zusammenfassung

Bei instabilen HWS-Verletzungen werden der operative Zugang und die Operationstechnik durch das Verletzungsausmaß, die resultierende Instabilität sowie die Verletzungshöhe bestimmt. Für den oberen Abschnitt der HWS (C0–C3) werden eine Fusion und Stabilisierung anatomisch bedingt über isolierte Schrauben oder in Kombination mit Drahtsystemen erreicht. Mit Ausnahme der ventralen Verschraubung der Densfrakturen ist dabei ein dorsales Vorgehen indiziert. Eine okzipito-zervikale Fusion wird unter Verwendung eines dorsalen Platten-Schrauben-Systems in Kombination mit einer Knochenanlagerung erreicht. HWS-Verletzungen des mittleren und unteren Abschnitts können durch eine alleinige ventrale Fusion über Platten-

systeme, seltener ergänzt durch ein dorsales Schrauben-Stab-System, kurz- oder langstreckig operativ stabilisiert werden. Die angestrebte Fusion wird durch einen Knochenblock erreicht. Winkelstabile Platten erleichtern die operative Technik; eine höhere Stabilität gegenüber winkelinstanten Implantaten mit bikortikaler Schraubenlage ergibt sich jedoch nicht. Alle operativen Therapiemaßnahmen haben das Ziel, nach erfolgter anatomischer Reposition und Dekompression eine sichere und repositionsverlustfreie Ausheilung und Fusion zu erreichen.

Schlüsselwörter

HWS-Verletzung · Instabilität · Wirbelfrakturen · Fusion · Stabilisierung

Spinal fusion and stabilization of cervical spine injuries

Abstract

The optimal surgical approach and stabilization technique in the treatment of unstable cervical spine injuries are determined by the extent and the level of the injury and the resulting instability. For injuries located in the upper part of the cervical spine (C0–C3) fusion and stabilization are performed using single screws or screws combined with wire loops. With the exception of the ventral screw fixation of dens fractures, a dorsal approach to the upper spine is indicated due to anatomy. Fusion between the occiput and cervical spine is achieved with a dorsal plate-screw system, combined with an autogenous bone graft. Injuries located in the middle or lower part of the cervical spine can be treated successfully by a single anterior short- or long-

distance reconstruction and fusion using plate implants, infrequently completed by a dorsal plate-screw system. Fusion is achieved by insertion of a tricortical bone graft. Fixed-angle plate systems facilitate the surgical procedure, but there is no higher stability compared to conventional implants with bicortical fixation of the screws. All surgical techniques aim for correct reduction with decompression of the vertebral canal, followed by safe fracture healing and fusion without any loss of reduction or nonunion.

Keywords

Cervical spine injury · Instability · Vertebral fracture · Fusion · Stabilization

Abb. 4 ▲ Instabile Atlasfraktur, **a** Jefferson-Fraktur, Auseinanderweichen der Massae laterales, **b** axiale Schnittbilder bei vorderer und hinterer Atlasbogenfraktur, knöcherner Ausriss des Lig. transversum, Auseinanderweichen der Massae laterales

es sich um eine potenziell instabile Verletzung mit einer hohen Affinität zur Pseudarthrose. Sie lokalisiert sich oberhalb der Basis des Processus odontoideus. In Abhängigkeit von der Krafteinleitung beim Unfallgeschehen müssen Flexions- von Extensionsfrakturen unterschieden wer-

den, was für die zu empfehlende Therapie von Bedeutung ist.

Die heute gebräuchlichste ventrale Zugschraubenosteosynthese in kanülierter Technik (**Abb. 5**) ist geeignet zur Stabilisierung von Extensionsfrakturen, da der Frakturspalt nach erfolgter Reposition durch die Schrauben geschlossen werden

kann. Flexionsfrakturen oder Brüche mit einer ausgedehnten Trümmerzone lassen sich dagegen u. U. nicht in dieser Technik stabilisieren. Hier ist bei hochgradiger Instabilität ein dorsales Vorgehen indiziert. Nach geschlossener Reposition erfolgt die Stabilisierung über eine transartikuläre Verschraubung C2/C1 nach Ma-

Abb. 5 ▲ Densfraktur Typ 2, **a** frische Verletzung, **b** operative Stabilisierung durch kanülierte Schraubenosteosynthese

