

Klassifikation der Densfrakturen nach ANDERSON und D'ALONZO (1974)

1974 haben ANDERSON und D'ALONZO (7) die Densfrakturen in drei Hauptgruppen eingeteilt. Dabei untersuchten sie 60 Patienten, die im Zeitraum zwischen 1954 und 1972 in der Campbell Klinik behandelt worden waren.

Anhand der Röntgenbilder konnten sie die Densfrakturen nach dem Verlauf der Frakturlinie in 3 Typen einteilen:

TYP I: Fraktur der Densspitze

TYP II: Fraktur der Densbasis (an der Verbindungsstelle zwischen dem Dens und dem 2. Wirbelkörper)

TYP III: Fraktur reicht bis zum Corpus des Axis.

Nach der originären Beschreibung beider Autoren ist die Typ-III-Fraktur eine tatsächliche Fraktur des Corpus axis.

Zusätzlich zu jedem Typ haben sie zwischen Frakturen mit Dislokation und ohne Dislokation unterschieden.

Klassifikation der C₂-Fraktur nach EFFENDI (1982)

Die traumatische Spondylolisthesis C₂, *Hangman's fracture*, wurde von EFFENDI et al.(31) in 3 Typen eingeteilt.

TYP I: stabile, nicht dislozierte Fraktur, Bandscheibe C_{2/3} ist intakt

TYP II: nach ventral dislozierter Wirbelkörper C₂ mit Läsion der Bandscheibe C_{2/3}, instabile Verletzung

TYP III: Typ-II-Verletzung mit zusätzlich einseitig verhackerter Luxation C_{2/3}, nach ventral flektierter Körper

VI. Behandlung der Halswirbelsäulenverletzungen

6.1. Allgemeine Behandlungsprinzipien

Die Behandlung eines wirbelsäulenverletzten Patienten beginnt am Unfallort. Bei Patienten mit geringstem Verdacht einer Wirbelsäulenverletzung sollten unfachgemäße Umlagerungen vermieden werden, da so die Gefahr besteht, daß Patienten, die primär keine neurologischen Ausfälle hatten, durch Manipulation und Lagerung tetraplegisch werden oder daß sich eine inkomplette in eine komplette Läsion verwandelt (1). Für Patienten mit einer Querschnittssymptomatik spielt der Zeitraum zwischen Unfallereignis und Erstbehandlung eine entscheidende Rolle (1, 25, 26). Beim Nachweis einer Subluxation, Luxation,

Fragmentdislokation und einem neurologischen Defizit ist eine rasche Reposition durch axialen Zug außerordentlich wichtig. In über 70% der Fälle kann durch axialen Zug allein eine Reposition und Entlastung des Rückenmarks erreicht werden (1, 17, 30).

BEDBROOK (13) erklärte 1979, daß er durch axialen Zug allein eine Verbesserung der neurologischen Befunde von 10 bis 15% bei komplett tetraplegischen Patienten erreichte. Bei der Untersuchung von AEBI (1) betrug die Verbesserung der neurologischen Befunde 28,5%.

Zum Alignment der Wirbelsäule stehen der Gardner-Wells-Bügel oder der Crutchfield-Extensionsapparat zu Verfügung, die sofort angelegt werden können, sobald eine Wirbelsäulenverletzung gesichert ist.

Zur Technik des Anlegens des Gardner-Wells-Bügels

Die Bügel können genau 2 bis 3 Querfinger über dem Zentrum des äußeren Gehörganges nach dem Setzen einer Lokalanästhesie ohne Stichinzision der Haut eingedreht werden. Mit einem Gewicht von 5 kg ist die Wirbelsäule vorerst provisorisch genügend stabilisiert. Die Wirkung des Zuges sollte unter dem Bildwandler kontrolliert werden, um eine Übertraktion zu vermeiden. MEYER (49) hat 1989 vorgeschlagen, als Anhaltspunkt für die Traktion 2 bis 3 kg pro Verletzungsniveau zu rechnen (z.B. Niveau C₆: 2-3 x 6 kg = 12-18 kg).

Beim Längszug am Bügel bleibt der Patient wach, um eine eventuelle neurologische Verschlechterung rechtzeitig erfassen zu können.

6.2. Operative Stabilisierung der Halswirbelsäulenverletzungen

Behandlungsziel instabiler Wirbelverletzungen ist die anatomiegerechte Reposition anfälliger Fehlstellungen mit Dekompression bei Einengung des Rückenmarks oder der Nervenwurzeln, stabile innere Fixation, schmerzfreie Wiederherstellung und die Wiederherstellung einer funktionsgerechten Stabilität.

