

Operative Versorgung von HWS-Verletzungen

Komplikationsmöglichkeiten

Operationen der HWS unter der Regie von Neurochirurgen, Unfallchirurgen oder Orthopäden dürfen auch im Hinblick auf die stürmische Entwicklung der Wirbelsäulenchirurgie in den letzten 40 Jahren inzwischen als Standardverfahren bezeichnet werden. Je nach Indikation werden ventrale und dorsale Zugänge gewählt, wobei diese auch von den Vorlieben und Erfahrungen des Operateurs bestimmt werden.

Die dorsale Stabilisierung, die ihren Beginn mit der von Hadra [12] erstmals 1891 beschriebenen Drahtumschlingung der Dornfortsätze C5/6 erlebte, kann zweifelsfrei auf die längste Tradition zurückblicken.

Seit der Erstbeschreibung der ventralen Spondylodese nach Diskektomie durch Robinson u. Smith [24] 1955 wird der Muskel kompromittierende dorsale Zugang zunehmend durch den atraumatischen, ventralen Weg zur Halswirbelsäule abgelöst. Nicht nur neue Operationstechniken wie Navigation und computerassistierte Chirurgie, sondern gerade die stete Weiterentwicklung der zur Stabilisierung einsetzbaren Implantate kennzeichnen das Bemühen um eine größtmögliche Risikominimierung des Eingriffs.

Der wirbelsäulenchirurgisch tätige Operateur muss aber die mit dem Eingriff verbundenen Komplikationsmöglichkeiten kennen, um das angestrebte operative Ergebnis erzielen zu können. Die Komplikationsmöglichkeiten sind bei der Versorgung von Halswirbelsäulenverletzungen vielfältig und beginnen schon mit der In-

dikationsstellung. Bereits 1972 schrieb Ian Macnab [17]:

— „Poor results will occur from operating for poor indications – the wrong patient, operating at the wrong level or in the wrong way, or even operating at the wrong time“.

Mit dieser plakativen Kategorisierung werden tatsächlich bereits wesentliche Faktoren für operative Misserfolge und die typischen 3 Komplikationszeitpunkte genannt, nämlich

1. präoperativer Indikationsfehler
2. intraoperative Komplikationen
3. postoperative Komplikationen

Indikationsfehler

Bei der primären Klassifikation und Bewertung einer Halswirbelsäulenverletzung prädestinieren sie zu versorgungsstrategischen Komplikationen. Sie gehen meist Hand in Hand mit einer falschen Implantatwahl und unzureichender Segmentstabilisierung. Ein uniformes, die Besonderheit der Läsion nicht berücksichtigendes Behandlungskonzept und die Missachtung gesicherter biomechanischer Erkenntnisse stellen die beiden wesentlichen Fehlerquellen dar.

Die Verletzunglokalisation, das Ausmaß der mutmaßlichen Instabilität und das Wissen um die mechanischen Qualitäten der zur Verfügung stehenden Implantate spielen eine Schlüsselrolle für operativen Erfolg oder Misserfolg.

Operationstechnische Komplikationen

Anatomische Zugänge

Neben Lagerungsschäden wohnt dem *dorsalen Zugang* zur Halswirbelsäule nur ein geringes Risiko inne, sieht man von muskulären Funktionsstörungen durch postoperative Innervationsstörungen und Narbenbildungen ab. Lediglich an der oberen Halswirbelsäule ist bei der Präparation nach lateral Vorsicht geboten. Neben der präparatorischen Verletzung neurogener Strukturen wie des N. occipitalis major ist die A. vertebralis bei einer zu unbefangenen lateralen Weichteilmobilisation gefährdet. Ein iatrogenes Verletzungspotenzial besteht an der oberen HWS bei Freilegung des dorsalen Atlasbogens und des Isthmus am atlantoaxialen Gelenk vor transartikulärer Verschraubung nach Magerl. Bedeutsame Komplikationsmöglichkeiten hängen aber mehr mit dem Einsatz des Osteosynthesematerials zusammen und werden unten dargestellt.

Im Gegensatz zum dorsalen Zugangsweg ist bei der *ventralen Freilegung* der Halswirbelsäule, insbesondere bei Missachtung der anatomischen Strukturen, der anatomischen Schichten oder nach Voroperationen ein vielfältiges Risikopotenzial gegeben. An neurogenen Strukturen sind nicht nur die Ansa cervicalis superficialis et profunda und an der oberen HWS der N. hypoglossus, sondern v. a. der N. laryngeus recurrens gefährdet. So werden Lähmungen der Stimmlippe in

Tabelle 1

Zugangsabhängige Komplikationen

Dorsaler Zugang	Ventraler Zugang
Wurzelläsionen	Myelonkompression
Muskelnervationsstörungen	Stimmbandlähmungen
Narbenbedingte Muskelfunktionsstörungen	Komplikationen der oberen Luftwege
Verletzung der A. vertebralis	Ösophagusperforationen
	Dysphagie

Tabelle 2

Systematik der implantatabhängigen Komplikationen

Implantatfehlplatzierung	<ul style="list-style-type: none"> • Intraoperative technische Fehler
Implantatversagen	<ul style="list-style-type: none"> • Ungeeignetes Implantat • Falsche Indikation • Unangemessene Technik • Implantatüberforderung • Schlechte Knochenqualität • Differenz zwischen erreichter und notwendiger Stabilität

5% der Fälle beschrieben [2]. Aus Hals-Nasen-Ohren-ärztlicher Sicht ist auch eine Verletzung des N. laryngeus superior nicht unproblematisch, da mit ihm ein Verlust der Hochtöne verbunden ist (Sänger). Heiserkeit als mögliche Komplikation nach ventralem Zugang betrifft bis zu 51% der Patienten [29] und sollte deshalb nicht unterschätzt werden.

