

Thema:

Posteriore Instrumentierung der Halswirbelsäule mit dem
Neon[®] Occipito-Cervical System –
Eine prospektive konsekutive Beobachtungsstudie

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn

Michael Behr
aus Bonn

2007

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: PD Dr. med. M. Stoffel
2. Gutachter: Prof. Dr. med. Ch. Wirtz

Tag der Mündlichen Prüfung: 30.03.2007

Aus Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie

Direktor: Prof. Dr. med. J. Schramm

Publikation:

Diese Dissertation ist auf dem Hochschulschriftenserver der ULB Bonn
http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online elektronisch publiziert.

Inhaltsverzeichnis

Innentitel	1
Inhaltsverzeichnis	3
Auflistung aller Abbildungen	4
Abkürzungsverzeichnis	5
1 Einleitung	6
1.1 Anatomie der Halswirbelsäule und des okzipito-zervikalen Überganges	6
1.2 Wissenschaftlicher Hintergrund	13
1.3 Zielsetzung	17
2 Material und Methoden	18
2.1 Patientenkollektiv	18
2.2 Patientencharakteristik	25
2.3 Untersuchungs- und Bewertungsgrundlage	28
2.4 SF-36	29
2.5 Operatives Procedere	32
2.6 Neon [®] Occipito-Cervical System	33
2.7 Datenauswertung	34
3 Ergebnisse	35
3.1 Fallbeispiele 1-4	41
4 Diskussion	46
5 Zusammenfassung	55
6 Literaturverzeichnis	56
Lebenslauf	66

Auflistung aller Abbildungen in fortlaufender Reihenfolge

Abbildung 1a	Anatomie der Halswirbelsäule	9
Abbildung 1b	Anatomie der Halswirbelsäule	10
Abbildung 1c	Anatomie der Halswirbelsäule	12
Abbildung 2	Olerud System	15
Abbildung 3a+b	Schraubenpositionierung	16
Liste 4	Patientenkollektiv	18
Tabelle 5	Demographische Merkmale der Patienten	26
Tabelle 6	Indikationen für die posteriore Instrumentierung	27
Tabelle 7	Nurick Skala	29
Tabelle 8	Karnofsky Index	29
Tabelle 9	SF-36: Beschreibung der Konzepte	31
Tabelle 10	SF-36: Transformation (Konzepte - Gesundheitsaspekte)	32
Abbildung 11	Neon [®] Occipito-Cervical System	34
Abbildung 12	Häufigkeit der instrumentierten Höhen (C0 - Th5)	36
Tabelle 13	Summe und Inzidenz von Komplikationen	37
Abbildung 14	Visuelle Analogskala – Ergebnisse	37
Abbildung 15	Karnofsky Index – Ergebnisse	38
Abbildung 16	Nurick Skala – Ergebnisse	39
Abbildung 17	SF-36 – Ergebnisse	41
Abbildung 18	Bildgebung Fallbeispiel 1	42
Abbildung 19	Bildgebung Fallbeispiel 2	43
Abbildung 20	Bildgebung Fallbeispiel 3	44
Abbildung 21	Bildgebung Fallbeispiel 4	45

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
aDSA	Arterielle digitale Subtraktionsangiographie
Art.	Arteria
BMS	Blasen- und Mastdarmfunktionsstörung
C0	Okziput
C1 - C7	Halswirbel 1-7
CT	Computertomographie
L1 - L5	Lendenwirbel 1-5
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Liggamenta
MCS	Mentaler Gesundheitsaspekt (Mental Components Summary Scale)
MRT	Magnet-Resonanz-Tomographie
N.	Nervus
OP	Operation
p	Statistische Irrtumswahrscheinlichkeit
PCS	Physischer Gesundheitsaspekt (Physical Components Summary Scale)
SEM	Standardfehler des Mittelwerts (Standard error of the mean)
SD	Standardabweichung (Standard deviation)
SF-36	“Short form” Test 36
Tab.	Tabelle
Th1 - Th12	Brustwirbel 1-12
VAS	Visuelle Analogskala

1 Einleitung

1.1 Anatomie der Halswirbelsäule und des okzipito-zervikalen Überganges

Im Folgenden werden vorab einige anatomische Besonderheiten der Halswirbelsäule und des okzipito-zervikalen Überganges näher erläutert, um ein besseres Verständnis für Fragestellungen zu entwickeln, die mit der posterioren Instrumentierung an der Halswirbelsäule eng verbunden sind.

Die Feststellung, dass die Halswirbelsäule aus in der Regel 7 Halswirbeln besteht, berücksichtigt die Komplexität der Halswirbelsäule nur unzureichend. Gerade der okzipito-zervikale Übergang ist von besonderer anatomischer und funktioneller Komplexität. Komplexe Bewegungsabläufe werden durch diverse Muskeln und eine Vielzahl an Gelenken bewerkstelligt. Im oberen Spinalkanal befindet sich zudem gut geschützt die Medulla oblongata als wichtiges Kontrollzentrum für Atmung und Kreislauf.

Der okzipito-zervikale Übergang schließt die Hinterhauptscondylen und die ersten beiden Halswirbel Atlas (C1) und Axis (C2) ein. Die Halswirbel C3 - C7 können als subaxiale Einheit verstanden werden und entsprechen in etwa dem allgemeinen Wirbelbauplan (Abbildung 1a). Die Statik der Halswirbelsäule ist geprägt durch eine dorsal konkave Krümmung. Vom 1. bis zum 6. Halswirbel besteht eine Halslordose. Diese geht ab dem 6. Halswirbel am zerviko-thorakalen Übergang in eine Brustkyphose und damit in eine dorsal konvexe Krümmung über.

Bei den Wirbeln C3 bis C7 ist der Wirbelkörper verhältnismäßig klein und in der Aufsicht annähernd rechteckig, das Foramen vertebrale groß und dreieckig. Die Pedikel der Halswirbel C3 - C6 sind relativ schmal. Der Processus transversus umschließt das Foramen transversarium, da mit dem eigentlichen Querfortsatz und der Seitenfläche des Körpers ein Halsrippenrudiment als ventrale Spange verschmolzen ist. In den Foramina transversaria verläuft ab dem 6. Halswirbel die Arteria vertebralis nach kranial und oft bis zum 7. Halswirbel die Vena vertebralis nach kaudal. Die Dornfortsätze sind leicht nach kaudal geneigt. Der Dornfortsatz des 7. Halswirbels, Vertebra prominens, ist der erste Dornfortsatz, der sich gut durch die Haut tasten lässt.

Atlas und Axis, die ersten beiden Halswirbel, besitzen – in Verbindung mit der Ausbildung der Kopfgelenke – eine vom allgemeinen Wirbelbauplan abweichende Gestalt (Abbildung 1a). Dem Atlas, der den Kopf trägt, fehlt der Wirbelkörper. Sein Baumaterial hat sich mit dem Körper des 2. Halswirbels vereinigt und bildet den nach kranial gerichteten Zahn des Axis, Dens axis. Um

den Dens axis drehen sich Atlas und Kopf. Atlas und Axis werden deshalb als Drehwirbel den übrigen Wirbeln, den Beugewirbeln, gegenübergestellt. Der Atlas besteht aus einem kleinen Arcus anterior und einem ausgedehnten Arcus posterior, der dorsal in ein kleines Tuberculum posterius ausläuft. Am vorderen Bogen ragt an der Ventralfläche ein kleines Tuberculum anterius vor, auf der Dorsalfläche liegt die überknorpelte Fovea dentis für die Artikulation mit dem Dens axis. Arcus anterior und Arcus posterior werden durch die kräftigen, nach medial vorspringenden Massae laterales miteinander verbunden. Sie nehmen die Last des Kopfes auf und tragen auf der Kranialfläche die ovalen bis nierenförmigen Gelenkpfannen, Facies articulares superiores, für die Hinterhauptskondylen. Ihre Längsachsen konvergieren nach ventral. Seitwärts setzt sich die Massa lateralis in den Processus transversus fort, der von dem Foramen transversarium durchbohrt wird. Er springt nach lateral vor, lässt sich hinter dem Kieferwinkel durch die Haut tasten und ist nach kaudal geneigt. Unmittelbar hinter der Massa lateralis schneidet eine kraniale quere Rinne, Sulcus arteriae vertebralis, in den Kranialrand des dorsalen Bogens. Der so vorgegebene Verlauf der Arteria vertebralis lässt allerdings Normvarianten zu, die die posteriore Instrumentierung an C1 und C2 schwierig gestalten können (Abbildung 1a, Abbildung 3a und 3b).

Am Axis unterscheidet man Wirbelkörper, Wirbelbogen und Dens axis, der dem Körper aufsitzt und mit dem abgestumpften Apex dentis endet. Der Dens axis besitzt je eine ovale Facies articularis anterior und posterior zur Artikulation ventral mit der Fovea dentis des vorderen Atlasbogens und dorsal mit dem Ligamentum transversum atlantis.

Als Kopfgelenke bezeichnet man die gelenkigen Verbindungen von Hinterhaupt, Atlas und Axis:

- Articulatio atlantooccipitalis (paarig, gelenkige Verbindung der nierenförmigen konkaven Facies articulares superior des Atlas mit den konvex geformten Hinterhauptskondylen),
- Articulatio atlantoaxialis lateralis (paarig, gelenkige Verbindung zwischen den unteren Gelenkflächen des Atlas und den oberen des Axis),
- Articulatio atlantoaxialis mediana (unpaar, Gelenk zwischen vorderer bzw. hinterer Gelenkfläche des Dens axis und der Fovea dentis atlantis bzw. der ‚Gelenkfläche‘ des Ligamentum transversum atlantis).

Die Atlantoaxialgelenke bilden eine funktionelle Einheit. Durch die Unterteilung der Kopfgelenke in 6 isolierte, durch Kapseln abgeschlossene Gelenkkammern wird der Bewegungsumfang zwar eingeschränkt, die Präzision der Bewegung jedoch gesteigert. Die Bewegungssegmente C0/C1 bis C2/3 können funktionell betrachtet als zusammengesetztes Kugelgelenk verstanden werden.

Die Bänder im Bereich der Kopfgelenke (Abbildung 1b) sind: Membrana atlantooccipitalis anterior, Ligamentum apicis dentis, Ligamenta alaria, Ligamentum cruciforme atlantis (Ligamentum transversum atlantis), Membrana tectoria, Membrana atlantooccipitalis posterior. (Putz R et al., 1994; Frick H et al., 1992)

Abbildung 1a – Allgemeiner Bauplan der Halswirbelsäule

Quelle: Netter FH, MD; Atlas of Human Anatomy 4th Edition, Icon Learning Systems 2006

Mit freundlicher Genehmigung durch „Business Development Manager- Elsevier Licensing“