Im folgenden werden Indikationen für die operative Behandlung der Halswirbelsäulenverletzungen, bei denen eine absolute Operationsindikation gestellt wird (2), benannt:

- inkomplettes Querschnittssyndrom mit nachgewiesener Kompression durch Knochenfragmente oder Haematom,
- plötzliche Verschlechterung eines neurologischen Zustandbildes durch mechanische Kompressions des Rückenmarks,
- offene Wirbelsäulenverletzungen,
- manifeste, die Neurostrukturen bedrohende Instabilitäten, die auf konservative Weise nicht beeinflußt und aufgehoben werden können.

Alle anderen Zustandsbilder sind relative Indikationen für Operationen.

6.2.1. Operative Stabilisierung der instabilen HWS-Verletzungen

Die instabilen Halswirbelsäulenverletzungen können nach der Art der Verletzung und Lokalisation durch ein vorderes, hinteres oder kombiniertes Vorgehen stabilisiert werden. Verletzungen, die vorwiegend den vorderen Teil der Wirbelsäule, d.h. Bandscheibe, Wirbelkörper und kleine Wirbelgelenke betreffen, sollten von vorn operiert werden (1). Diese Verletzungen beinhalten Kompressionsfrakturen, Flexionsfrakturen, Berstungsfrakturen des Wirbelkörpers und Rupturen der Bandscheibe und des vorderen Längsbandes. Für die Stabilisierung des Dens empfahl JÜRGEN BÖHLER 1982 (15) ebenfalls den ventralen Zugang. Nach BAILY (11), J. BÖHLER (17) und BOHLMAN (24) erfolgt die Dekompression des Rückenmarks nur von ventral.

Verletzungen, die vorwiegend das hintere Zuggurtungssystem betreffen, d.h. eine Zerreißung des hinteren Ligamentkomplexes und Frakturen der Wirbelbögen, sollten nach ROY-CAMILLE (2) von hinten operiert werden. AEBI (1, 4) beschrieb, daß auch Verletzungen des hinteren Ligamentkomplexes und der hinteren Elemente durchaus von ventral angegangen werden können. Die Indikation für den dorsalen Zugang nach AEBI (1, 2) sind verhakte uni- oder bilaterale Luxationen und Verletzungen, die den hinteren Ligamentkomplex betreffen. Dazu gehören Ruptur der Ligg. supra- und interspinatus, Kapselruptur des kleinen Wirbelgelenkes, Ruptur des Lig. flavum und die klassische einfache tear-drop-fracture.

McAFEE (47) und LOUIS et al. (44) empfahlen eine kombinierte Stabilisierung bei Verletzungen, die mit einer zirkumferenziellen Zerstörung einhergehen. Komplexe vordere und hintere Instabilitäten verlangen eine kombinierte antero-posteriore Stabilisierung. Durch mechanische Versuche haben ULRICH et al. (67) nachgewiesen, daß dadurch die größtmögliche Stabilität einer Spondylodese erreicht werden kann.

6.2.1.1. Die ventrale interkorporelle Spondylodese

Lagerung des Patienten und Zugang zur Halswirbelsäule

Der Patient wird in Rückenlage mit einem harten Polster unter den Schultern gelagert, so daß der Kopf in Extension und leicht zur Gegenseite positioniert ist. Der Längszug kann entweder über den Gardner-Wells-Bügel oder über einen Haloring am Kopf auf die Halswirbelsäule übertragen werden. Die Arme liegen dem Körper parallel an. Für die Spondylodese der unteren Halswirbelsäule wird ein Bildverstärker in lateraler Projektionsrichtung während der ganzen Operation zur Überwachung der Penetrationstiefe der Instrumente und Schrauben in den Wirbelkörper und zur Höhenlokalisation benutzt (4). Bei der Technik der direkten Densverschraubung erfordert das sichere Einbringen der Schrauben eine intraoperative Röntgenkontrolle mit zwei Bildverstärkern (35). Der Zugang erfolgt von rechts für den Rechts- und von links für den Linkshänder (1). Für Eingriffe oberhalb C7 wird der rechtsseitige Zugang verwendet, während tiefer liegende Segmente leichter von links erreicht werden (1). Der Zugang zur Halswirbelsäule erfolgt über einen queren Hautschnitt, welcher von der Mittellinie des Halses bis knapp über den medialen Rand des M. sternocleidomastoideus reicht. Nach Durchtrennen des Platysmas gelangt man teils scharf, teils stumpf im Spatium zwischen M. sternocleidomastoideus sowie dem Gefäßnervenbündel lateralseitig und der Trachea, Thyroidea und Ösophagus medianseitig auf die Vorderfläche der Halswirbelsäule, wo die prävertebrale Faszie längs durchtrennt wird, um auf das Ligamentum longitudinale anterius zu gelangen. Der M. longus colli kann von der Vorderfläche der Halswirbelsäule mit dem Elektromesser und dem Raspatorium abgelöst werden.