Eine weitere zugangsabhängige Gefährdung des Patienten resultiert aus Komplikationen der Atemwege. Bei der Exposition der Vorderfläche der Halswirbelsäule müssen die Trachea und der Ösophagus zur Gegenseite gehalten werden. Mögliche Ursachen für Kompromittierungen der Atemwege stellen pharyngeale Ödeme [21], Hämatome [4], Liquorleckagen [21], Angioödeme [15] und in der mittel- bis längerfristigen postoperativen Phase die Dislokation des Knochenspantransplantats und des Osteosynthesematerials dar [22].

Sagi et al. [25] führten eine retrospektive Analyse an 311 Patienten mit ventralen HWS-Fusionsoperationen durch, um die Häufigkeit derartiger Komplikationen der Atemwege quantifizieren zu können. 6,1% ihres Patientenguts entwickelten Atemwegsprobleme, immerhin 1,9% benötigten eine Reintubation. Disponierend für diese vital bedrohliche Komplikation wirken eine Operationszeit von mehr als 5 h, ein Blutverlust über 300 ml und mehrseg-

mentale Expositionen der HWS, die den 2.–4. Halswirbelkörper mit einschließen.

Im Gegensatz hierzu stellt die operationsabhängige Ösophagusperforation eine Rarität dar. Eine groß angelegte Recherche bei den Mitgliedern der Cervical Spine Research Society 1989 ergab eine Häufigkeit von 0,25% bei über 10.000 Fusionsoperationen. Meist handelte es sich um Eingriffe am Segment C5/6. 6 Perforationen ereigneten sich während der Operation und wurden in gleicher Sitzung versorgt. Postoperative Probleme traten in ihrem Gefolge nicht auf. Häufigste Ursache für die übrigen 16 berichteten Fälle waren überwiegend implantatabhängig, wurden erst postoperativ diagnostiziert und erforderten bei 14 Patienten eine Reexploration, Drainage, Naht und i. v. Antibiose [20].

Nicht zuletzt aus Gründen der Aufklärungspflicht ist die postoperative Dysphagie als häufig anzutreffender Frühbefund nach ventraler Spondylodese bedeutsam. Beinahe wäre man geneigt, sie weniger als Komplikation, denn als typische Operationsfolge zu betrachten, zumal gemäß einer prospektiven Untersuchung von Bazaz et al. [3] immerhin jeder 2. Patient derartige Beschwerden entwickelt. Ihre Ursachen sind vielfältig, ein Zusammenhang mit einer Stimmbandlähmung fand sich in 1,3% der erfassten 249 Patienten. Kausal scheint eine segmentale Schäd-

igung des vegetativen autonomen Plexus zu sein.

Glücklicherweise sind klinisch relevante, persistierende, dysphagische Beschwerden über den 6. postoperativen Monat hinaus eine Seltenheit. Zwar konnten bei 17,8% der nachuntersuchten Patienten Restsymptome zu diesem Zeitpunkt festgestellt werden, die aber nur bei 10 Patienten (entsprechend 4,8% des gesamten Patientenguts) ein klinisch bedeutsames Ausmaß erreichten (9 Patienten „moderate“, 1 Patient „severe“). Für sich spricht, dass bei 7 dieser 10 Patienten eine mehrsegmentale Fusionsoperation durchgeführt wurde.

Eine, wenn auch seltene Komplikation der ventralen Dekompression ist die Verletzung der A. vertebralis. Golfinos et al. [9] fanden bei einer retrospektiven Analyse ihres Patientenguts lediglich bei 4 der 1215 Patienten diese Komplikation (0,3%). In 3 Fällen gelang die primäre Naht, in 1 weiteren erfolgte nach Darstellung des Gefäßes die Ligatur. Postoperative Ischämien wurden nicht festgestellt, wobei die geringe Zahl an Patienten hierzu sicherlich keine verbindlichen Rückschlüsse erlaubt.

In der Gesamtschau bietet der ventrale Zugang ein großes Spektrum berücksichtigungswürdiger Risiken, derer sich gerade auch der routinierte Operateur bewusst sein sollte und die Eingang in das Aufklärungsgespräch mit dem Patienten finden müssen (■ **Tabelle 1**).