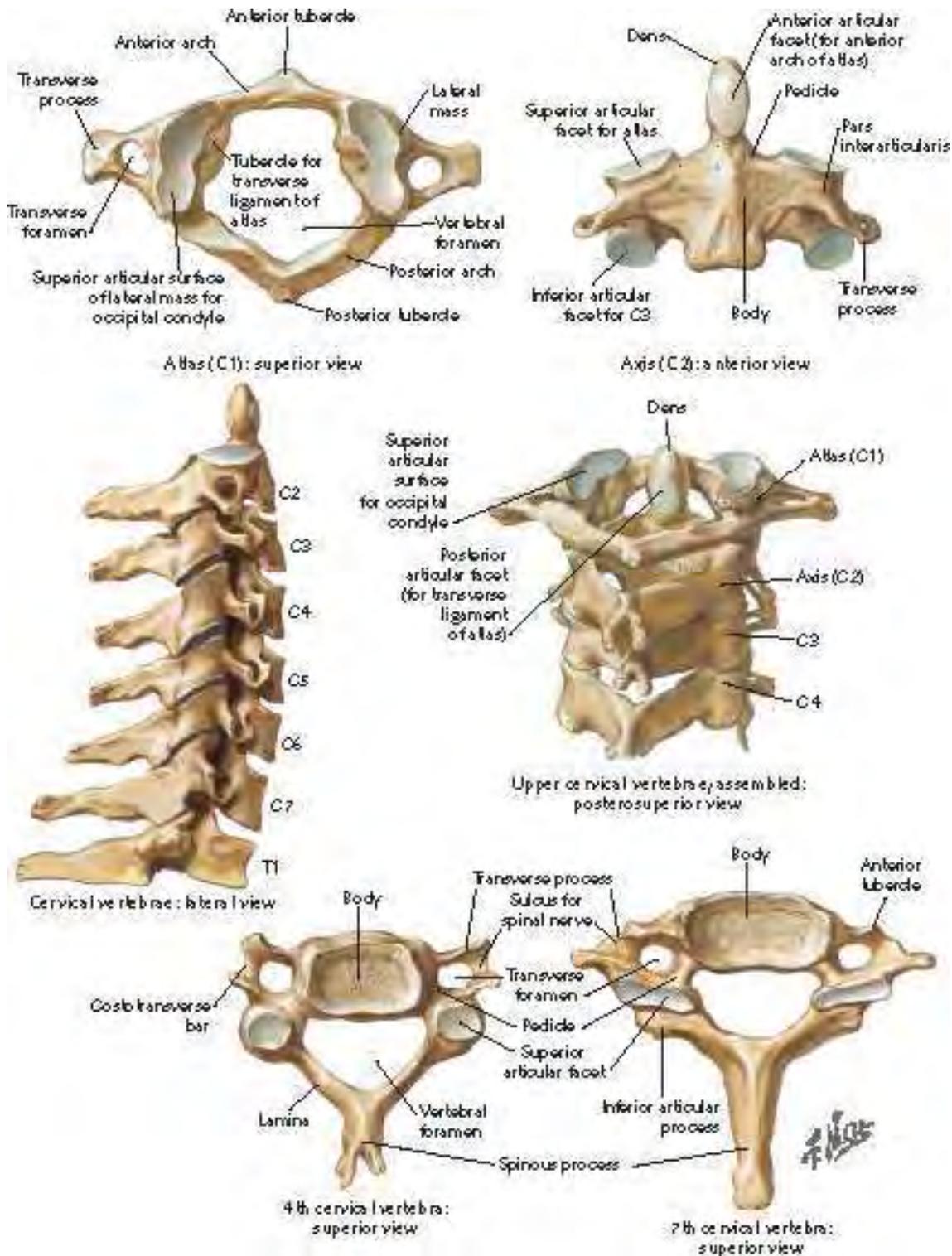
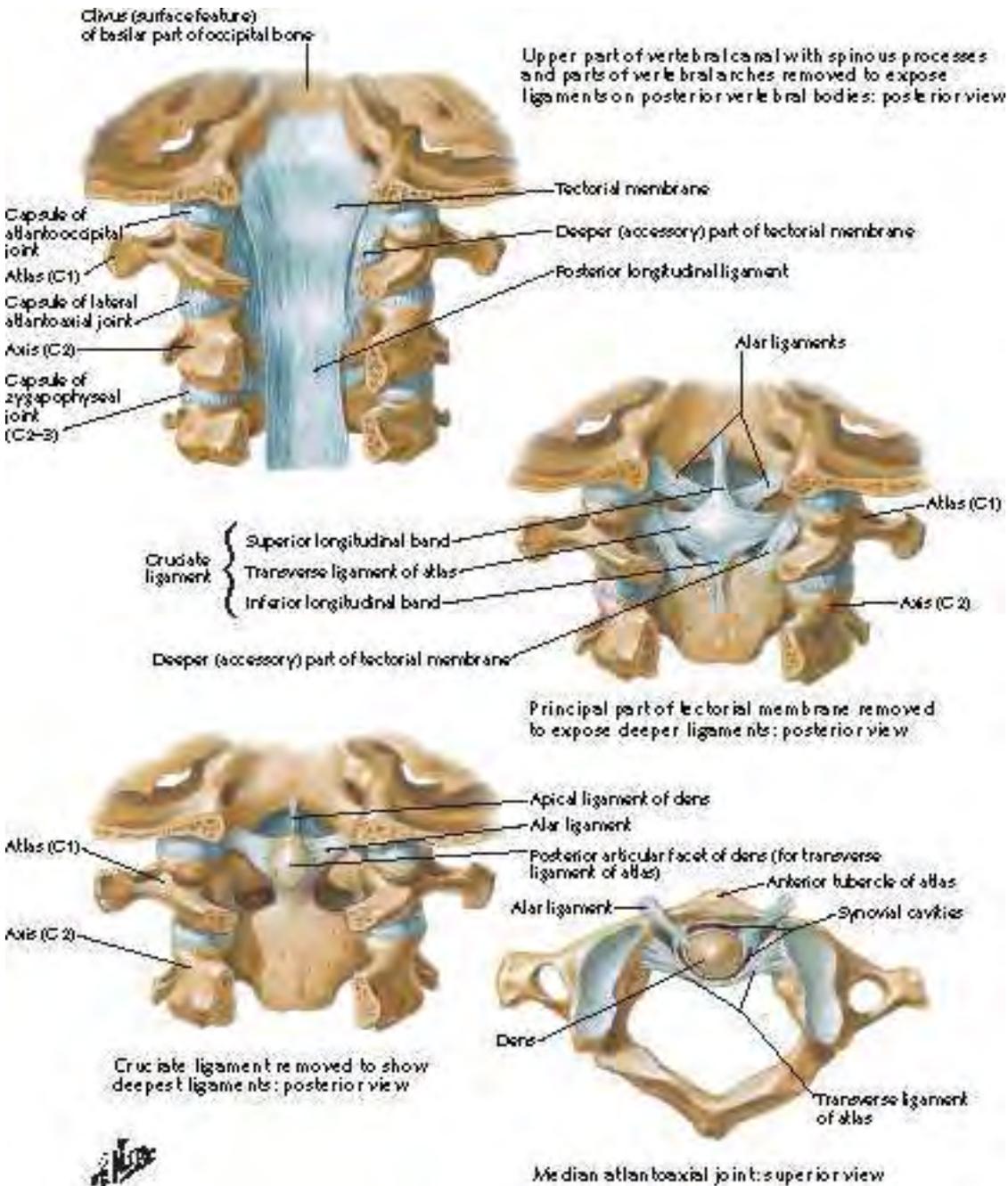


Abbildung 1b – Okzipito-zervikaler Übergang mit ligamentären Strukturen

Quelle: Greene W, MD; Netter's Orthopaedics-Spine; Saunders Book Company, 2006

Mit freundlicher Genehmigung durch „Business Development Manager- Elsevier Licensing“



Diese Besonderheiten spielen bei geplanten posterioren Zugängen und Instrumentierungen an der Halswirbelsäule eine Rolle, da hier im Vergleich zum Situs beim anterioren Zugang die inhomogene Wirbelkonfiguration, variable Pedikelweiten oder Normvarianten im Verlauf der Arteria vertebralis sehr viel stärker zum Tragen kommen.

Gerade beim posterioren Zugang ist zudem die relative Nähe zu Nervenstrukturen (Nervenwurzeln, Rückenmark und verlängertes Halsmark) und zum Verlauf der Arteria vertebralis zu beachten (Abbildung 1a-1c, Abbildung 3a und 3b).

Der anteriore und der posteriore Zugang bei der Stabilisierung unterscheiden sich nicht nur unter biomechanischen Kriterien, sondern auch hinsichtlich der Zugangsmorbidität (Bohm et al., 2002; Vieweg et al., 2000; Wada et al., 2001).

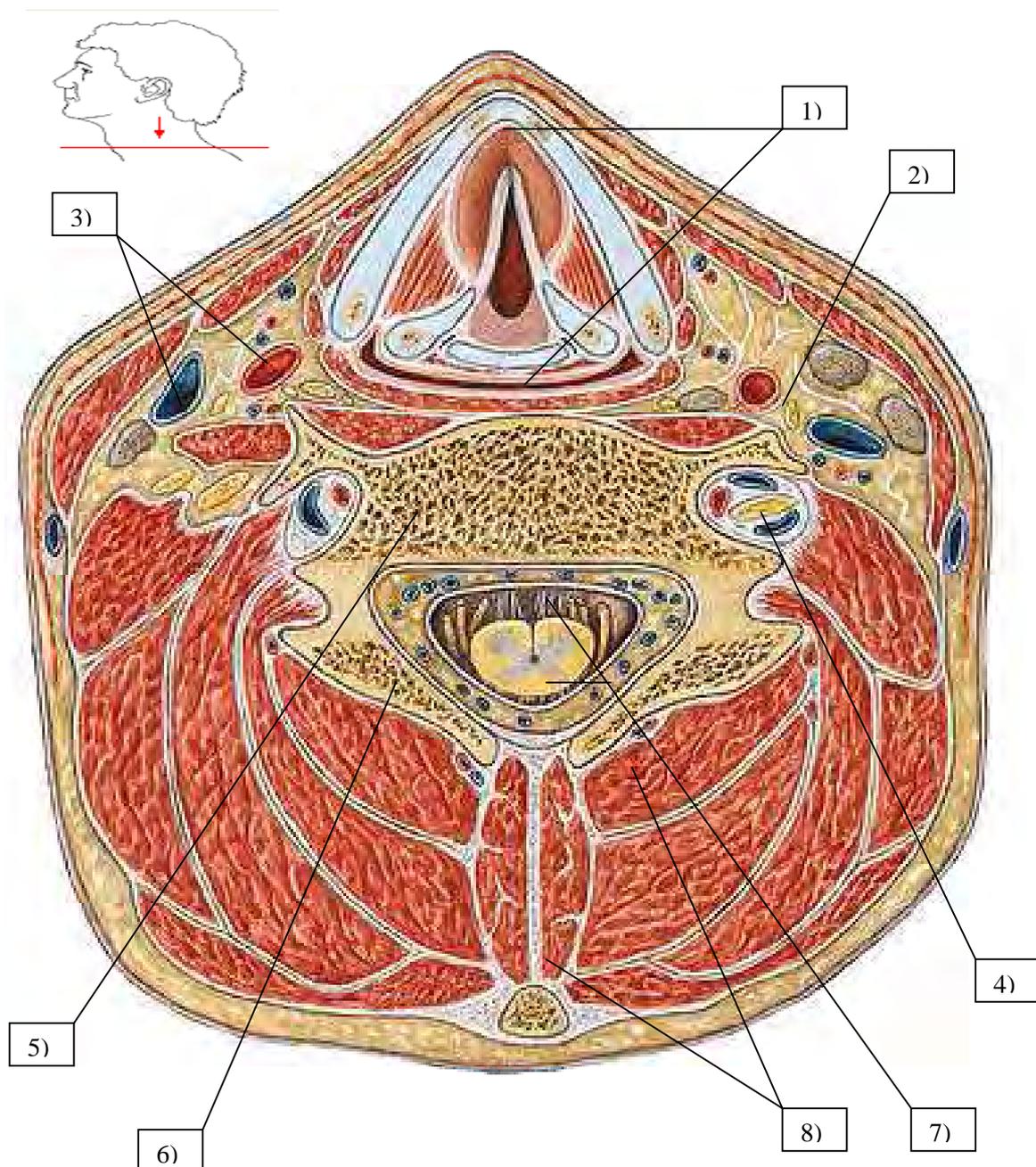
Beim posterioren Zugang zur Halswirbelsäule ist es darüber hinaus sinnvoll, wie folgt zu differenzieren. Wenn eine Dekompression von Nervenstrukturen z.B. durch Laminektomie erforderlich ist, ist das Zugangstrauma durch das notwendige Abschieben von zervikaler-nuchaler Rückenmuskulatur von den Dornfortsätzen und den Wirbelbögen bestimmt. Die Folge ist eine relative Funktionseinbuße der so geschädigten Muskulatur. Wenn allerdings nur eine Stabilisierung durch posteriore Instrumentierung angestrebt wird, so hält sich das Zugangstrauma durch die Möglichkeit der schonenden perkutanen Instrumentierung in Grenzen. Hier kommt es zu keinem relevanten Funktionsverlust der zervikalen-nuchalen Muskulatur im Operationszugang. Die Bewegungssegmente kranial und kaudal der Fusionsstrecke werden weniger stark beeinträchtigt. Beim posterioren Zugang zur Halswirbelsäule ist die Arteria vertebralis durch ihren pedikelnahen Verlauf durch die Foramina transversaria Gefahren bei der Instrumentierung ausgesetzt. Durch die posteriore Instrumentierung mit Pedikelschrauben, transartikulären C1/C2-Schrauben oder Massa-lateralis-Schrauben sind zudem Nervenwurzeln und Rückenmark einem erhöhten Risiko ausgesetzt.

Abbildung 1c gibt einen beispielhaften Überblick über anteriore und posteriore Strukturen im axialen Schnittbild auf Höhe der Stimmritzen. Wichtige Strukturen sind zentral gelegen der Wirbelkörper und Wirbelbogen, Foramen transversarium mit Arteria und Vena vertebralis und Spinalkanal mit Rückenmark. Posterior von diesen Strukturen findet sich die Nackenmuskulatur und anterior finden sich die Halsweichteile mit Hypopharynx, Arteria carotis communis, Vena jugularis interna und externa, Nervus vagus u.a.

Abbildung 1c – Axiales Schnittbild durch den Hals auf Höhe der Stimmritze

Quelle: Putz / Pabst: Sobotta, Atlas der Anatomie des Menschen, 22. Auflage © 2006 Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag München

Mit freundlicher Genehmigung durch „Manager Rights & Permissions, Elsevier GmbH“



1) Hypopharynx, Stimmritze; 2) Nervus vagus; 3) Arteria carotis communis und Vena jugularis interna; 4) Foramen transversarium / Canalis vertebralis; 5) Wirbelkörper; 6) Wirbelbogen; 7) Wirbelkanal und Rückenmark; 8) Nackenmuskulatur

1.2 Wissenschaftlicher Hintergrund

Die Halswirbelsäule einschließlich des okzipito-zervikalen und des zerviko-thorakalen Überganges ist von hoher anatomischer Komplexität und stellt daher hohe Anforderungen an den Operateur. Basierend auf den individuellen pathologischen Gegebenheiten des Patienten muss sich der Chirurg zwischen einem anterioren, einem posterioren oder einem beidseitigen Vorgehen entscheiden (George et al., 1999).