Abb. 6 ▲ Traumatische Spondylolisthese des Axis, Typ 2 nach Effendi mit Subluxation C2/C3 und Fraktur des Axisrings, **a** frische Verletzung, **b** operativer Ausheilungszustand nach ventraler monosegmentaler Fusion

gerl [6, 8] in Kombination mit der Operation nach Gallie [5] oder Brooks u. Jenkins [1]. Unverschobene Querfrakturen bergen ein Potenzial der Instabilität. Durchleuchtungsuntersuchungen unter Extensions-Flexions-Bewegungen geben hier Auskunft über den Grad der Stabilität und ermöglichen die Entscheidung, ob eine konservative Therapie mit einer Zervikalstütze für 6 Wochen eingeleitet werden kann oder ob eine ventrale Schraubenosteosynthese erforderlich ist.

Typ 3. Diese Verletzungen lokalisieren sich auf die Densbasis im spongösen Bereich und besitzen ein ausreichendes Potenzial zur knöchernen Heilung unter konservativen Therapiemaßnahmen.

Weitere Frakturformen. Eine seltene hochinstabile Form mit kombinierter segmentaler Instabilität stellt die transdentale Luxationsfraktur dar. Neben der Fraktur und Luxation des Dens im Sinne einer Flexionsfraktur ist sie durch die vor-

liegende Zerreißung und dorsale Instabilität gekennzeichnet; diese zeigt sich radiologisch durch einen vergrößerten Abstand der dorsalen Bögen zwischen Atlas und Axis.

Die erforderliche operative Stabilisierung gelingt bei dieser hochinstabilen Verletzung ausschließlich von dorsal durch eine transartikuläre Verschraubung C2/C1 nach Magerl [6, 8] in Kombination mit der Operation nach Gallie [5] oder Brooks u. Jenkins [1].

Abb. 7 ▲ Flexions-Distraktions-Verletzung Typ B1.1 C5/C6 mit ausgeprägter ligamentärer dorsaler Zerreißung und Fehlstellung (a), Versorgungsbilder (b,c): ventrale monosegmentale Fusion in Kombination mit dorsalem Schrauben-Stab-System

Abb. 8 ▲ Beispiel einer dorso-ventralen Spondylodese mit dorsaler transpedikulärer Instrumentierung (a,b), transpedikuläre Schraubenlage in Höhe C3 (c)

Traumatische Spondylolisthese des Axis

Pathomorphologisch handelt es sich bei diesen Verletzungen um eine Kombination aus einer Fraktur des Axisrings und einer Subluxation im Segment C2/C3.

Diese Verletzungen wurden erstmals bei Delinquenten beschrieben, die durch Strangulation hingerichtet wurden, weshalb sich bis heute der Begriff „hangman fracture“ als Eigenname erhalten hat. Bei der Verletzungsentstehung sind jedoch axiale Kompressionskräfte in Kombination mit rotatorischen Komponenten maßgebend, sodass heute besser der Begriff der traumatischen Spondylolisthese des Axis verwendet werden sollte. Eine der gebräuchlichsten Einteilungen ist die nach Effendi et al. [3], wobei 3 Verletzungstypen unterschieden werden.

Typ 1. Es findet sich charakteristischerweise keine oder nur eine geringe Subluxation im Bandscheibensegment C2/C3, wobei die Fraktur des Axisrings jeden Teil betreffen kann. Diese Form stellt den häufigsten Frakturtyp dar, ist stabil und kann der konservativen Therapie zugeführt werden.

Typ 2. Kennzeichnend für diese Frakturform sind die Verletzung und die Instabilität im Bandscheibensegment C2/C3 in Kombination mit einer Fraktur des Axis-

rings (■ Abb. 6). Effendi et al. [3] unterschieden in Abhängigkeit von der Stellung des vorderen Wirbelkörperanteils 3 weitere Untertypen.

Gering dislozierte Frakturen mit einer maximalen Kyphosierung bis zu 10° und einer sagittalen Verschiebung <5 mm können in der Regel konservativ behandelt werden. In seltenen Fällen kann die Stabilisierung über eine dorsale Verschraubung des fakturierten Axisrings erfolgen.