Implantat/Technik

Ohne Zweifel stellen die Auswahl des richtigen Implantats, das Wissen um seine mechanischen Belastbarkeitsgrenzen, das Abgleichen der Implantateigenschaften mit der Verletzungsentität und nachfolgend die angemessene Operationsstrategie den Schlüssel zum Erfolg für die Stabilisierungs- und Fusionsoperationen an der Halswirbelsäule dar. Die dabei zu berücksichtigenden verschiedenen Gesichtspunkte wie Knochenqualität, Verletzungslokalisation, beabsichtigte Fusionsstrecke und Ausmaß der Instabilität sind Kernelemente einer guten präoperativen Planung. Es liegt auf der Hand, dass in diesem Zusammenhang die Erfahrung und Kenntnisse des Operateurs wesentlichen Einfluss auf das spätere Outcome nehmen. Dennoch muss berücksichtigt werden, dass die Bio-

logie des Patienten der entscheidende Parameter für die angestrebte Fusion darstellt, bei deren Ausbleiben jedes Implantat an seine Belastungsgrenzen stößt.

■ **Tabelle 2** gibt einen Überblick über die beiden großen Gruppen der implantatabhängigen Komplikationen, wobei Überschneidungen verfahrensimmanent sind.

Ventrale Implantate

Die Bedeutung einer additiven osteosynthetischen Stabilisierung durch ein ventral einzubringendes Implantat ergab sich aus den zunehmend zu beobachtenden Komplikationen bei ungesicherter Spaninterposition [3]. Unter mechanischen Gesichtspunkten können 2 Plattenmodelle unterschieden werden:

- nichtwinkelstabile HWS-Platten und
- winkelstabile HWS-Platten

Sie können über uni- oder bikortikale Schrauben fixiert werden.

Implantatfehlplatzierungen. Sie stehen zunächst mit den implantatmechanischen Eigenschaften nicht in Zusammenhang. Sieht man von der fehlerhaften Auswahl des Osteosynthesematerials ab (■ **Abb. 1**), ergeben sich prinzipiell folgende, mögliche Szenarien bereits beim Anlegen des ventralen Implantats:

- Plattenlage zu weit lateral: Gefahr von Nervenirritationen und mangelhafter Plattenstabilität
- Platten zu lang: ungünstige mechanische Hebelkräfte auf die kranialen oder kaudalen Plattenabschnitte mit hoher Lockerungsneigung und Kompromittierung der angrenzenden Bandscheibenräume, deshalb prädestinierend zu sekundären Anschlussinstabilitäten und Lockerungen (■ **Abb. 2a**)
- Fehlende Plattenbiegung, dadurch Missachtung der physiologischen HWS-Lordose; Resultat: statische und muskuläre Überbeanspruchungen sowie „unphysiologische“ Implantatbelastungen (■ **Abb. 2b**)
- Schraubenfehlage im Intervertebral- oder Frakturspalt (■ **Abb. 3**)
- Stabilisierung des falschen Wirbelsäulensegments

Trauma Berufskrankh 2005 · 7 [Suppl 2]: S263–S270
DOI 10.1007/s10039-004-0959-5
© Springer Medizin Verlag 2004

J. Nothwang · C. Ulrich

Operative Versorgung von HWS-Verletzungen. Komplikationsmöglichkeiten

Zusammenfassung

Indikation, Zugang, gewähltes Implantat und dessen Anwendung stellen in der Behandlung von Halswirbelsäulenverletzungen die 3 wesentlichen Komplikationsfelder dar. Das Management der komplexen Verletzungsmuster kann durch Berücksichtigung der Behandlungsprämissen für die Wirbelsäulen Chirurgie (Kenntnis der Wirbelsäulenbiologie und -mechanik sowie der Möglichkeiten und Grenzen eines Implantats, Analyse der tatsächlichen Instabilität) wesentlich erleichtert werden. Es existieren Problemzonen, die sich durch biomechanische Besonderheiten von den übrigen Wirbelsäulenabschnitten abheben. Spezielle Erkrankungen können zusätzliche charakteristische Problemfelder bie-

ten und Einfluss auf das zu wählende Operationsverfahren nehmen. Bei diesen Gegebenheiten (z. B. Frakturen bei Spondylitis ankylosans, instabile Frakturen am zervikothorakalen Übergang, unzureichende ventrale Abstützung bei dorsaler Instrumentation, Stabilisierung bei unvollständiger Reposition, multisegmentale Instabilitäten) ist mit einer erhöhten Implantatbelastung mit dem Risiko des frühzeitigen Implantatversagens insbesondere bei Fehldeutung der biomechanisch assoziierten Gegebenheiten zu rechnen.

Schlüsselwörter

Halswirbelsäule · Trauma · Komplikationen · Implantate

Surgical treatment of injuries to the cervical spine. Potential complications

Abstract

The three most frequent sources of complications in the treatment of cervical-spine injuries are the indications adopted, the access route used, and the implant selected and its application. The management of complex injuries can be significantly facilitated if it is implemented with due consideration for the basic premises of spinal surgery: the operator must be familiar with the biology and mechanics of the vertebral column and with the potentials and limitations of the implants available for selection and must have analysed the actual instability in each case. There are also critical segments that have different biomechanical characteristics from the other sections of the spine. Some pathologic conditions also involve

problems peculiar to themselves in addition to such anatomical characteristics, and these thus affect the choice of surgical procedure. In such situations (fractures associated with ankylosing spondylitis, unstable fractures at the cervicothoracic junction, insufficient anterior support with dorsal instrumentation, stabilization with incomplete reduction, multisegmental instability) excessive strain on the implant must be expected, which entails the risk of early implant failure, especially if the associated biomechanical condition is misinterpreted.