Ziel der operativen Behandlung ist es, zum einen eine vorbestehende Pathologie kausal oder symptomatisch zu behandeln, zum Beispiel durch Laminektomie zur Dekompression, und zum anderen Instabilität durch eine geeignete Instrumentierung entweder zu behandeln oder dieser vorzubeugen.

Die Wahl des angemessenen Zugangs zur Halswirbelsäule und die Technik der Instrumentierung am komplexen okzipito-zervikalen und zerviko-thorakalen Übergang sind traditionell umstritten. In den vergangenen Jahrzehnten wurde der anteriore Zugang zur subaxialen Halswirbelsäule bevorzugt (Bohler, 1982; Cloward, 1963; Emery et al., 1998). Jedoch gibt es Faktoren, wie reduzierte Knochenqualität, hohes Lebensalter, neoplastische Läsion, mehrsegmentale Pathologie oder Versagen nach vorheriger anteriorer Instrumentierung, die als unvorteilhafte prognostische Bedingungen für eine alleinige anteriore Instrumentierung angesehen werden müssen (Bose et al., 2003; Dickman et al., 1991; Hitchon et al., 2003a, 2003b; Huch et al., 2004; Roy-Camille et al., 1986; Tye et al., 2002). Die Notwendigkeit, suffiziente Systeme zur sicheren posterioren Instrumentierung an der Halswirbelsäule zu evaluieren, ist daher offensichtlich.

Schon Ende des 19. Jahrhunderts beschreibt Hadra die operative Stabilisierung der Halswirbelsäule aufgrund einer traumatischen Instabilität (Hadra, 1891). Seitdem ist die operative Stabilisierung der Halswirbelsäule Gegenstand intensiver Forschung. Sowohl offene Dekompression als auch interne Stabilisierung werden als Eckpunkte zur Wiederherstellung einer achsengerechten Stellung der Halswirbelsäule und zur Reduktion von neurologischen Defiziten angesehen (Capen et al., 1985; Roy-Camille et al., 1986). Techniken zur Erlangung einer posterioren Fusion haben sich in den vergangenen Jahrzehnten fortlaufend weiterentwickelt. Erste zervikale Fusionstechniken mit Anlagerung von autologen Knochenspänen und später unter Zuggurtung mit Drahtcerc-lagen bedeuteten für den Patienten eine lange postoperative Immobilisierung zumeist durch einen Halo-Fixateur oder eine steife Zervikalstütze bei zugleich hoher Pseudarthrosenrate und drohen-

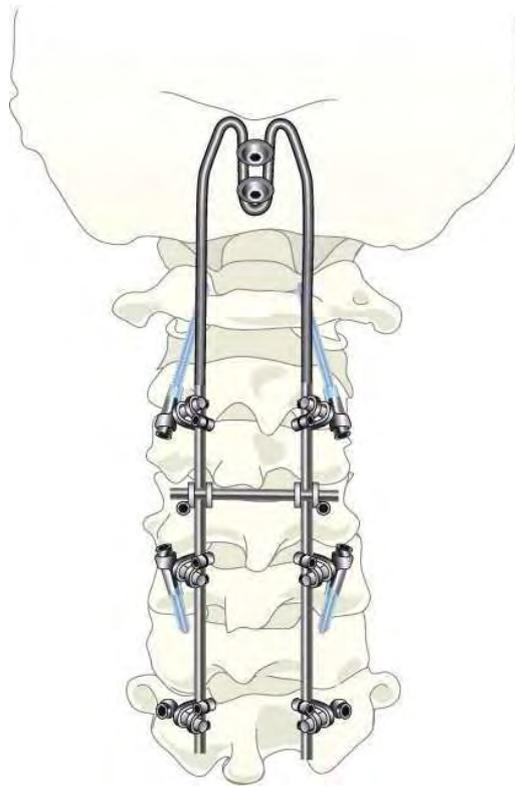
dem Korrekturverlust (Callahan et al., 1977; Geisler et al., 1989; Goel et al., 1994; Grob et al., 1990; Grob et al., 1991; Grob et al., 1994; Huhn et al., 1991; Perry, 1959; Ransford et al., 1986; Sonntag et al., 1991; Wertheim et al., 1987). In Folge dessen wurden Plattenosteosyntheseverfahren mit Cerclagen und Plattenosteosyntheseverfahren mit Schraubenfixierung eingeführt (Abumi et al., 1994; Abumi et al., 1999a, 1999b, 1999c; Jeanneret et al., 1994; Jeanneret et al., 1996; Kotani et al., 1994; Olerud et al., 1999; Roy-Camille et al., 1986; Roy-Camille et al., 1989; Sasso et al., 1994; Smith et al., 1993; Sonntag et al., 1991). Jedoch zeigten sich hier Nachteile durch die vorgegebenen fixen Positionen von Plattenlöchern und die ungünstigen Winkelverhältnisse zwischen Platten und Schrauben bei gleichzeitig fehlender Winkelstabilität (Callahan et al., 1977; Grantham et al., 1969; Grob et al., 1990; Hamblen, 1967; Lee et al., 1984; Lipsomb, 1957; Menezes et al., 1985; Newman et al., 1969; Perry, 1959; Robinson et al., 1960; Ulrich et al., 1987; Ulrich et al., 1991; Wertheim et al., 1987). Auch modernere Schrauben-Stab-Verbindungen haben bisher kaum zu einer Verbesserung der Winkelstabilität des Konstruktes geführt (Richter et al., 2000; Richter et al., 2002).

Die Einführung von posterioren Platten-Schrauben-Systemen und Stab-Schrauben-Systemen führte zu einer Verbesserung der klinischen Ergebnisse und der biomechanischen Belastbarkeit (Abumi et al., 1999a, 1999b, 1999c; Huch et al., 2004; Kotani et al., 1994; Olerud et al., 1999; Smith et al., 1993). Die ersten winkelstabilen Systeme zur posterioren Instrumentierung der Halswirbelsäule wurden von Abumi et al. (1994) und Olerud et al. (1999) (Abbildung 2) beschrieben und waren anderen posterioren und anterioren Systemen nach biomechanischen Kriterien, wie Biegemoment, Ausrissfestigkeit der Schrauben, Festigkeit und Steifigkeit sowohl der Einzelkomponenten als auch des Konstruktes, überlegen (Abumi et al., 1994; Arand et al., 2002; Olerud et al., 1999; Richter et al., 2000; Richter et al., 2002).

Abbildung 2

Olerud System (Olerud et al., 1999) Quelle: The Olerud Cervical Fixation System, System Overview, Anatomica Surgical Products 1999

(Mit freundlicher Genehmigung von *Anatomica Surgical Products* ©)



Dennoch bestehen bestimmte Unzulänglichkeiten bis heute, wie z.B. nicht variable Stab-Schrauben-Konstruktionen und begrenzter Ansatzwinkel von nicht kanülierten Schrauben.

Das Neon[®] Occipito-Cervical System (Neon; Ulrich GmbH, Ulm, Deutschland), ein seit 2000 verfügbares modulares und winkelstabiles System, überwindet bzw. minimiert die bisherigen Unzulänglichkeiten weitgehend. Eine große Vielfalt an Kirschner-Draht geführten Schrauben (Massa-lateralis-Schrauben, transpedikuläre Schrauben, transartikuläre Schrauben) kann in Kombination mit Atlashaken, Okzipitalplatten und Okzipitalschrauben verwendet werden, um individuell und sicher alle Segmente der Wirbelsäule vom Okziput bis zur mittleren thorakalen Wirbelsäule zu instrumentieren. Alle diese Elemente werden über verschieden lange Konnektoren mit 4,5 mm Titanstäben unterschiedlicher Länge verbunden, so dass zeitaufwendiges Schränken der Stäbe in den meisten Fällen nicht notwendig ist. Die Kombination mit CT-Navigation ist möglich

und vor allem bei Normvarianten im Verlauf der Arteria vertebralis oder komplexen Fehlstellungen von Nutzen. Richter et al. haben gezeigt, dass das Neon[®] Occipito-Cervical System anderen etablierten Systemen, sowohl anterioren als auch posterioren Systemen, hinsichtlich Flexion, Extension, axialer Rotation, lateraler Biegung sowie Materialfestigkeit biomechanisch überlegen ist (Richter et al., 2000; Richter et al., 2002a, 2002b). Auch für spezielle Indikationen, wie die atlantoaxiale Instabilität, ist das Neon[®] Occipito-Cervical System durch die Möglichkeit der Instrumentierung von C1 Massa-lateralis-Schrauben und C2 Pedikel- bzw. Isthmusschrauben anderen sowohl anterioren als auch posterioren Systemen biomechanisch überlegen (Ebraheim et al., 1996; Kim et al., 2004).

Abbildung 3a und 3b zeigen beispielhaft zwei verschiedene Möglichkeiten der Schraubenplatzierung bei der posterioren Instrumentierung an der subaxialen Halswirbelsäule.

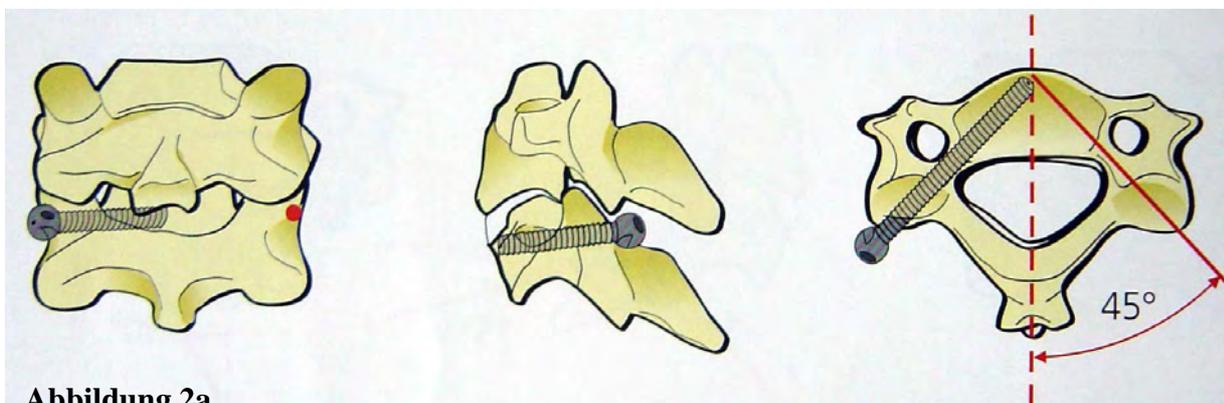


Abbildung 2a

Pedikelschrauben an C3/4

Quelle: Technik der Schraubenplatzierung; mit freundlicher Genehmigung von Ulrich Medizintechnik, Ulm – Das System (Neon[®] Occipito-Cervical System)

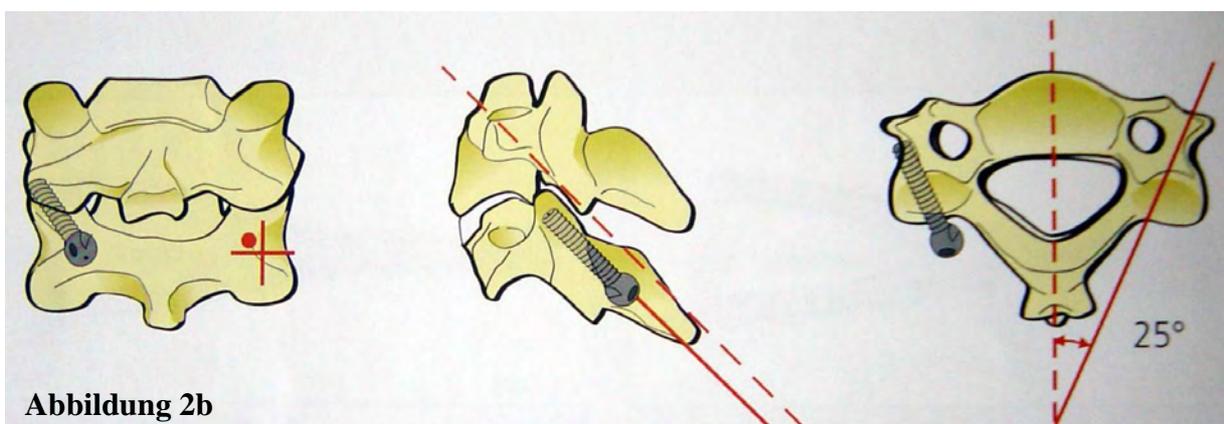


Abbildung 2b

Massa-lateralis-Schrauben C3-C7 nach Magerl

Quelle: Technik der Schraubenplatzierung; mit freundlicher Genehmigung von Ulrich Medizintechnik, Ulm – Das System (Neon[®] Occipito-Cervical System)

1.3 Zielsetzung

Ziel dieser prospektiv und konsekutiv angelegten Beobachtung ist die Evaluierung des Neon[®] Occipito-Cervical Systems im operativen Gebrauch sowie die Erfahrungssammlung von operativen Besonderheiten und Komplikationen. Ferner soll der klinische, neurologische und radiologische Verlauf des Patientenkollektivs, das mit diesem System versorgt wurde, erfasst werden.