Höhergradige Instabilitäten erfordern die Fusion des verletzten Bewegungssegments C2/C3. Nach geschlossener Reposition sind die Entfernung der verletzten Bandscheibe und eine ventrale Fusion mittels eines Beckenkammblocks und einer additiven Platteninstrumentierung erforderlich. Der operative Zugangsweg muss hierbei genau geplant werden, da in Abhängigkeit von der anatomischen Gegebenheit bei muskelkräftigen Männern oder Patienten mit kurzem kräftigem Hals das Segment C2/C3 statt über einen Standardzugang im Verlauf des Vorderrandes des M. sternocleidomastoideus besser über eine etwa 1,5 cm vom Unterrand des Unterkiefers entfernte Inzision erreicht wird.

Typ 3. Bei dieser instabilsten Form liegt zusätzlich zu den Verletzungszeichen der Typ-2-Verletzung als Zeichen der einwirkenden Rotationskraft eine Verhakung der kleinen Wirbelgelenke ein- oder beidseitig vor. Die operative Stabilisierung dieser hochinstabilen Verletzung erfolgt nach geschlossener oder offener Reposition durch eine interkorporelle ventrale Spondylodese C2/C3 analog dem Verletzungs-typ 2.

Verletzungen und Stabilisierungstechniken der unteren HWS C4–C7/Th1

Die heute gebräuchlichste Frakturklassifikation im Bereich der HWS ab C4 unterteilt in (■ Tab. 1, [9]):

- Typ A: Kompressionsverletzungen
- Typ B: Distraktionsverletzungen
- Typ C: Rotationsverletzungen

Indikationen zur operativen Stabilisierung ergeben sich ab den Typ-A3-Frakturen, den Berstungsbrüchen. Hierbei ist für die

Tab. 1 Klassifikation der Verletzungen im Bereich C4–C7/Th1. (Nach [9])

Typ	Gruppe		Untergruppe	
A	Kompressionsverletzungen	A1	Impaktionsbrüche	A1.1 Deckplattenimpression
				A1.2 Keilbruch
				A1.3 Wirbelkörperimpaktion
		A2	Spaltbrüche	A2.1 Sagittaler Spaltbruch
				A2.2 Frontaler Spaltbruch
				A2.3 Kneifzangenfraktur
		A3	Berstungsbrüche	A3.1 Inkompletter Berstungsbruch
				A3.2 Berstungsspaltbruch
				A3.3 Kompletter Berstungsbruch
B	Distraktionsverletzungen	B1	Flexion-Distraktion ligamentär	B1.1 Mit Zerreißung des Diskus
				B1.2 Mit Typ-A-Fraktur
		B2	Flexion-Distraktion ossär	B2.1 Horizontale Zerreißung des Wirbels
				B2.2 Spondylolyse mit Bandscheibenzerreißung
				B2.3 Spondylolyse mit Typ-A-Fraktur
		B3	Extension-Distraktion	B3.1 Hyperextensionssubluxation
				B3.2 Hyperextensionsspondylolyse
				B3.3 Hintere Luxation
C	Rotationsverletzungen	C1	Typ-A-Fraktur mit Rotation	C1.1 Impaktionsbrüche
				C1.2
				C1.3 Berstungsbrüche
		C2	Typ-B-Fraktur mit Rotation	C2.1 B1-Läsion mit Rotation
				C2.2 B2-Läsion mit Rotation
				C2.3 B3-Läsion mit Rotation
		C3	Rotations-scherbruch	C3.1 „Slice“-Fraktur
				C3.2 Schrägfrakturen

überwiegende Zahl von Verletzungen der mittleren und unteren Halswirbelsäule eine alleinige ventrale Spondylodese mit einer winkelstabilen oder konventionellen Platte und einem kortikospöngiösen Span ausreichend.

Der anatomisch einfache und Weichteil schonende Zugang am Vorderrand des M. sternocleidomastoideus stellt einen bedeutenden Vorteil für das ventrale Vorgehen dar.

Die Verwendung von winkelstabilen Platten bietet den Vorteil, dass nur eine Kortikalis besetzt werden muss, um eine ausreichende Stabilität zu erreichen. Bei winkelinstanten Platten muss im Wirbelkörper bikortikal gebohrt und die Schraube ebenso besetzt werden. Biomechanisch ergibt sich bezüglich der Frakturheilung bei korrekter Verwendung beider Platten kein Unterschied.