Keywords

Cervical spine · Trauma · Internal fixation · Complications · Hardware problems

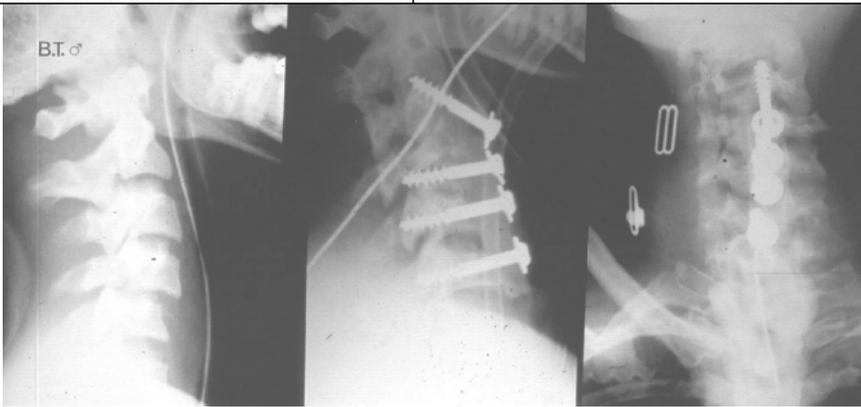


Abb. 1 ▲ Ventrale Span-Schrauben-Spondylodese bei kompletter Instabilität (Luxation C4/5)



Abb. 2 ▲ a Implantatfehlplatzierung: Platte zu lang, Aufhebung der physiologischen Lordose, Irritation angrenzender Wirbelsegmente, b nachfolgende Plattenlockerung

Implantatversagen. Die unzureichende Reposition bei Luxationsverletzungen birgt ein erhebliches Risiko für den weiteren postoperativen Verlauf. Gerade bei nicht mehr ganz frischen Luxationen kann sich die Wiederherstellung des physiologischen Wirbelsäulenalignements schwierig gestalten. Verbleibt eine Subluxationsstellung, entstehen translatorische Scher-

belastungen auf die HWS-Platte, und eine sekundäre Redisllokation in die präoperative Ausgangsposition mit simultaner Lockerung des Implantats sowie Knochen- und Spandestruktion ist meist unvermeidlich (▣ Abb. 4).

Auch bei korrekter Operationstechnik und ausreichender Implantatverankerung kann das postoperative Ergebnis

von krankheitsspezifischen, biomechanischen Gegebenheiten beeinflusst werden. So stellt eine Fraktur bei Spondylitis ankylosans eine komplette Instabilität dar, die ein lediglich ventrales Plattenimplantat mit Sicherheit überlastet, sodass eine Lockerung v. a. beim Eintritt einer verzögerten Knochenheilung droht. Die Frakturzone beim Morbus Bechterew ist die einzig mobile Segmentebene im Sinne eines Falschgelenks, und alle Momente, die bei der Kopfbewegung entstehen, maximieren sich in dieser Zone. Durch die Differenz zwischen notwendiger und erreichter Stabilität kommt es zwangsläufig zu einer Überforderung des Implantats. Deshalb ist gerade bei diesen speziellen Verletzungsformen mit ihren typischen biomechanischen Folgen ein kombiniertes, ventro-dorsales Verfahren anzuraten, um ein Implantatversagen zu vermeiden.

Auch wenn Lowery u. McDonough [16] bei ihren Nachuntersuchungen noch eine Lockerungsrate der ventralen HWS-Platten von 35% beschrieben, hat sich die Frequenz derartiger Hardware-Komplikationen mit der Einführung der Verriegelungsplatte reduziert [13].

Die Konsequenzen des Implantatversagens können vielfältig sein: Lowery u. McDonough [16] stellten in dem von ihnen nachuntersuchten Patientengut eine Reinterventionsnotwendigkeit von 7% fest. Chataigner et al. [5] publizierten 2 Fälle von Schraubenperforationen in den Gastrointestinaltrakt bei nichtwinkelstabilen Plattenfixationen an der HWS. 2001 folgte die erste Beschreibung einer gleichartigen Komplikation bei Cervical spine locking plate [8]. Für derartige Ereignisse können jedoch nicht nur biomechanische Gründe ursächlich sein. Zu berücksichtigen sind auch Lockerungen in Folge von postoperativen Infektionen. So beschrieben Fujibayashi et al. [7] einen Fall, bei dem das eingebrachte Platten- und Schraubenmaterial nach einer Staphylokokkeninfektion radiologisch nicht mehr auffindbar war und vermutlich per via naturales verloren ging. Interessanterweise konnte eine Leckage der Speiseröhre auch nicht mittels Kontrastmittel nachgewiesen werden.