2 Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Liste 4

Fortlaufende Übersicht aller Patienten nach folgenden Kriterien:

- Geschlecht
 - Alter
 - Diagnose, Höhenlokalisierung und Definition der Pathologie als anterior/posterior
 - Symptombdauer in Wochen
 - Nurick
 - Karnofsky
 - VAS
 - evtl. Vorbehandlung
1. männlich, 59 Jahre, degenerative Spinalkanalstenose p.m. C4 - C6, 28 Wochen Symptombdauer, Nurick 5, Karnofsky 40, VAS 10, klinische Myelopathie, Blasen- und Mastdarmfunktionsstörung, Stenose anterior und posterior, Vorbehandlung rein konservativ
 2. männlich, 21 Jahre, aneurysmatische Knochenzyste C7, 52 Wochen Symptombdauer, Nurick 1, Karnofsky 80, VAS 60, Stenose anterior, Zustand nach Wirbelkörperersatz C7 mit Beckenkamminterponat und anteriorer Verriegelungsplatte 2001
 3. weiblich, 63 Jahre, ausgedehnte Spinalkanalstenose C3 - C6, 52 Wochen Symptombdauer, Nurick 3, Karnofsky 70, VAS 20, Tetraparese mit Kraftgradminderung 3/5, klinische Myelopathie, radikuläre Hypästhesie, Stenose posterior und anterior, Vorbehandlung rein konservativ
 4. männlich, 72 Jahre, degenerative Myelopathie, hochgradige Spinalkanalstenose C4 - C7, 23 Wochen Symptombdauer, Nurick 3, Karnofsky 70, VAS 20, Kraftgradminderung 3/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Stenose posterior, keine Vorbehandlung
 5. männlich, 65 Jahre, subligamentärer sequestrierter Bandscheibenvorfall C3/4; multisegmentale degenerative Zervikalkanalstenose, 12 Wochen Symptombdauer, Nurick 3, Karnofsky 70, VAS 35, Spastik, Kraftgradminderung 4/5, klinische Myelopathie, Radikulo-

- pathie, radikuläre Hypästhesie, Vorbehandlung durch anteriore Dekompression C3/4 bei sequestriertem Bandscheibenvorfall
6. männlich, 71 Jahre, Stenose des zervikalen Spinalkanals mit symptomatischer zervikaler Myelopathie C3 - C5, 15 Wochen Symptombdauer, Nurick 5, Karnofsky 40, VAS 30, Kraftgradminderung 2/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Stenose anterior, keine Vorbehandlung
 7. weiblich, 64 Jahre, basiläre Impression C0 - C3, Chiari-Malformation I, Diagnose nach reanimationspflichtiger Ateminsuffizienz und progredienter Tetraparese, 25 Wochen Symptombdauer, Nurick 4, Karnofsky 40, VAS 40, Kraftgradminderung 4/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Stenose anterior, keine Vorbehandlung
 8. weiblich, 61 Jahre, Metastase Mammakarzinom mit pathologischer Fraktur C7, 24 Wochen Symptombdauer, Nurick 1, Karnofsky 90, VAS 15, Kraftgradminderung 3/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, Vorbehandlung konservativ
 9. weiblich, 54 Jahre, degenerative Gefügestörung und Stenose C4 - C7, Darminkontinenz und PCP, 10 Wochen Symptombdauer, Nurick 3, Karnofsky 60, VAS 70, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, BMS, Raumforderung von posterior, Vorbehandlung 18 Monate zuvor okzipito-zervikale Fusion mit Metallbügel auswärts
 10. männlich, 80 Jahre, multisegmentale Spinalkanalstenose C4 - C7, 50 Wochen Symptombdauer, Nurick 5, Karnofsky 40, VAS 40, Kraftgradminderung 2/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, Vorbehandlung konservativ
 11. weiblich, 22 Jahre, Luxations-Berstungsfraktur Th2 - Th4, Frakturen C3 - C7; Zustand nach anteriorer Plattenosteosynthese C2 - C6, 0 Wochen Symptombdauer, Nurick 5, Karnofsky 30, VAS keine Angaben, Kraftgradminderung 0/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, BMS, Pathologie anterior und posterior, Vorbehandlung anteriore Plattenosteosynthese C2 - C6
 12. männlich, 76 Jahre, Metastase C7 - Th1, 3 Wochen Symptombdauer, Nurick 5, Karnofsky 40, VAS 40, Tetraparese/Kraftgradminderung 1/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Blasen- und Mastdarmfunktionsstörungen, Pathologie anterior, Vorbehandlung Korporektomie und Distractionsspacer in C7 und Vertebroplastie in Th1 und anteriore Verriegelungsplatte C6 - Th1, keine Vorbehandlung

13. weiblich, 67 Jahre, multisegmentale Spinalkanalstenose C4 - C6, 15 Wochen Symptombdauer, Nurick 3, Karnofsky 70, VAS 70, Spastik, Kraftgradminderung 3/5 klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, BMS, Pathologie anterior, keine Vorbehandlung
14. männlich, 60 Jahre, zervikale Myelopathie bei multisegmentaler Zervikalkanalstenose C3 - C6, 38 Wochen Symptombdauer, Nurick 2, Karnofsky 80, VAS 70, klinische Myelopathie, Pathologie posterior, Vorbehandlung konservativ seit über 6 Jahren
15. männlich, 58 Jahre, Stenose des zervikalen Spinalkanals C2 - C7, 40 Wochen Symptombdauer, Nurick 4, Karnofsky 50, VAS 30, Spastik, Kraftgradminderung 3/5, klinische Myelopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, Vorbehandlung konservativ
16. männlich, 63 Jahre, Spondylodiszitis C 2/3 mit epiduralem Empyem bei Zustand nach Drainage eines rechts-paravertebralen Abszesses und Multiabszesssyndrom nach Bauchortenaneurysma und superinfizierter Y-Prothese, 15 Wochen Symptombdauer, Nurick 0, Karnofsky 90, VAS 10, Pathologie posterior und anterior, Vorbehandlung durch Drainage des prävertebralen Abszesses und Antibiose
17. männlich, 58 Jahre, zervikale Myelopathie seit 1985, Zustand nach C3 - C5-Ersatz bei OPLL (Ossifikation des Ligamentum longitudinale posterius) und anteriorer Plattenostheosynthese vor 1 Woche, intraoperativ kompliziert durch aufgebrauchte Dura und Verletzung der Art. vertebralis (postoperativ mit Stent versorgt), 52 Wochen Symptombdauer, Nurick 4, Karnofsky 70, VAS 40, Spastik, Kraftgradeinschränkung 4/5, klinische Myelopathie, radikuläre Hypästhesie, BMS, Pathologie anterior
18. weiblich, 51 Jahre, Metastase Mammakarzinom mit pathologischer Fraktur C7, 10 Wochen Symptombdauer, Nurick 0, Karnofsky 70, VAS 80, radikuläre Kraftgradminderung 4/5, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, keine Vorbehandlung
19. männlich, 76 Jahre, sekundäres Materialversagen nach Plattenostheosynthese bei Wirbelkörperersatz C4/5 (primäre zervikale Myelopathie bei Stenose), 0 Wochen Symptombdauer, Nurick 3, Karnofsky 60, VAS 30, Spastik, Kraftgradminderung 4/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior
20. männlich, 37 Jahre, Zustand nach C 5/6 Luxationsfraktur und anteriorer Verplattung, Korrekturverlust, Instabilität, 20 Wochen Symptombdauer, Nurick 5, Karnofsky 30, VAS 10, Kraftgradminderung 0/5, klinische Myelopathie, Blasen- und Mastdarmfunktionsstörung

- gen, Pathologie anterior, Vorbehandlung durch anteriore Plattenosteosynthese mit Beckenkamminterponat
21. männlich, 70 Jahre, Progredienz einer voroperierten (Wirbelkörperersatz und anteriore Verriegelungsplatte) und vorbestrahlten zervikalen Metastase eines Adenokarzinoms, 3 Wochen Symptombdauer, Nurick 4, Karnofsky 60, VAS 60, Kraftgradminderung 3/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, seit 1998 progrediente Zervikobrachialgien
 22. männlich, 74 Jahre, sekundäre Instabilität mit Implantatdislokation nach anteriorer Plattenosteosynthese von C5 auf C7 nach Korporektomie C6 mit Beckenkamminterponat bei hochgradiger zervikaler Myelopathie vom 3.11.2001 - nach posteriorer Stabilisierung 1 Schraube revidiert, 16 Wochen Symptombdauer, Nurick 5, Karnofsky 50, VAS 40, Kraftgradminderung 2/5, klinische Myelopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior
 23. männlich, 77 Jahre, degenerative Instabilität C4/5 nach Laminektomie C4 vor 14 Tagen bei akut dekompensierter zervikaler Myelopathie, 2 Wochen Symptombdauer, Nurick 4, Karnofsky 40, VAS 10, Spastik, Kraftgradminderung 3/5 klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Blasen- und Mastdarmfunktionsstörungen, Pathologie posterior, Vorbehandlung zuerst konservativ und dann am 18.04.2002 Notlaminektomie
 24. weiblich, 37 Jahre, C1/2 Instabilität nach traumatischer Densfraktur (Typ II nach Anderson), Zustand nach vergeblicher anteriorer Densverschraubung (nach Böhler), 0 Wochen Symptombdauer, Nurick 5, Karnofsky 40, VAS 10, Pathologie anterior
 25. weiblich, 70 Jahre, zervikale Myelopathie und Zustand nach anteriorer zervikaler Fusion von C4 - C7 mittels Titanplattenosteosynthese nach Korporektomie C5 und C6 mit Beckenkamminterponat, sekundäre Instabilität im Segment C3/4 mit kyphotischer Achsfehlstellung, 60 Wochen Symptombdauer, Nurick 3, Karnofsky 50, VAS 80, Kraftgradminderung 3/5, klinische Myelopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, 1977 Diskektomie C4/5, 08/2001 Korporektomie C4 und C5
 26. weiblich, 83 Jahre, dislozierte Densfraktur (Typ Anderson II), 0 Wochen Symptombdauer, Nurick 5, Karnofsky 30, VAS 50, Pathologie anterior, Vorbehandlung Crutchfield-Extension
 27. weiblich, 23 Jahre, Osteoklastom C5, 12 Wochen Symptombdauer, Nurick 0, Karnofsky 90, VAS 30, Pathologie anterior, Vorbehandlung durch Wirbelkörperersatz C5 Tumorteilextirpation Beckenkamminterponat mit anteriorer Platte C4 - C6

28. weiblich, 73 Jahre, Metastase eines Mammakarzinom (Erstdiagnose 1995) C2, Zustand nach Neon C1 - C3, revisionsbedürftige Schraube C1 links, 50 Wochen Symptombdauer, Nurick 0, Karnofsky 80, VAS 80, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, konservative Vorbehandlung
29. männlich, 59 Jahre, zervikale Myelopathie bei zervikaler Stenose, 8 Wochen Symptombdauer, Nurick 5, Karnofsky 40, VAS 0, Kraftgradminderung 2/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior und posterior, konservative Vorbehandlung
30. weiblich, 55 Jahre, Metastase eines Kolonkarzinoms Th2, 5 Wochen Symptombdauer, Nurick 0, Karnofsky 90, VAS 80, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, konservative Vorbehandlung
31. weiblich, 80 Jahre, schwere zervikale Myelopathie bei absoluter Spinalkanalstenose C3 - C6, 50 Wochen Symptombdauer, Nurick 5, Karnofsky 40, VAS 10, Spastik, Kraftgradminderung 2/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, konservative Vorbehandlung
32. männlich, 61 Jahre, zervikale Myelopathie, zentrales Halsmarksyndrom, Laminektomie C3 - C5, 15 Wochen Symptombdauer, Nurick 3, Karnofsky 60, VAS 0, Spastik, Kraftgradminderung 3/5, klinische Myelopathie, Vorbehandlung konservativ und operativ im Ausland
33. weiblich, 78 Jahre, Luxationsfraktur C5/C6; zervikale Myelopathie, zentrales Halsmarksyndrom, Morbus Bechterew, 3 Wochen Symptombdauer, Nurick 1, Karnofsky 70, VAS 40, Kraftgradminderung 1/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, konservative Vorbehandlung
34. männlich, 32 Jahre, Polytrauma (Notarzteinsatzprotokoll), instabile C4 - C6 - Fraktur mit Wirbelbogenimpression in Höhe C5 links, 0 Wochen Symptombdauer, Nurick 5, Karnofsky 10, VAS keine Angabe (analgesiert), Kraftgradminderung 0/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Blasen- und Mastdarmfunktionsstörungen, Pathologie anterior und posterior
35. männlich, 72 Jahre, osteolytischer Wirbelkörperprozess in Höhe C2 und C3 mit Myelonomiepression (Tuberkulose), 4 Wochen Symptombdauer, Nurick 0, Karnofsky 80, VAS 70, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, konservative Vorbehandlung