Das vordere Längsband wird über dem frakturierten Wirbel bzw. den angrenzenden Bandscheiben längs geöffnet und anschließend mit dem Raspatorium nach beiden Seiten hin subperiostal mobilisiert. Ein zu weites Abpräparieren bis über Proc. uncinati muß zur Schonung des Grenzstranges (Horner-Syndrom !) und der Aa. vertebrales unterbleiben (38).

6.2.1.2. Technik der direkten Densverschraubung nach MAGERL und BÖHLER

Die Lagerung der Patienten erfolgt wie bereits oben beschrieben.

Von einem queren Kragenschnitt am Übergang vom mittleren zum unteren Drittel des medialen Randes des M. sternocleidomastoideus wird zwischen dem Gefäßbündel und den Halseingeweiden auf das vordere Längsband eingegangen. Durch stumpfes Abschieben der Weichteile in cranialer Richtung gelangt man auf dem Lig. longitudinale anterius an die Densbasis, deren Lage mit den Bildwandlern verifiziert wird. Von der palpablen ventralen Unterkante von C₂ ausgehend wird ein Kirschner-Draht paramedian in Richtung Densspitze gebohrt und damit das Fragment temporär stabilisiert. Symmetrisch dazu, ebenfalls paramedian

wird die erste Zugschraube gelegt, wodurch die Fraktur unter Kompression gesetzt wird. Nach dem Entfernen des Kirschner-Drahtes wird analog zum ersten Schraubenloch eine zweite Zugschraube platziert. Damit ist die Rotationsstabilität des Fragments gesichert.

6.2.1.3. Technik der ventralen Spondylodese der unteren Halswirbelsäule nach SMITH und ROBINSON

Nach der oben dargestellten Lagerung und dem Zugang kann der Bandscheibenraum nun mit feinen Küretten bzw. dem Rongeur schrittweise ausgeräumt werden. Das Verlagern von Bandscheibengewebe in Richtung des Spinalkanals wird vermieden. Die Ausräumung erfolgt bis auf das hintere Längsband, wobei das Aufspreizen des Zwischenwirbelraumes mit Distraktoren nach CLOWARD erfolgt.

Deck- und Grundplatte der benachbarten Wirbel werden mit dem scharfen Löffel sorgfältig entknorpelt und mit einer Fräse oder einem feinen Meißel vorsichtig angerauht. Die Dimensionen des so ausgeräumten und distrahierten Bandscheibenraumes werden gemessen. Vom gleichseitigen Darmbeinkamm wird ein etwa hufeisenförmiger Knochenspan aus der gesamten Dicke der crista iliaca entnommen. Dieser Span sollte 1-2mm höher als das Spanlager und etwa 3 mm kürzer als die gemessene Wirbeltiefe sein. Dieser Span kann nach endgültiger Anpassung so eingebracht werden, daß die schwächeren Kortikalisschichten seitlich zu liegen kommen. Der Span wird 1mm hinter die Wirbelvorderkante eingeschlagen, um eine günstige Einklemmung zu erreichen. Nach Entfernung der Spreizer besteht eine gute Stabilität, die Wirbeldistanz ist vergrößert und die Foramina sind erweitert.

Der Vorteil dieser Technik ist die geringe Traumatisierung vor allem des Rückenmarkes und die schnelle, technisch einfache Stabilisierung.

Nachteilig ist, daß dislozierte Sequester im Spinalkanal wegen des engen Zuganges übersehen werden können und daß dorsale Osteophyten nicht ohne weiteres abzutragen sind.

6.2.1.4. Technik der ventralen Spondylodese (nach CLOWARD)

Bei gleichem Zugang werden zuerst die ventralen Osteophyten bis zum Erreichen einer absolut flachen Vorderkante der benachbarten Wirbelkörper sorgfältig entfernt. Dies ist die Voraussetzung für das Funktionieren des Bohranschlages, der ein Vordringen des 10-12 mm starken Bohrers in gewünschter Tiefe limitiert. Der Bandscheibenraum wird mit Kürette und Rongeur unter leichter Spreizung ausgeräumt. Mit dem Bohrgerät werden annähernd gleiche Anteile der benachbarten Deck- und Grundplatte ausgebohrt. Die Bohrung wird schrittweise unter mehrfachem Wechsel des Bohranschlages in die Tiefe gebracht. Die Bohrung wird bei Erreichen der Wirbelhinterwand beendet.

Soll nur die Dekompression einer Protusion erfolgen, können Hinterwand und Längsband erhalten bleiben. Sollen dagegen Randosteophyten oder Sequester entfernt werden, wird die Hinterwand mit einem Moberg-Häkchen gefaßt, angehoben und mit einer Kürette oder ganz feinen Wirbelstanze schrittweise entfernt.