Eine weitere ernste Komplikation bedeutet die Dislokation des Spaninterponats nach dorsal in den Spinalkanal mit konsekutiver neurologischer Störung. Pub-

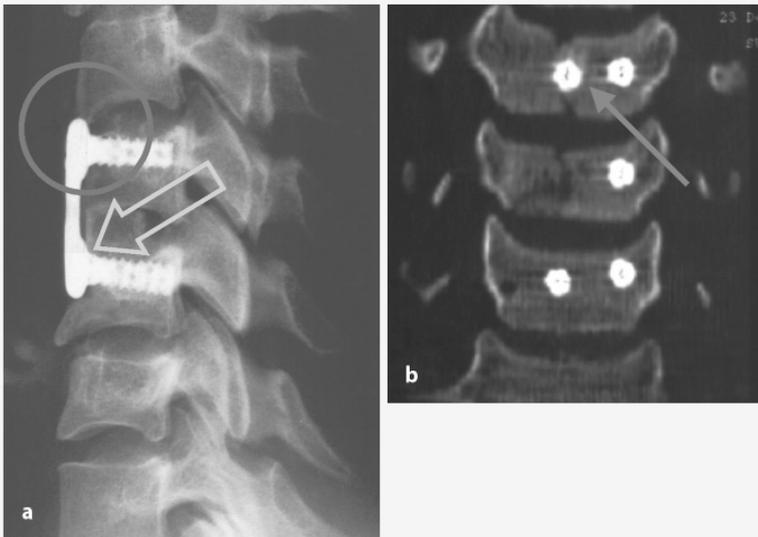


Abb. 3 ◀ **Implantatfehllage:** a Schraubenfehllage im Intervertebralspalt, Aufhebung der physiologischen HWS-Lordose, Plattenlage zu weit kranial, b Schraube im Frakturspalt



Abb. 4 ◀ **Ungenügende Reposition einer Luxation C4/5 mit sekundärer hochgradiger Spinalkanalstenose durch Redislokation**

likationen hierüber sind selten, eine Veröffentlichung über 10 Patienten stammt von Kraus u. Stauffer [14] aus dem Jahr 1975. Die Prognose ist insbesondere dann als ungünstig einzustufen, wenn eine komplette Lähmung oder der vollständige Verlust der Schmerz- und Temperaturdiskriminierung trotz Rückkehr des bulbokavernösen Reflexes über 48 h persistieren.

Auch Dislokationen von Knochentransplantat und Osteosynthesematerial nach ventral können zu einer vitalen Bedrohung des Patienten führen. So beschrieben Riew et al. [22] einen Fall mit letalem Ausgang am 3. postoperativen Tag durch Verlegung der oberen Luftwege und nachfolgenden hypoxischen Hirnschaden. Insofern sind eine engmaschige postoperati-

ve Überwachung und Führung des Patienten fester Bestandteil des postoperativen Managements.

Schlussendlich ist die Fusion von der biologische Heilungspotenz des Patienten abhängig. Mögliche Ursache für das seltsame Ausbleiben der knöchernen Heilung können neben Vaskularisationsstörungen so genannte Low-grade-Infekte sein. Ins-

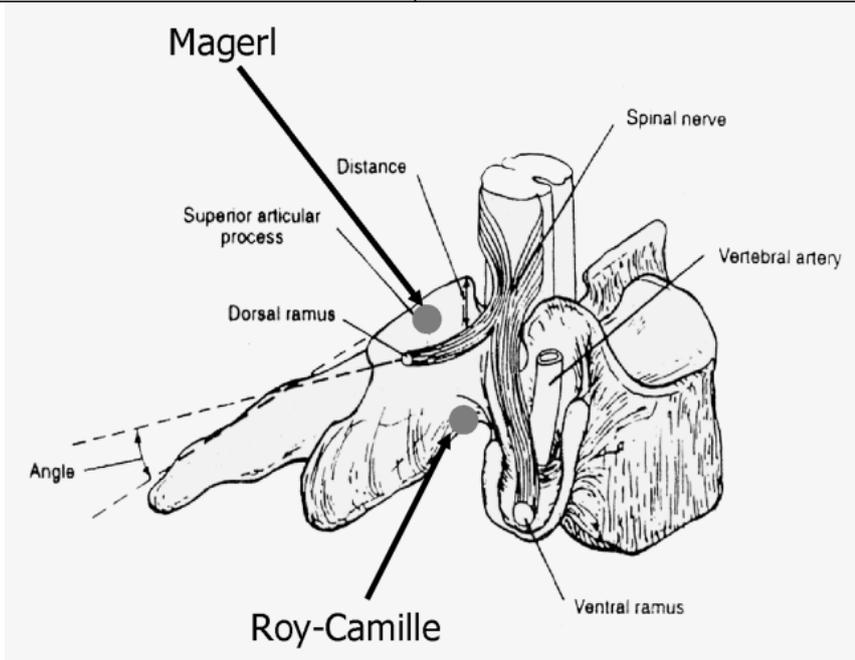


Abb. 5 ▲ Anatomische Komplikationspotenziale an der HWS bei dorsaler Schraubenapplikation

besondere die Länge der Fusionsstrecke beeinflusst die Einheilungsquote. Ripa et al. [23] stellten bei der Nachuntersuchung von 92 Patienten eine Komplikationsrate von 2% und eine Fusionsrate von 98,9% fest. Insgesamt ist bei der Fusion eines Bewegungssegmentes in unter 2% mit einem Ausbleiben der Fusion zu rechnen. Hingegen steigt die Pseudarthrosenrate bei 2 Segmenten auf 10–36%, bei 3 überbrückten Segmenten auf 44–54% [26, 31]. Eine mögliche Ursache hierfür sahen DiAngelo et al. [6] in einer extensiven Spanbelastung bei HWS-Extensionsstellung.