36. männlich, 8 Jahre, ligamentäre Instabilität C1/2, 15 Wochen Symptombdauer, Nurick 1, Karnofsky 90, VAS 10, Pathologie anterior, Vorbehandlung konservativ, starre Zervikalorthese zur konsequenten Immobilisation
37. weiblich, 76 Jahre, Metastase eines Adenokarzinoms C7, 5 Wochen Symptombdauer, Nurick 1, Karnofsky 50, VAS 30, Kraftgradminderung 4/5, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, konservative Vorbehandlung
38. männlich, 67 Jahre, zervikale Myelopathie mit Stenose zwischen C3 - C7, kaudaler Schraubenausriß bei Plattenosteosynthese C4 - C7 bei Wirbelkörperresektion C5 und C6 und Wirbelkörperersatz durch Beckenkamminterponat 30.04.2003 und 20.06.2003, frustraner Revisionsversuch, 20 Wochen Symptombdauer, Nurick 3, Karnofsky 60, VAS 60, Kraftgradminderung 3/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior
39. weiblich, 62 Jahre, multiple spinale Metastasen und Spinalkanalstenose C7, 5 Wochen Symptombdauer, Nurick 0, Karnofsky 70, VAS 80, Kraftgradminderung 3/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, konservative Vorbehandlung durch Analgetika
40. männlich, 77 Jahre, zervikale Myelopathie, multisegmentale Spinalkanalstenose, 30 Wochen Symptombdauer, Nurick 5, Karnofsky 40, VAS 25, Spastik, Kraftgradminderung 3/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, konservative Vorbehandlung
41. weiblich, 59 Jahre, multiple spinale Metastasen mit intraspinaler Raumforderung C3/4, instabil, 3 Wochen Symptombdauer, Nurick 4, Karnofsky 70, VAS 40, Spastik, Kraftgradminderung 1/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, konservative Vorbehandlung
42. männlich, 46 Jahre, atlantoaxiale Instabilität bei Metastase C2, 52 Wochen Symptombdauer, Nurick 1, Karnofsky 80, VAS 30, Pathologie anterior, konservative Vorbehandlung mit Analgetika
43. männlich, 52 Jahre, Dislokation von Beckenkamminterponat und Verriegelungsplatte bei Zustand nach C5- und C6-Ersatz, 3 Wochen Symptombdauer, Nurick 4, Karnofsky 40, VAS 60, Kraftgradminderung 3/5, klinische Myelopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior

44. männlich, 77 Jahre, Instabilität bei Zustand nach anteriorem Wirbelkörperersatz C7 bei Plasmozytom, 3 Wochen Symptombdauer, Nurick 3, Karnofsky 70, VAS 30, Kraftgradminderung 4/5, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior
45. weiblich, 40 Jahre, zervikale Myelopathie bei Stenose des zervikalen Spinalkanal von C3/4 - C6/7, 16 Wochen Symptombdauer, Nurick 3, Karnofsky 60, VAS 40, Spastik, Kraftgradminderung 3/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, konservative Vorbehandlung
46. männlich, 61 Jahre, Luxationsfraktur C3/C4, M. Bechterew, 1 Woche Symptombdauer, Nurick 5, Karnofsky 20, VAS 30, Kraftgradminderung 1/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, Blasen- und Mastdarmfunktionsstörungen, Pathologie posterior und anterior, konservative Vorbehandlung
47. männlich, 63 Jahre, infektiöse Raumforderung (Spondylodiszitis) C3 - C5, 10 Wochen Symptombdauer, Nurick 5, Karnofsky 40, VAS 30, Kraftgradminderung 2/5, klinische Myelopathie, Pathologie anterior, konservative Vorbehandlung
48. weiblich, 78 Jahre, zervikale Stenose C4 - C7, 50 Wochen Symptombdauer, Nurick 4, Karnofsky 60, VAS 60, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, konservative Vorbehandlung
49. männlich, 49 Jahre, multisegmentale Stenose C3/4 - C6/7, 150 Wochen Symptombdauer, Nurick 4, Karnofsky 50, VAS 60, Kraftgradminderung 0/5, klinische Myelopathie, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Pathologie anterior, konservative Vorbehandlung
50. weiblich, 63 Jahre, Spondylodiszitis C4/5, 22 Wochen Symptombdauer, Nurick 3, Karnofsky 60, VAS 30, klinische Myelopathie, Pathologie anterior und posterior, konservative Vorbehandlung
51. männlich, 62 Jahre, mehrsegmentale Stenose C3 - C5, 8 Wochen Symptombdauer, Nurick 3, Karnofsky 70, VAS 0, klinische Myelopathie, Pathologie anterior und posterior, konservative Vorbehandlung
52. weiblich, 84 Jahre, C6 - Fraktur und diskoligamentäre Instabilität C6/7, Contusio spinalis, 2 Wochen Symptombdauer, Nurick 1, Karnofsky 60, VAS 40, Kraftgradminderung 4/5, Radikulopathie, radikuläre Hypästhesie, Blasen- und Mastdarmfunktionsstörungen, Pathologie anterior und posterior, konservative Vorbehandlung
53. weiblich, 78 Jahre, multisegmentale Spondylodiszitis bei Psoasabszess; C5 - C6, Th9 - Th12, L1 - L4, 9 Wochen Symptombdauer, Nurick 4, Karnofsky 70, VAS 80, Radikulo-

pathie, Blasen- und Mastdarmfunktionsstörungen, Pathologie anterior, Vorbehandlung Drainage von Psoasabszess

54. männlich, 89 Jahre, Materialdislokation nach Böhlerverschraubung bei Densfraktur mit atlantoaxialer Instabilität wegen Osteoporose, 1 Woche Symptumdauer, Nurick 4, Karnofsky 60, VAS 10, Kraftgradminderung 2/5, klinische Myelopathie, Pathologie anterior

2.2 Patientencharakteristik

54 Patienten (männlich=31, weiblich=23, Altersmedian 63 Jahre) mit degenerativen (n=25), neoplastischen (n=14), traumatischen (n=11) oder infektiösen (n=4) Pathologien und einer medianen Symptumdauer von 12 Wochen (0-300 Wochen) wurden mit dem Neon[®] Occipito-Cervical System zwischen Juli 2001 und Dezember 2003 behandelt (Tabelle 5). Daten wurden bis März 2004 gesammelt, die Auswertung begann im Anschluss daran. Durchgeführt wurden primäre posteriore Instrumentierungen (n=40), sekundäre posteriore Instrumentierungen nach vorausgegangener Dekompression und anschließender kyphotischer Instabilität (n=2) und sekundäre posteriore Instrumentierungen nach anteriorer Instrumentierung (n=12). Tabelle 6 zeigt die Indikationen im Detail, die zur posterioren Instrumentierung in diesem Patientenkollektiv geführt haben. Wir unterscheiden und differenzieren hier vereinfachend in traumatische, neoplastische, degenerative und infektiöse Pathologien, die einer operativen Intervention mit primärer oder sekundärer posteriorer Stabilisierung durch das Neon[®] Occipito-Cervical System bedurften. Der Anteil der Patienten mit signifikanter Komorbidität beträgt über 70 % (Diabetes mellitus, chronische Polyarthritits, kardiopulmonale Insuffizienz, systemische Tumorerkrankungen, systemische Infektionen, hochgradige Adipositas).

Tabelle 5

Zusammenfassung von demographischen Merkmalen der Patienten, die über einen posterioren Zugang mit dem Neon® Occipito-Cervical System stabilisiert wurden.

Merkmale	n-Anzahl
Anzahl der Patienten	54
Geschlecht (männlich/weiblich)	31/23
Alter (Jahre)	
Median	63
Minimum-Maximum	8-89
≥ 65	32
≥ 70	19
≥ 80	6
Erkrankung	
degenerativ	25
neoplastisch	14
traumatisch	11
infektiös	4
Symptombdauer bis OP (Wochen)	
Median	12
Minimum-Maximum	0-300
Anzahl von fusionierten Segmenten/Patient	
Median	4
Minimum-Maximum	1-6
vorausgegangene operative Behandlung	
anteriöerer Zugang	12
posteriöerer Zugang	2

Tabelle 6**Indikationen für die posteriore Instrumentierung mit dem Neon® Occipito-Cervical System**

Erkrankung	Indikation
degenerativ	<ul style="list-style-type: none"> - mehrsegmentale Pathologie (≥ 3 Bewegungssegmente), kombiniert mit Laminektomie bei Streckfehlstellung oder bei kyphotischer Fehlstellung der Halswirbelsäule - nach anteriorer Korporektomie, wenn Instabilität erwartet wird - Materialversagen nach Korporektomie (in Kombination mit anteriorer Revision) - symptomatische kyphotische Deformität im Verlauf nach Laminektomie
neoplastisch	<ul style="list-style-type: none"> - palliativ bei drohender Instabilität/Fraktur - posteriore oder kombinierte anteriore - posteriore Pathologie
traumatisch	<ul style="list-style-type: none"> - kombinierte anteriore - posteriore Pathologie - Kettenfrakturen (kombiniert mit anteriorer Instrumentierung) - den Spinalkanal einengendes Knochenfragment - Diskoligamentäre Instabilität C1/2 - nicht fusionierte Dens-Fraktur Type II nach Anderson (als Therapieoption der 2. Wahl)
infektiös	<ul style="list-style-type: none"> - mehrsegmentale Pathologie (≥ 3 Bewegungssegmente) - intraspinales Empyem und neurologisches Defizit

2.3 Untersuchungs- und Bewertungsgrundlage

Die Patienten wurden einer körperlichen Untersuchung unterzogen, und die jeweilige Schmerzintensität wurde mit Hilfe der visuellen Analogskala (VAS) dokumentiert, hier entsprechen 0 Punkte der Schmerzfreiheit und 10 Punkte der schlimmst möglichen Schmerzausprägung. Das Ausmaß der Myelopathie wurde mit der Nurick Skala (Tabelle 7) erfasst (Nurick, 1972). Grad 0 entspricht rein radikulären Beschwerden ohne Hinweis auf eine Myelopathie. Grad 1 entspricht einer Myelopathie ohne Gangstörung. Grad 2 entspricht leichten Gangstörungen ohne Einschränkung der Arbeitsfähigkeit. Bei Grad 3 ist der Patient hinsichtlich der Arbeitsfähigkeit eingeschränkt und hat deutliche Gangstörungen. Grad 4 entspricht einer Gangstörung, bei der der Patient auf eine Gehhilfe angewiesen ist. Grad 5 bedeutet, dass der Patient bettlägerig oder auf einen Rollstuhl angewiesen ist. Die Graduierung des körperlichen funktionellen Status erfolgte anhand der modifizierten Karnofsky Skala (Karnofsky, 1949) (Tabelle 8). Hier werden krankheitsbedingte körperliche Funktionseinschränkungen, die Einfluss auf die Alltagsbewältigung, Selbständigkeit und Mobilität haben, in 10er-Schritten mit 0 (tot) bis 100 Punkten (keine Einschränkung und kein Anzeichen einer Erkrankung) bewertet.

Präoperativ wurden Röntgenuntersuchungen anterior-posterior und seitlich, ein Computertomogramm und – falls erforderlich – eine MRT oder eine Myelographie der zervikalen und oberen thorakalen Wirbelsäule durchgeführt. Direkt postoperativ wurde eine CT-Kontrolle durchgeführt, um die Lage des eingebrachten Implantatmaterials und gegebenenfalls die durchgeführte Dekompression zu kontrollieren. Postoperativ und zu jeder Verlaufskontrolle wurden Röntgenuntersuchungen in zwei Ebenen, anterior-posterior und seitlich, wiederholt. Außerdem beantworteten die Patienten den im folgenden Kapitel vorgestellten SF („short form“-)36-Fragebogen zu vorab festgesetzten Zeitpunkten (präoperativ, postoperativ, nach 3, 6, 12, 24 Monaten). Der SF-36-Test verfolgt zwei Gesundheitsaspekte: die mentale und die physische Gesundheit. In Abhängigkeit von durchgeführten Therapiemaßnahmen können Veränderungen der mentalen und physischen Gesundheit beobachtet und dokumentiert werden. Losgelöst von objektivierbaren Untersuchungsmethoden kann so erfasst werden, ob eine ergriffene Therapiemaßnahme die Lebenszufriedenheit eines Patienten verbessert hat.

Tabelle 7**Einteilung nach Nurick (Nurick, 1972)**

Grad 0	Radikuläre Symptomatik, keine Zeichen der Myelonbeteiligung
Grad I	Zeichen der Myelonbeteiligung, keine Gangstörung
Grad II	Leichte Gangstörung, voll arbeitsfähig
Grad III	Mäßige Gangstörung, keine Gehhilfen, eingeschränkt arbeitsfähig
Grad IV	Gehen nur mit Unterstützung möglich
Grad V	Bettlägerig, auf Rollstuhl angewiesen

Tabelle 8**Einteilung nach Karnofsky, modifiziert (Karnofsky, 1949)**

Index / Punktwert	Funktion
100	Normalzustand, keine Beschwerden, keine manifeste Erkrankung
90	minimale Krankheitssymptome
80	normale Leistungsfähigkeit mit Anstrengung
70	eingeschränkte Leistungsfähigkeit, arbeitsunfähig, kann sich alleine versorgen
60	gelegentliche fremde Hilfe
50	krankenpflegerische und ärztliche Hilfe, nicht dauernd bettlägerig
40	bettlägerig, spezielle Pflege erforderlich
30	schwerkrank, Krankenhauspflege notwendig
20	Krankenhauspflege und supportive Maßnahmen erforderlich
10	moribund, Krankheit schreitet schnell fort
0	Tod

2.4 SF-36-Test

(Ware et al., 2000, 2001)

Medizinischer Behandlungserfolg muss sich daran messen lassen, ob durch eine bestimmte Prozedur auch eine Verbesserung der Lebensqualität im Vergleich zur Nichtbehandlung oder zum Zustand vor der Behandlung erreicht werden kann. Studien zur Bewertung von Behandlungsergebnissen sind dabei unter anderem auch wichtig für die Dokumentation von ökonomischer Effizienz im Gesundheitswesen.