Zur Dekompression wird das Bohrloch mit einem Spreizer erweitert. Nach der Originaltechnik von CLOWARD wird ein runder (zylinderischer), etwa 15 mm größerer Knochendübel aus dem Os Ilium mit einer Hohlfräse entnommen. Dieser runde Knochendübel mit zwei kortikalen Begrenzungen sollte 2-4 mm kürzer als die Tiefe des Bohrloches sein. Er wird nun mit vertikal stehender Kortikalis so eingebolzt, daß er 1 mm hinter der Wirbelvorderkante liegt. Nach dem Lösen des Spreizers ist er fest eingeklemmt.

Für einen günstigeren Flächenkontakt empfiehlt es sich, das runde Bohrloch mit Stanze und Fräse zu einem Rechteck zu erweitern und rechteckige Beckenspäne mit vertikal stehenden Kortikalisflächen einzubolzen (38).

Der Vorteil der Cloward-Technik besteht in der ausgiebigeren Dekompression des Rückenmarkes und der Wurzelabgänge und der Möglichkeit, diese Dekompression auch auf mehrere Segmente auszudehnen.

Nachteile stellen die größere Gefährdung der vorderen Rückenmarksabschnitte bei unvorsichtigem Operieren, einer Redislokation und Angulation (kyphotische Deformierung) vor allem bei Zerreißen des hinteren Ligamentkomplexes dar (41, 61).

Um das Herausfallen des Spanes zu verhindern und den Span unter optimale Kompression bringen zu können, die Primärstabilität zu verbessern und eine frühzeitige Mobilisation ohne äußere Fixation zu ermöglichen, wird nach der Spaneinlage eine innere Fixation mit einer ventralen Platte durchgeführt (21). Die zusätzliche Stabilisierung der betroffenen Halswirbelkörper mit einer Platte wurde erstmals von BÖHLER (16) und TSCHERNE 1971 (66) angegeben.

Heute stehen verschiedene Plattensysteme zu Verfügung, von denen hier einige benannt werden sollen.

1. AO-OROZCO-Platte:

Diese sogenannte H-Platte ist die seit längstem bekannte, in größerem Umfang verwendete Platte. Sie ist leicht biegsam und wird mit 3,5-mm Kortikalis-AO-Schrauben im Wirbelkörper verankert. Um ein Herausdrehen bzw. eine Lockerung zu vermeiden, wird die Perforation der Wirbelkörperhinterwand empfohlen.

2. CASPER-Plattensystem:

Die Schraubenverankerung erfolgt ebenfalls mit der Perforation der Wirbelkörperhinterwand. Anstelle der runden finden sich hier längsovale Schraubenlöcher, so daß die Schraubenverankerung in den Knochen an beliebiger Stelle der Platte durchgeführt werden kann. Im Vergleich zur Orozco-Platte ist jedoch die axiale Kompression nur bedingt möglich.

3. HWS-Verriegelungs-Platte (Titanium- hollow-locking-screw-system) nach MORSCHER:

Das Ziel für die Entwicklung dieses Systems ist die Verankerung der Schrauben im Knochen ohne Perforation der Hinterwand und die Konstruktion einer winkelstabilen Verbindung zwischen Platte und Schrauben.

Die Schrauben sind in der Titanplatte winkelstabil und konvergierend geführt, und werden mit einer im Schraubenkopf gelegenen Verriegelungsschraube durch einen Spreizkonus in der Platte verblockt. So wird Lockerung der Schraube verhindert und die Primärstabilität erhöht (50). Die Titanschrauben sind als perforierte Hohlschrauben ausgeführt und mit einer rauhen Titanplasmabeschichtung versehen. Letztgenannte fördert ein rascheres knöchernes An- und Einwachsen (50). Die Sekundärstabilität ist somit wesentlich erhöht (50).

Insgesamt wird die Wirksamkeit der Winkelstabilität an der Halswirbelsäule jedoch kontrovers diskutiert.

Die Vorteile des Verriegelungssystems (63) sind in folgenden Punkten zu suchen:

- dem risikofreien Instrumentieren, da die Notwendigkeit einer Penetration der dorsalen Kortikalis nicht möglich ist,
- der einheitlichen Schraubenlänge von 14 mm,
- der günstigeren Voraussetzung für eine ossäre Fusion aufgrund hoher Primärstabilität sowie
- der möglichen Nachkontrolle mittels MRT-Technik durch die Fertigung der Platte aus Reintitan.

Der Nachteil des hier beschriebenen Verriegelungssystems liegt in der fest definierten Schraubenrichtung im Verhältnis zur Platte, die somit nicht beliebig geändert werden kann.