Dorsale Implantate

Ihre Verwendung an der Wirbelsäule hat eine lange Geschichte [12]. Ihre in biomechanischen Tests bewiesene und bis heute unbestrittene überlegene Stabilität verschaffte ihnen eine weit verbreitete Anwendung. Die Auswahl an Implantaten umfasst:

- Cerclagedraht
- Schrauben-Platten-Systeme
- Schrauben-Stab-Systeme
- winkelstabile Systeme
- nichtwinkelstabile Systeme
- Magerl-Haken

Implantatfehlplatzierungen. Um dieses Risiko minimieren zu können, ist das Wissen um die anatomischen Besonderheiten

an der Halswirbelsäule Voraussetzung. An anatomischen Strukturen sind in besonderem Maß gefährdet:

- A. vertebralis
- Nervenwurzeln (■ Abb. 5)
- Dura
- Rückenmark

Für die Schrauben-Platten-Versorgung stehen folgende Fixationsalternativen zur Verfügung:

- *transartikuläre* Verschraubung C1/2 nach Magerl (mit und ohne okzipitovervikale Platte oder Galli-Fusion)
- Instrumentation der *Massae laterales*
 - a) nach Roy-Camille
 - b) nach Magerl
 - c) nach An (■ Abb. 6)
- *transpedikuläre* Schraubenverankerung

In der Technik nach Roy-Camille werden bis zu 50% Verletzungen der Facettengelenke beschrieben. In der Technik nach Magerl können zwar eine größere Schraubenslänge und damit eine bessere Schraubenshaltekraft erreicht werden, nicht zu vernachlässigen sind aber die 4–10% Verletzungen der dorsalen Spinalnerven, die diesem Verfahren anhaften. Der besonderen Vor- und Nachteile der genannten Operationstechniken sollte man sich bei

der Wahl des Operationsverfahrens bewusst sein.

Komplikationsmöglichkeiten eröffnen sich in besonderem Maß bei der transartikulären Verschraubung nach Magerl. Grob et al. [11] beschrieben 1991 eine Gesamtkomplikationsrate der atlantoaxialen Fusion von 5,9% bei einer Pseudarthrosenrate von 0,6%. Schraubenfehlagen fanden sich in 15%, allerdings keine Verletzung der A. vertebralis. Die umfangreichste Übersicht lieferte eine Mitgliederbefragung der American Association of Neurological Surgeons: Bei 2000 Patienten kam es in etwa 4% zu einer einseitigen Verletzung der A. vertebralis. Da diese ausschließlich einseitig waren, kam es nur in 3 Fällen zu einer bleibenden neurologischen Störung [30].

Um anatomische Besonderheiten erfassen zu können, die Einfluss auf die Anwendbarkeit der dorsalen Verschraubung nehmen, ist ein präoperatives Computertomogramm unabdingbar [18]. In 15–20% bestehen nämlich anatomische Normabweichungen, im Wesentlichen Vergrößerungen des Neuroforamens C1/2 mit Verlagerung der Vertebralarterie, die einer transartikulären Verschraubung entgegenstehen können (■ Abb. 6). Gleiches gilt für anatomische Varianten der Pedikel, deren Kenntnis eine Veränderung der Operationsstrategie einfordern.

Die transpedikuläre Verschraubung an der HWS geht auf Abumi et al. [1] zurück, die 1994 die ersten Ergebnisse über dieses Verfahren publizierten. Unter biomechanischen Gesichtspunkten liefert die transpedikuläre Schraubenapplikation die höchste Stabilität. Dennoch beherbergt sie mit der möglichen Verletzung neurovaskulärer Strukturen ein nicht unerhebliches Risiko, selbst im Zeitalter der Wirbelsäulenavigation. Miller et al. [19] veröffentlichten 1996 eine anatomische Untersuchung über den Vergleich zwischen geschlossener und halboffener transpedikulärer Schraubentechnik. Zwar konnte durch die anatomisch kontrollierte Verschraubung die Pedikelperforationsrate reduziert werden, dennoch war in bis zu 50% der Fälle eine Pedikelverletzung nachweisbar. Eine umfangreiche klinische Nachuntersuchung führten Abumi et al. [1] durch, die mit diesem Fixationsverfahren die längste Erfahrung haben dürften. Ihre Analyse