Der SF-36-Test besteht aus 36 Items, die sich 9 Konzepten zuordnen lassen (Tabelle 9). Von diesen 9 Konzepten können 8 Konzepte (35 Items) mit unterschiedlicher Gewichtung 2 Komponenten zugeordnet werden: dem körperlichen Gesundheitsaspekt (PCS) und dem mentalen Gesundheitsaspekt (MCS), die zusammen in der Lage sind, Lebensqualität und Lebenszufriedenheit zweidimensional gut zu beschreiben (Tabelle 10). Das mit 1 Item (laufende Item-Nummer 2) repräsentierte Konzept „Veränderung der Gesundheit/TEND“ ist eigenständig und unabhängig von PCS und MCS. In der Trennung zwischen physischer und mentaler Situation zeigt sich die Stärke des SF-36-Tests. Der Test ist altersunabhängig, nicht-krankheitsspezifisch und nicht-behandlungsspezifisch. Bewertungen an einer Patientengruppe über die Zeit sind ebenso möglich wie die vergleichende Bewertung unterschiedlicher Patientengruppen. Jedes Konzept mit Ausnahme des Konzepts „TEND“ korreliert mit PCS und MCS positiv oder negativ. Eine Reduktion von 36 Items über 8 Konzepte auf letztendlich 2 Komponenten ist ohne nennenswerten Verlust an Informationsqualität möglich. Die Erhebung des SF-36-Fragebogens ist als direktes Interview, Selbstbefragung ab 14 Jahren, Telefoninterview oder E-Mail möglich und nicht ortsgebunden. Die Testdurchführung und Auswertung ist gut standardisiert. Jedes Item geht in nur ein Konzept ein. Jedes Konzept mit Ausnahme von „TEND“ ist mit jeder Komponente korreliert – hoch signifikant oder gering. 3 Konzepte korrelieren hoch mit PCS und 2 mit MCS; für insgesamt 3 Konzepte gibt es Mischkorrelationen. Jede Komponente kann zu 75 % durch nur 2 Konzepte wiedergegeben werden. Reliabilität und Validität sind erwiesenermaßen gut. Interkulturelle Unterschiede wiegen prinzipiell schwerer als Alter, Geschlecht und sozialer Status. Diese Berechnungen wurden in verschiedenen Ländern durchgeführt (DK, FRA, GER, IT, NL, NOR, ESP, SW, UK, USA), mit kulturabhängigen geringen Unterschieden in der Korrelation, mit der die Konzepte in die Komponenten eingehen.

Nach Transformation der Komponenten um einen Mittelwert von 50 ± 10 SD ist es möglich, Zufriedenheit und Wohlfühl quantitativ auszudrücken. Werte über 50 bedeuten, dass es einer Person/Gruppe subjektiv besser geht als der Normbevölkerung; Werte unter 50 bedeuten, es geht einer Person/Gruppe subjektiv schlechter als der Normbevölkerung.

Tabelle 9
Konzept – Item-Anzahl – Anzahl der Abstufung – Beschreibung

Konzepte	Item-Anzahl	Anzahl der Stufen	Beschreibung des Konzeptes
Körperliche Funktionsfähigkeit (KÖFU)	10	21	Ausmaß, in dem der Gesundheitszustand körperliche Aktivitäten, wie Selbstversorgung, Gehen, Treppensteigen, Bücken, Heben und mittelschwere oder anstrengende Tätigkeiten beeinträchtigt
Körperliche Rollenfunktion (KÖRO)	4	5	Ausmaß, in dem der körperliche Gesundheitszustand die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigt, z.B. weniger schaffen als gewöhnlich, Einschränkungen in der Art der Aktivitäten, oder Schwierigkeiten, bestimmte Aktivitäten auszuführen
Körperliche Schmerzen (SCHM)	2	11	Ausmaß an Schmerzen und Einfluss der Schmerzen auf die normale Arbeit, sowohl im als auch außerhalb des Hauses
Allgemeine Gesundheitswahrnehmung (AGES)	5	21	Persönliche Beurteilung der Gesundheit, einschl. aktueller Gesundheitszustand, zukünftige Erwartungen und Widerstandsfähigkeit gegenüber Erkrankungen
Vitalität (VITA)	4	21	Sich energiegeladener und voller Schwung fühlen, versus müde und erschöpft
Soziale Funktionsfähigkeit (SOFU)	2	9	Ausmaß, in dem die körperliche Gesundheit oder emotionale Probleme normale soziale Aktivitäten beeinträchtigen
Emotionale Rollenfunktion (EMRO)	3	4	Ausmaß, in dem emotionale Probleme die Arbeit oder andere tägl. Aktivitäten beeinträchtigen - unter anderem weniger Zeit aufbringen, weniger schaffen und nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten
Psychisches Wohlbefinden (PSYC)	5	26	Allgemeine psychische Gesundheit, einschl. Depression, Angst, emotionale und verhaltensbezogene Kontrolle, allgemeine positive Gemütsstimmung
Veränderung der Gesundheit (TEND)	1	5	Beurteilung des aktuellen Gesundheitszustandes im Vergleich zum vergangenen Jahr

Tabelle 10
Konzept – Gesundheitsaspekt

Konzept	Gesundheitsaspekt
Körperliche Funktionsfähigkeit (KÖFU)	Körperliche Gesundheit (PCS)
Körperliche Rollenfunktion (KÖRO)	
Körperliche Schmerzen (SCHM)	
Allgemeine Gesundheitswahrnehmung (A-GES)	
Vitalität (VITA)	Seelische Gesundheit (MCS)
Soziale Funktionsfähigkeit (SOFU)	
Emotionale Rollenfunktion (EMRO)	
Psychisches Wohlbefinden (PSYC)	
Veränderung der Gesundheit (TEND)	

2.5 Operatives Procedere

Die posteriore Instrumentierung wurde in Intubationsnarkose durchgeführt. Die Patienten wurden in Bauchlage auf einer Gelmatte gelagert, die Brust und Becken unterstützt. Der Kopf wurde wahlweise in einer Mayfieldklemme oder in einer halboffenen Kopfringstütze fixiert. Die Arme wurden unter leichtem kontinuierlichem Zug nach kaudal fixiert, um eine bestmögliche intraoperative Durchleuchtung zu ermöglichen. Prophylaktisch wurden einmalig 2 g Cefazolin bzw. 600 mg Clindamycin bei Penicillinallergie 30 min vor OP-Beginn infundiert. Haarrasur in der Mittellinie falls notwendig. Nach medianem Hautschnitt wurde die paravertebrale Muskulatur stumpf von den posterioren Wirbelsäulenstrukturen bis zu den lateralen Rändern der Gelenkfortsätze abgelöst. Anschließend wurden die entsprechenden Schrauben (siehe unten – Neon[®] Occipito-Cervical System) unter Bildwandler- und anatomischer Landmarkenkontrolle eingebracht. Bevor die Fusion und die Stabilisierung durch das Stabsystem durchgeführt wurden, erfolgte gegebenenfalls die posteriore Dekompression (Laminektomie, Hemilaminektomie, Laminoplastie) unter Zuhilfenahme einer Hochgeschwindigkeitsfräse und von Kerrison-Stanzen

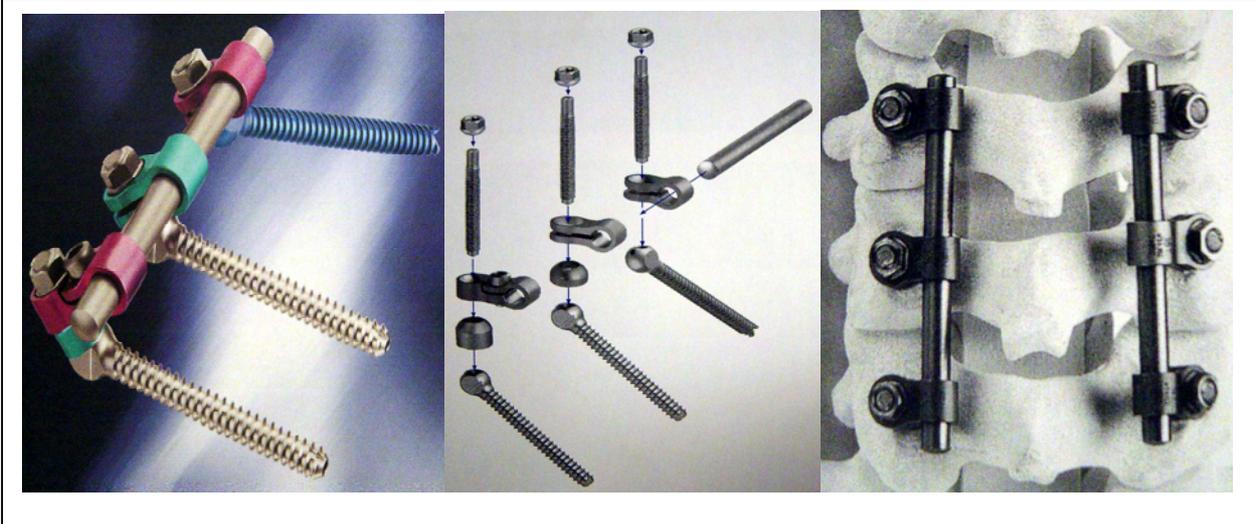
unterschiedlicher Größe. Im Anschluss wurden 2 Vakuum-Wunddrainagen subfaszial eingebracht und die Wunde schichtweise verschlossen.

2.6 Neon[®] Occipito-Cervical System

Das seit 2000 verfügbare Neon[®] Occipito-Cervical System (Abbildung 11) ist ein neuartiges aus einer Titanium-Legierung gefertigtes, modulares System, dessen instrumentelle Details bereits ausgiebig beschrieben wurden (Huch et al., 2004; Richter et al., 2000; Richter et al., 2002a, 2002b; Richter et al., 2005). Es besteht aus einem breiten Spektrum von verschiedenen Schrauben, die neben Pedikelschrauben eine Fixierung am Okziput, den Massae laterales von C1 bis Th1, und an C1/2 transartikulär erlauben. Zugelassen ist das System zur Instrumentierung von C0 bis mittlerweile Th8. Alle Schrauben mit Ausnahme der Okzipitalschrauben sind kanüliert und können über 4,5 mm Längsbrücken mittels Konnektoren unterschiedlicher Länge verbunden werden. Weiterhin können Atlashaken in Kombination mit C1/2 transartikulären Schrauben benutzt werden. 3-Punktstützungen mit autologen Knochenimplantaten und Cerclagen-Verbindungen, wie sie über lange Zeit erforderlich waren (Callahan et al., 1977; Goel et al., 1994; Grob et al., 1990; Grob et al., 1991; Grob et al., 1994; Perry, 1959; Sonntag et al., 1991; Wertheim et al., 1987) werden so überflüssig. Das System ist voll CT-navigationstauglich. Die Navigation soll eine präzisere Schraubenplatzierung ermöglichen und durch größere Sicherheit die Instrumentierung erleichtern. Die Zuhilfenahme von Computernavigation und, falls vorhanden, intraoperativer ISO-C-3D-Bildgebung durch Bildwandler hilft, das Risiko schwerwiegender neurogener und vaskulärer Komplikationen durch Schraubenfehlagen zu reduzieren. Computernavigation soll laut Forderung einiger Autoren insbesondere für die transartikuläre Verschraubung C1/2 als Standard etabliert werden. Allerdings verlängert sich hierdurch die OP-Zeit (Arand et al., 2001; Hott et al., 2004a, 2004b; Richter et al., 2000; Richter et al., 2002; Richter et al., 2004).

Abbildung 11

Das Neon[®] Occipito-Cervical System ist hier beispielhaft im Bereich der mittleren Halswirbelsäule mit Pedikelschrauben instrumentiert dargestellt



2.7 Datenauswertung

Um den Einfluss des operativen Vorgehens mit posteriorer Stabilisierung durch das Neon[®] Occipito-Cervical System auf die Untersuchungsparameter zu untersuchen, wurden die Daten vor dem Eingriff, bei Entlassung und der letzten Verlaufsuntersuchung mithilfe des „Wilcoxon-Test“ für abhängige Stichproben verglichen. Dieser Test ist als nichtparametrisches Testverfahren geeignet, aus einer Grundgesamtheit ein Merkmal zu betrachten, dessen Verteilung durch die stetige und symmetrische Verteilungsfunktion beschrieben wird, die aber keine Normalverteilung zu sein braucht. Hier wird geprüft, ob ein Erwartungswert der Verteilung mit einem vorgegeben Wert übereinstimmt. Die Daten werden als Mittelwert bzw. Median plus/minus mittlerer Standardfehler des Mittelwerts (SEM) angegeben. Eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ ist erforderlich, um die Null-Hypothese zu verwerfen und einen statistisch signifikanten Unterschied aufzuzeigen (Heinecke et al., 1992).