Keines der beiden Plattensysteme bietet jedoch ausreichenden Schutz und Sicherheit für die Einheilung des Spans bei verbleibender dorsaler Instabilität

(■ Abb. 7). Wie das Beispiel der Flexions-Distraktions-Verletzung Typ B1.1 C5/C6 mit ausgeprägter ligamentärer dorsaler Zerreißung und Fehlstellung in ■ Abb. 7 zeigt, ist in diesen Fällen die dorsale Instrumentierung über ein Schrauben-Stab-System erforderlich. Für die Schraubenverankerung von dorsal ergeben sich 2 Möglichkeiten:

Die Fixierung der Schrauben im Bereich der Massae laterales ist technisch einfacher; jedoch kann es bei schlechter Knochenqualität u. U. zum Ausreißen der Schrauben bei der Montage kommen, da die Schraubengewindelänge, in Abhängigkeit von der Breite der Massae laterales, nicht mehr als 12–16 mm beträgt. Mehr Sicherheit bieten in diesen Fällen mehrsegmentale dorsale Instrumentierungen.

Ist eine größtmögliche Sicherheit für den Schraubenhalt bei der dorsalen Schraubenfixierung erforderlich, bietet sich als zweite Möglichkeit eine transpedikuläre Schraubenverankerung an. Durch diese Technik sind kurzstreckige,

bisegmentale dorsale Instrumentierungen meist ausreichend und möglich. Die transpedikuläre Schraubenbesetzung im Bereich der Halswirbelsäule ist jedoch aufgrund der unmittelbaren Lagebeziehung der Schrauben zwischen A. vertebralis und dem Myelon (■ **Abb. 8**) technisch anspruchsvoll. Zur Lagekontrolle sollten eine Navigation oder eine intraoperative dreidimensionale Darstellungsmöglichkeit mittels IsoC 3D oder Orbic zur Verfügung stehen. Wesentlicher Nachteil des dorsalen Zugangs ist die erforderliche tiefe Ablösung der Nackenmuskulatur.

Fazit für die Praxis

Die uns heute zur Verfügung stehenden Implantate zur Versorgung instabiler Halswirbelsäulenverletzungen ermöglichen eine sichere Fixierung von C0 bis auf den zerviko-thorakalen Übergang. Ein Weichteil schonendes operatives Vorgehen entlang anatomischer Grenzstrukturen im Verlauf des Vorderrands des M. sternocleidomastoideus ist anzustreben und bei den meisten Verletzungen des mittleren und unteren Abschnitts der Halswirbelsäule indiziert und ausreichend. Dorsale Zugänge im Bereich der HWS sind selten und erfordern die Ablösung der kräftigen dorsalen Halsmuskulatur. Notwendig ist ein dorsales Vorgehen zur Stabilisierung von Verletzungen im oberen Abschnitt der Halswirbelsäule.

Korrespondenzadresse

Dr. S. Matschke

Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie,
Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik
Ludwigshafen, Unfallchirurgische Klinik
an der Universität Heidelberg,
Ludwig-Guttmann-Straße 13,
67071 Ludwigshafen
matschke@bgu-ludwigshafen.de

Interessenkonflikt. Keine Angaben

Literatur

1. Brooks AL, Jenkins EB (1978) Atlantoaxial arthrodesis by the wedge compression method. *J Bone Joint Surg Am* 60: 279–284
2. Daum W, Archer CR (1977) Fracture of the odontoid associated with pedicle fracture of the axis: a previously undescribed entity. *J Trauma* 17: 381–386

3. Effendi B, Roy D, Cornish B et al. (1981) Fractures of the ring of the axis. A classification based on the analysis of 131 cases. *J Bone Joint Surg Br* 63: 319–327
4. Fritzwilliams DCL (1934) Inflammatory dislocation of the atlas. *BMJ* 2: 107–109
5. Gallie WE (1939) Fractures and dislocations of the cervical spine. *Am J Surg* 46: 495–499
6. Grob D, Jeanneret B, Aebi M et al. (1991) Atlantoaxial fusion with transarticular screw fixation. *J Bone Joint Surg Br* 73: 972–976
7. Jackson H (1950) The diagnosis of minimal atlanto-axial subluxation. *Br J Radiol* 23: 672–674
8. Magerl F, Seemann PS (1986) Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. In: Kehr P, Weidner A (eds) *Cervical spine I*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 322–327
9. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SB et al. (1994) A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 3: 184–201