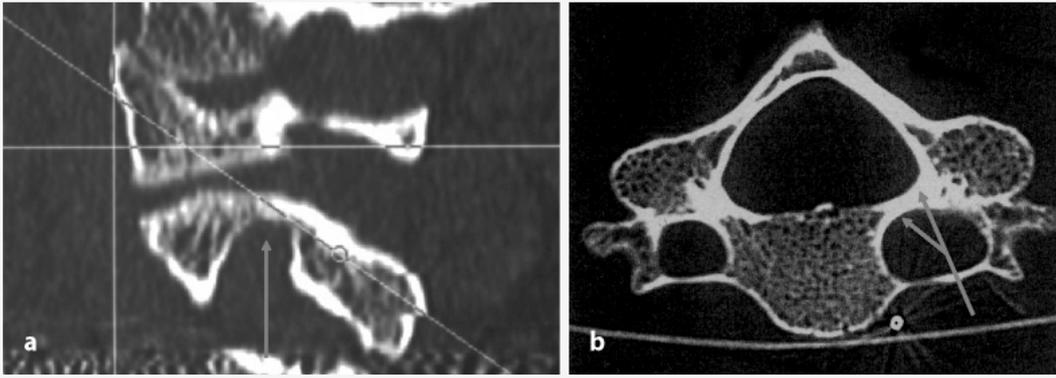


Abb. 6 ◀ **Anatomische neuroforaminale Varianten, a Aussackung des Neuroforamens C1/2, b Pedikelanomalie**



Abb. 7 ◀ **Implantatversagen bei fehlender ventraler Abstützung**

umfasste 669 transpedikuläre Schrauben, deren postoperative Lage via Computertomographie objektiviert wurde. In 6,7% stellten die Autoren Pedikelperforationen fest, wobei lediglich 2 Schrauben eine Radikulopathie verursachten. Eine Verletzung der A. vertebralis kam nie vor. Die Einschätzung, dass die transpedikuläre Schraubentechnik nur mit einer geringen Komplikationsrate behaftet ist, ist zwar ermutigend, sollte aber nicht über das reale Komplikationsrisiko insbesondere bei einem mit dieser Technik noch nicht sehr vertrautem Operateur hinwegtäuschen.

Implantatversagen. Nicht nur die Technik der Implantatpositionierung, sondern auch die Auswahl des richtigen Implantats ist kennzeichnend für die Erfolgchancen bei der dorsalen Instrumentation. So wurden Implantatwanderungen von C1/2-Transfixationen bis in die Orbita beschrieben, ohne dass weitergehende Schädigungen entstanden (Olerud, pers. Mitteilung).

In besonderem Maß spielen bei den dorsalen Operationsverfahren die Wechselwirkungen zwischen Verletzungsent-

tät, ihren biomechanischen Auswirkungen und Implantatwahl eine Rolle.

In einer differenzierten Studie haben Wellmann et al. [28] die Vor- und Nachteile der dorsalen Verfahren instruktiv unter Berücksichtigung der aktuellen Literatur dargestellt und kamen zu dem Schluss, dass die Drahtcerclage nicht zuletzt aufgrund ihrer leichten Anwendbarkeit und unbestrittener ökonomischer Vorteile die weiteste Verbreitung genießt. Sie ist aber in besonderem Maß auf die knöchernen Integrität der ventralen Säule angewiesen. Die Autoren kamen zu der Einschätzung, dass die Drahtcerclage insbesondere dann effizient sei, wenn die Instabilität nicht groß bzw. die Belastung gering sind. Fehlt die ventrale Abstützung, kommt es zum Bruch des Implantats und zum Korrekturverlust (■ **Abb. 7**).

Neben der Implantatüberlastung beinhaltet die sublaminare Cerclagetechnik selbst ein bemerkenswertes Risikopotenzial, das sich wie folgt zusammenfassen lässt:

1. Blutungskomplikationen:
 - epidural
 - subdural
 - intramedullär

2. Dura-/Rückenmarkverletzung
3. Einengung des Spinalkanals
4. Epidurale Fibrosierungen

Dennoch ist die Gesamtrate der Komplikationen dorsaler Stabilisierungsverfahren moderat; Wellmann et al. [28] berichteten über 5% Wundinfekte bei einer Fusionsrate von 97%.

Gegen eine allzu großzügige Anwendung der dorsalen Operationsmethoden an der Halswirbelsäule sprechen v. a. die lediglich durchschnittlichen klinischen Ergebnisse. Hauptursache persistierender Beeinträchtigungen sind postoperative Nackendauerschmerzen. In einer vergleichenden Follow-up-Untersuchung [27] klagten 56% der dorsal fusionierten Patienten über Nackenschmerzen, nach ventraler Fusion waren es hingegen 24% mit HWS-assoziierten Symptomen.

Die wesentlichen Komplikationsschwerpunkte gemäß einer von Graham [10] publizierten Untersuchung der Cervical Spine Research Society liegen für die ventralen Eingriffe in der zugangsbedingten viszera-

len Problematik und der implantatmechanisch begründeten Instabilität und für die dorsalen Eingriffe in der neurovaskulären Gefährdung.