3 Ergebnisse

Von 54 Patienten, die mit dem Neon[®] Occipito-Cervical System versorgt wurden, gingen 6 Patienten für die Verlaufskontrolluntersuchungen verloren, da sie nur zur Operation über die jeweiligen ausländischen Botschaften zugewiesen wurden. 2 Patienten verstarben innerhalb der ersten 30 postoperativen Tage, und zwar eine 79-jährige Patientin aufgrund eines Mesenterialarterieninfarktes und ein 58-jähriger Patient aufgrund einer Sepsis nach Verletzung des Hypopharynx während des ventralen Eingriffs. 7 Patienten verstarben vor Verlaufskontrolluntersuchungen an Tumorprogress. Die Datenerhebung war bei 34 der verbleibenden 39 Patienten vollständig (87 %). Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum beträgt $9 \pm 1,1$ Monate. Bei 54 durchgeführten Operationen (mittlere OP-Zeit: 166 ± 7 Minuten) wurden 315 Schrauben ($6 \pm 1,4$ /Patient) in 159 Wirbelkörper implantiert, um 1-6 Segmente ($3 \pm 0,2$) zu stabilisieren. Abbildung 12 illustriert die Häufigkeit der instrumentierten Höhen zwischen C0 und Th5 mit einer klaren Dominanz der Segmente C3 bis Th1. Jenseits dieser Segmente bestand relativ selten die Indikation für eine posteriore Instrumentierung. Der Spinalkanal wurde bei 30 Patienten eröffnet. 25 davon wurden laminektomiert, 4 hemilaminektomiert und bei einem Patienten wurde eine Laminoplastie durchgeführt. Tabelle 13 führt die prozedurassoziierten Komplikationen auf. Die Schraubenlage wurde in 9 Fällen als suboptimal oder revisionsbedürftig (=Kortikalisverletzung) definiert. Von diesen mussten 5 Schrauben revidiert werden. Grundlage für die Entscheidung war der radiologische Befund mit dem Verdacht auf nicht suffiziente Stabilität oder mögliche Nervenwurzel- oder Myelonirritationen. Bei einem Patienten waren beide Pedikelschrauben zu wenig konvergent eingebracht, so dass eine beidseitige Okklusion der Arteria vertebralis im Foramen transversarium resultierte. Da der Patient bei guter und angiographisch gesicherter Kollateralisation und suffizientem Circulus arteriosus Willisii neurologisch unauffällig war, wurden die Schrauben in situ belassen. Eine epifasziale Wundinfektion musste bei einem chronisch Cortison-behandelten Patienten revidiert werden. Ein pneumektomierter Patient hatte eine verlängerte Entwöhnungsphase vom Beatmungsgerät, bedingt durch eine beginnende Pneumonie. Außerdem beobachteten wir ein Materialversagen: 6 Monate postoperativ kam es bei einem Patienten zu einer Dislokation der Atlasklammer, die zu einer Revisions-OP führte, bei der die dislozierte Klammer durch eine Massa-lateralis-Schraube in C1 ersetzt wurde. Es kam zu keinem signifikanten Korrekturverlust in der sagittalen Achsausrichtung. Es wurde kein Materialbruch der implantierten Hardware innerhalb des Beobachtungszeitraumes beobachtet. Die Morbidität und Unabhängigkeit des Patienten, beurteilt mit

dem Karnofsky Index (Abbildung 15), und das subjektive Schmerzempfinden, beurteilt mit der visuellen Analogskala (Abbildung 14), konnten durch das operative Vorgehen signifikant verbessert werden von VAS $4\pm 2,5$ präoperativ auf VAS $1,7\pm 1,1$ postoperativ und verbesserten sich zudem im weiteren postoperativen Verlauf bis zur letzten Nachuntersuchung auf VAS $0,5\pm 0,8$ (Abbildung 14). Der Karnofsky Index zeigt eine Verbesserung von präoperativ 60 ± 19 auf postoperativ $70\pm 20,3$ Punkte und bis auf $80\pm 16,4$ Punkte bei der letzten Nachuntersuchung. Nur bei 2 Patienten zeigte sich postoperativ eine Verschlechterung der Mobilität von vorübergehend Nurick 3 auf 4 und von Nurick 4 auf 5 (Abbildung 16). Von der präoperativen Datenerhebung über die postoperative Datenerhebung bis zur letzten Nachuntersuchung verbesserte sich die myelopathische Gangunsicherheit bei dem Patientenkollektiv von Nurick $3\pm 1,7$ über Nurick $2,7\pm 1,7$ auf Nurick $2,3\pm 1,6$. Diese geringe Verbesserung der Gehfähigkeit und Mobilität erreicht aber keine statistische Signifikanz (Abbildung 16).

Abbildung 12

Häufigkeitsverteilung der instrumentierten Wirbelsäulensegmente (C0 - Th5)

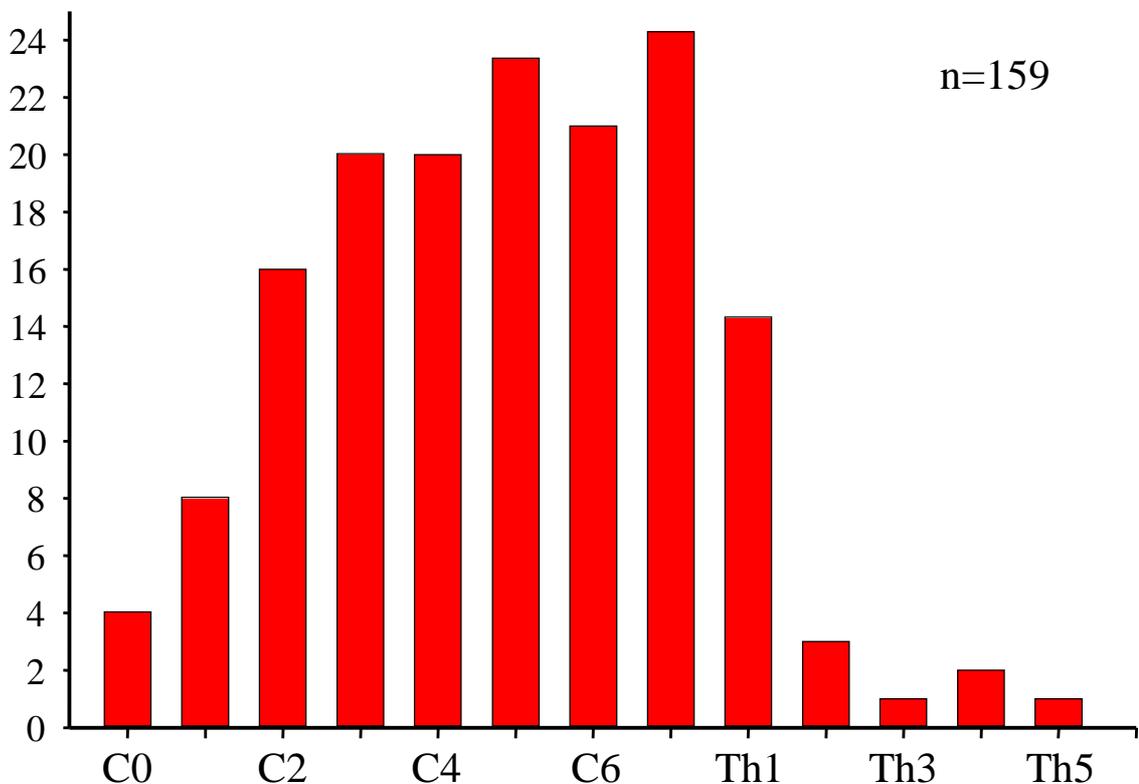


Tabelle 13

Summe und Inzidenz von prozedurassoziierten Komplikationen

Komplikation	n-value	Inzidenz (%)
suboptimale Schraubenposition (auf postop. CT)	9	2,8
revidierte Schrauben (asymptomatisch)	5	1,6
bilaterale Vertebralarterien-Okklusion (asymptomatisch)	1	1,9
Wundinfektion (epifascial)	1	1,9
prolongierte postoperative Beatmung	1	1,9
Dislokation von Atlasklammern (asymptomatisch)	1	1,9

Abbildung 14**VAS – Visuelle Analogskala**

SEM: Standardfehler des Mittelwerts

prä-op: präoperativ

post-op: postoperativ

letzte U: letzte Nachuntersuchung

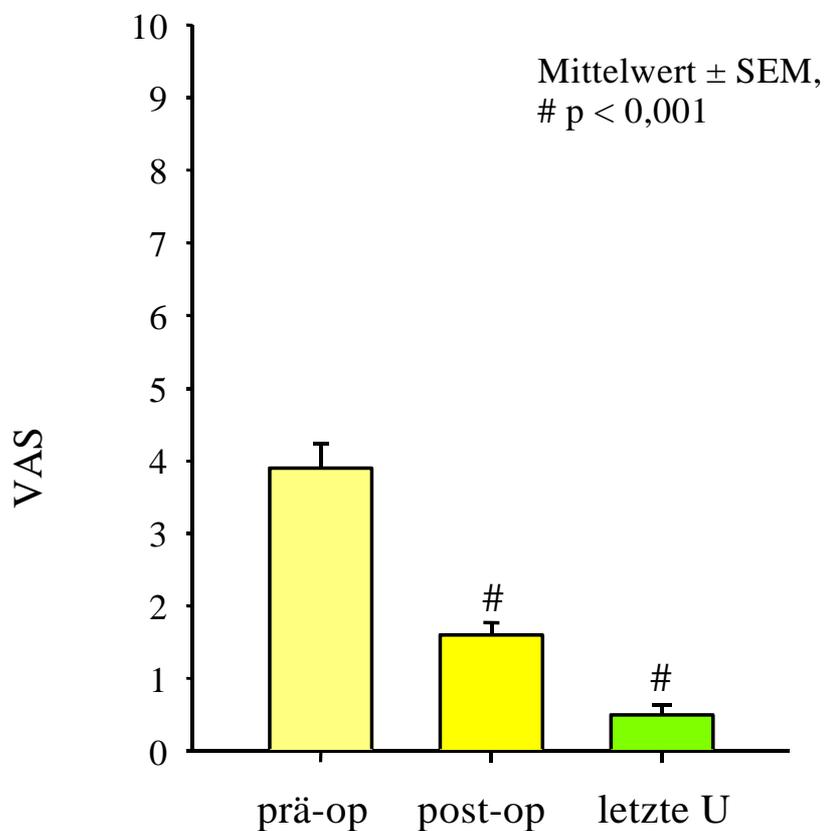


Abbildung 15

Karnofsky Index

SEM: Standardfehler des Mittelwerts

prä-op: präoperativ

post-op: postoperativ

letzte U: letzte Nachuntersuchung

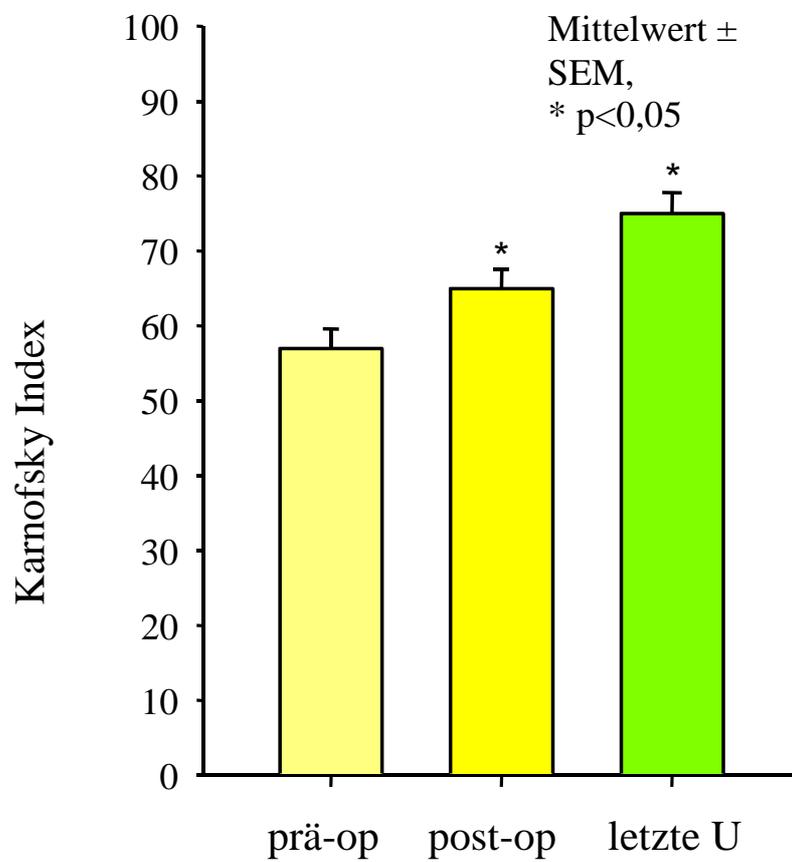


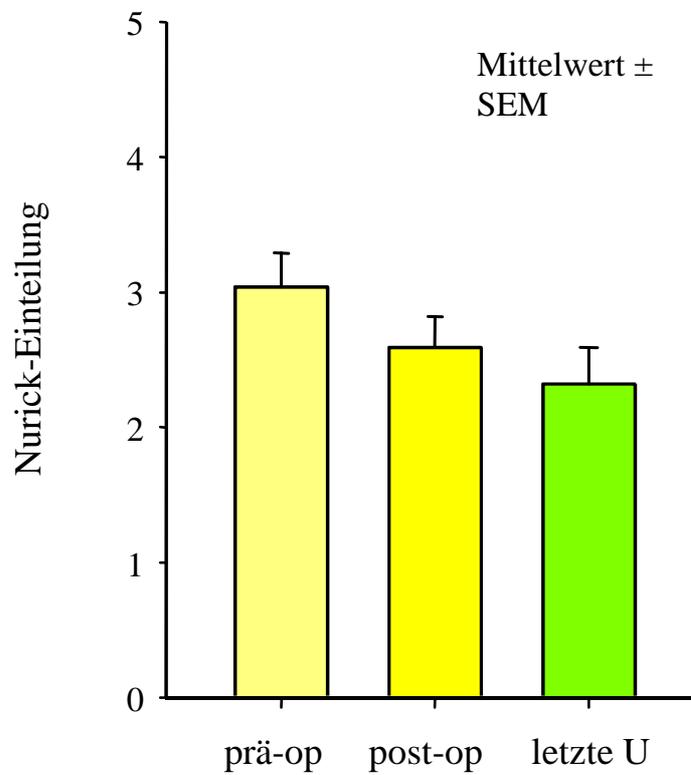
Abbildung 16**Nurick-Einteilung von 0-5**