Korrespondierender Autor

Dr. J. Nothwang

Unfallchirurgische Abteilung, Klinik am Eichert,
73006 Göppingen
E-Mail: juergen.nothwang@kae.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

- Abumi K, Shono Y, Ito M et al. (2000) Complications of pedicle screw fixation in reconstructive surgery of the cervical spine. *Spine* 25: 962–969
- Apfelbaum RJ, Kriskovich MD, Haller JR (2000) On the incidence, cause, and prevention of recurrent laryngeal nerve palsies during anterior cervical spine surgery. *Spine* 25: 2906–2912
- Bazaz R, Lee MJ, Yoo JU (2002) Incidence of dysphagia after anterior cervical spine surgery. *Spine* 27: 2453–2458
- Bookvar JA, Philips MF, Telfeian AE (2001) Results and risk factors for anterior cervicothoracic junction surgery. *J Neurosurg* 94: 12–17
- Chataigner H, Gangloff S, Onimus M (1997) Elimination spontanée de vis d'ostéosynthèse cervicale antérieure par les voies naturelles. *Rev Chir Orthop* 83: 78–82
- DiAngelo DJ, Foley KT, Vossell KA et al. (2000) Anterior cervical plating reverses load transfer through multilevel strut-grafts. *Spine* 25: 783–795
- Fujibayashi S, Shikata J, Kamiya N et al. (2000) Missing anterior cervical plate and screws. A case report. *Spine* 25: 2258–2261
- Geyer ThE, Foy MA (2001) Oral extrusion of a screw after anterior cervical spine plating. *Spine* 26: 1814–1816
- Golfinos JG, Dickmann CA, Zabramski JM et al. (1994) Repair of vertebral artery injury during anterior cervical decompression. *Spine* 19: 2552–2556
- Graham JJ (1989) Complications of cervical spine surgery. A five-year report on a survey of the membership of the Cervical Spine Research Society by the Morbidity and Mortality Committee. *Spine* 14: 1046–1050
- Grob D, Jeanneret B, Aebi M et al. (1991) Atlanto-axial fusion with transarticular screw fixation. *J Bone Joint Surg Br* 73 B: 972–976
- Hadra BE (1891) Wiring of the vertebrae as a means of immobilization in fracture and Potts' disease. *Med Times Reg* 22: 423
- Hofmeister M, Potulski M, Späth K et al. (1998) Klinische Ergebnisse der ventralen Fusion von HWS-Verletzungen. *Osteosynthese Int* 6: 112–120
- Kraus DR, Stauffer ES (1975) Spinal cord injury as a complication of elective anterior cervical fusion. *Clin Orthop* 112: 130–141
- Krnacik MJ, Heggeness MH (1997) Severe angioedema causing airway obstruction after anterior cervical surgery. *Spine* 22: 2188–2190
- Lowery GL, McDonough HA (1998) The significance of hardware failure in anterior cervical plate fixation: patients with 2- to 7-year follow-up. *Spine* 23: 181–187
- Macnab I (1972) Complications of anterior cervical fusion. *Orthop Rev* 1: 29–33
- Madawi AA, Casey AT, Solanki GA et al. (1997) Radiological and anatomical evaluation of the atlantoaxial transarticular screw fixation technique. *J Neurosurg* 86: 961–968
- Miller RM, Ebraheim NA, Xu R et al. (1996) Anatomic considerations of transpedicular screw placement in the cervical spine. An analysis of two approaches. *Spine* 21: 2317–2322
- Newhouse KE, Lindsey RW, Clarc CR et al. (1998) Esophageal perforation following anterior cervical spine surgery. *Spine* 14: 1051–1053
- Penberthy A, Roberts N (1998) Recurrent acute upper airway obstruction after anterior cervical fusion. *Anaesth Intensive Care* 26: 305–307
- Riew DK, Sethi NS, Devney J (1999) Complications of buttress plate stabilization of cervical corpectomy. *Spine* 24: 2404–2410
- Ripa DR, Kowall MG, Meyer PR et al. (1991) Series of 92 traumatic cervical spine injuries stabilized with anterior ASIF plate fusion technique. *Spine* 16: 46–55
- Robinson RA, Smith GW (1955) Anterolateral disc removal and interbody fusion for cervical disc syndrome. *Bull Johns Hopkins Hosp* 96: 223–224
- Sagi CH, Beutler W, Carroll E et al. (2002) Airway complications associated with surgery on the anterior cervical spine. *Spine* 27: 949–953
- Swank ML, Lowery GL, Bhat AL et al. (1997) Anterior cervical allograft arthrodesis and instrumentation: multilevel interbody grafting or strut graft reconstruction. *Eur Spine J* 6: 138–143
- Ulrich C, Arand M, Nothwang J (2001) Internal fixation on the lower cervical spine – biomechanics and clinical practice of procedures and implants. *Eur Spine J* 10: 88–100
- Wellmann B, Follett KA, TraynelisVC (1998) Complications of posterior articular mass plate fixation of the subaxial cervical spine in 43 consecutive patients. *Spine* 23: 193–200
- Winslow CP, Winslow TJ, Wax MK (2001) Dysphonia and dysphagia following the anterior approach to the cervical spine. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 127: 51–55
- Wright NM, Laurysen C (1999) Vertebral artery injury in C1–2 transarticular screw fixation: results of a survey of the AANS/CNS section on disorders of the spine and peripheral nerves. *J Neurosurg* 90: 376–377
- Yonenobu K, Fuji T, Okada K et al. (1985) Choice of surgical treatment for multisegmental cervical spondylotic myelopathy. *Spine* 10: 710–716