SEM: Standardfehler des Mittelwerts

prä-op: präoperativ

post-op: postoperativ

letzte U: letzte Nachuntersuchung



Die Ergebnisse der SF-36-Befragung sind in einer dichotomisierten Darstellung zusammengefasst zu einer mentalen und physischen Gesundheitskomponente (Abbildung 17). Beide Komponenten zeigen eine signifikante Verbesserung der subjektiv bewerteten Gesundheit zwischen der präoperativen und der letzten postoperativen Nachuntersuchung.

Die absoluten Zahlen sind letztlich so zu verstehen, dass ein ermittelter Wert von 50 bedeutet, dass die subjektiv ermittelte und gefühlte Gesundheit einem Wert entspricht, wie er in einer repräsentativen Normalbevölkerung ermittelt wurde, die sowohl aus gesunden als auch zu einem gewissen Prozentsatz aus erkrankten Individuen besteht. Ein solch repräsentativer Wert berücksichtigt sowohl Alterstruktur, Gesundheitsstruktur als auch interkulturelle Unterschiede innerhalb einer Normbevölkerung. Eine Abweichung von 10 Punkten von der Norm (50 Punkte) bedeutet hier eine Verschiebung der gefühlten Gesundheit, gemessen an der Normalbevölkerung, um eine Standardabweichung. Werte >50 entsprechen einem relativ besseren Gesundheitsempfinden und Werte <50 entsprechen einem relativ schlechteren Gesundheitsempfinden. Präoperativ ist für die mit dem Neon[®] Occipito-Cervical System operierten Patienten ein physischer Gesundheitsaspekt (PCS)-Wert von 34,47 im „norm-based scoring“ ermittelt worden und ein mentaler Gesundheitsaspekt (MCS) von 44,17. Postoperativ wurde ein PCS von 43,67 und ein MCS von 50,54 errechnet. Der um mehr als eine Standardabweichung von der Normbevölkerung abweichende präoperative PCS-Wert ist Ausdruck einer starken körperlichen Funktionseinschränkung, verursacht durch die vorbestehende Erkrankung an der Halswirbelsäule und auch durch Komorbidität. Ebenso ist der MCS präoperativ unterhalb der Norm, wenn auch nicht so diskrepant abweichend von der Norm wie der PCS.

Postoperativ wird eine signifikante Verbesserung des PCS auf 43,67 und des MCS auf 50,54 gefunden. Das bedeutet, der postoperativ subjektiv eingeschätzte mentale Gesundheitszustand entspricht dem Mittelwert in der Normalbevölkerung, während der physische Gesundheitszustand noch subnormal ist.

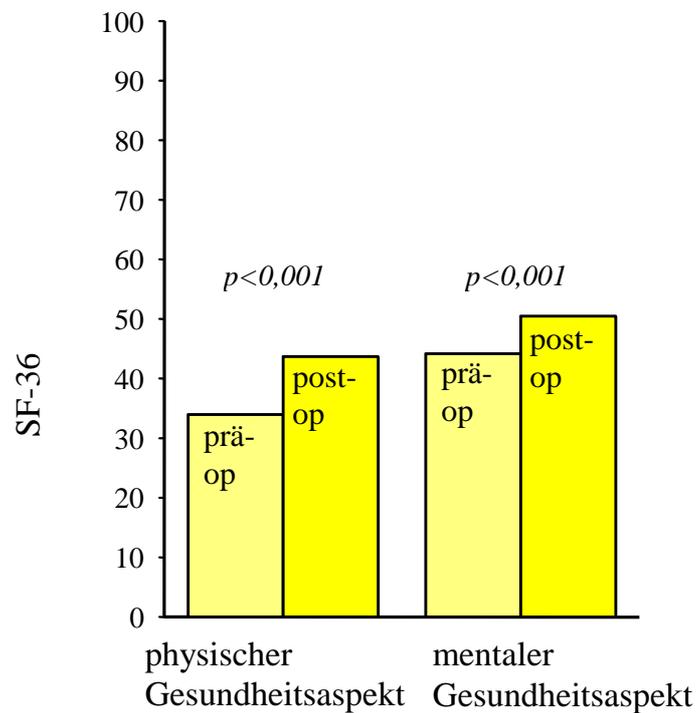
Abbildung 17**SF 36 – „norm-based scoring“**

SEM: Standardfehler des Mittelwerts

prä-op: präoperativ

post-op: postoperativ

letzte U: letzte Nachuntersuchung

**3.1 Fallbeispiele**

Im Folgenden werden 4 Fallbeispiele für die Anwendung des Neon[®] Occipito-Cervical System präsentiert, um die Vielseitigkeit und Flexibilität dieses Systems zu verdeutlichen.

Fallbeispiel 1

Präoperativer Status: 80-jährige Patientin mit hochgradig ausgeprägter Myelopathie (Nurick Grad 5) und relevanten Begleiterkrankungen (Herzinfarkt und Diabetes mellitus), Karnofsky 40, VAS 10.

Bild a) T2-gewichtetes MRT zeigt eine zervikale Myelomalazie und eine multisegmentale zervikale Spondylosis mit hieraus resultierender Stenose von C3/4 bis C6/7 mit einem Kontraststop bei C3/4 in der Myelographie.

Chirurgische Therapie: Dekompressive Laminektomie C3 - C6, posteriore Stabilisierung von C2 (Pedikelschrauben) über C5 bis C7 (Massa-lateralis-Schrauben) verbunden mit 4,5 mm Stabsystem (OP-Zeit 115 Min.).

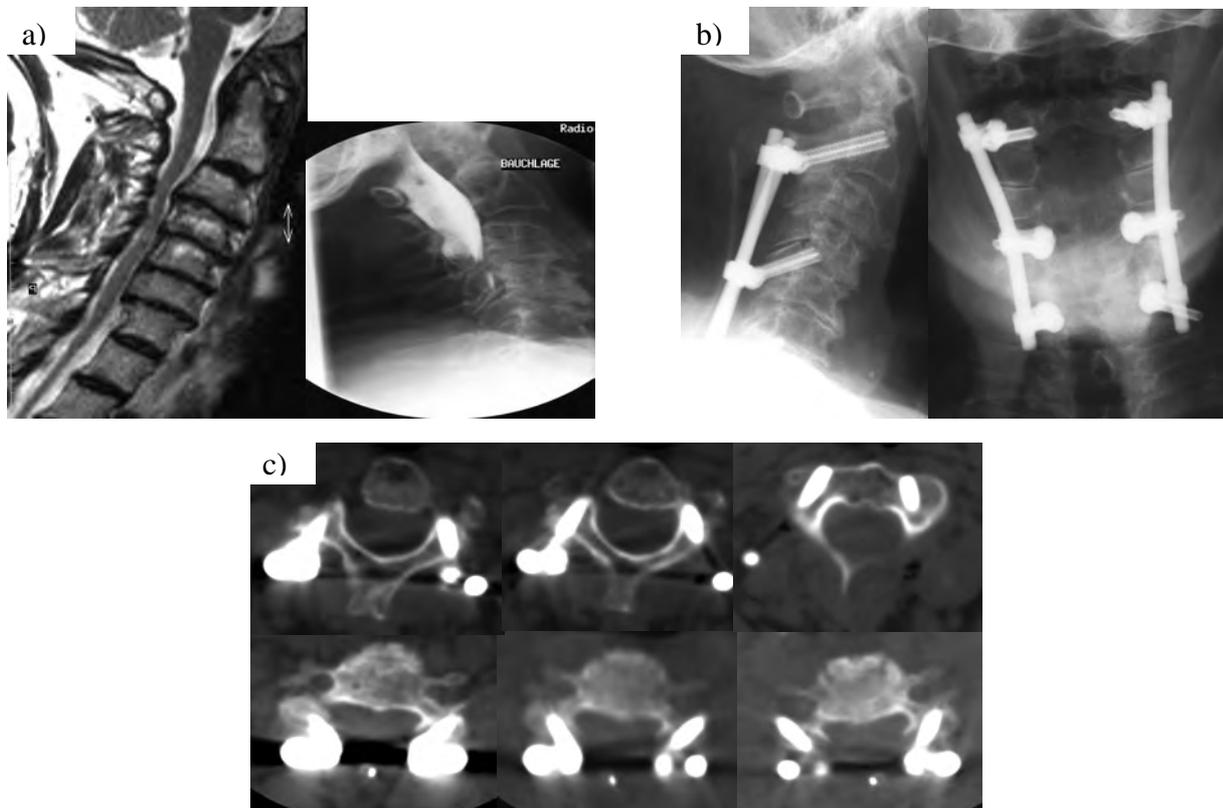
Bild b) Postoperative Röntgenaufnahme.

Bild c) CT-Scan zeigt zufriedenstellendes Alignment der Halswirbelsäule und korrekte Positionierung der Pedikelschrauben in C2 (oben) und Massa-lateralis-Schrauben in C5 und C7 (unten).

Postoperativer Status: Verbesserung der Mobilität bei der Patientin auf Nurick 4 innerhalb weniger Tage und Stabilisierung auf diesem Level bis zur letzten Nachuntersuchung 15 Monate postoperativ (Karnofsky 50, VAS 5), radiologisch kein Hinweis auf Instabilität.

Abbildung 18 : Bild a-c)

Bildgebung durch MRT, zervikale Myelographie, Röntgen HWS in 2 Ebenen, CT-HWS



Fallbeispiel 2

Präoperativer Status: 38-jährige Patientin mit einem 16-jährigen Krankheitsverlauf von chronischer Polyarthrits mit Zervikobrachialgien und nuchaler Hypästhesie. Nebenbei leidet die Patientin an häufig wiederkehrender Pleuritis und Perikarditis mit paroxysmaler Tachykardie.

Bild a) T2-gewichtetes MRT und sagittale CT-Rekonstruktion zeigen eine atlantoaxiale Instabilität mit tiefgreifender rheumatoider Pannusbildung im Atlantodentalgelenk mit nachfolgend atlantoaxialer Subluxation.

Chirurgische Therapie: Offene Revision der Subluxation und posteriore Fixation C1 gegen C2 mit Massa-lateralis-Schrauben, C2 Isthmus-Schrauben und einer posterioren interspinösen Fusion mit autologem Beckenkamm (OP-Zeit 205 Minuten).

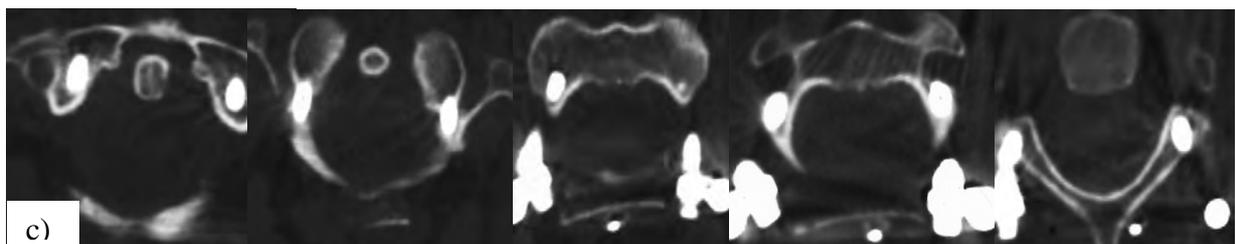
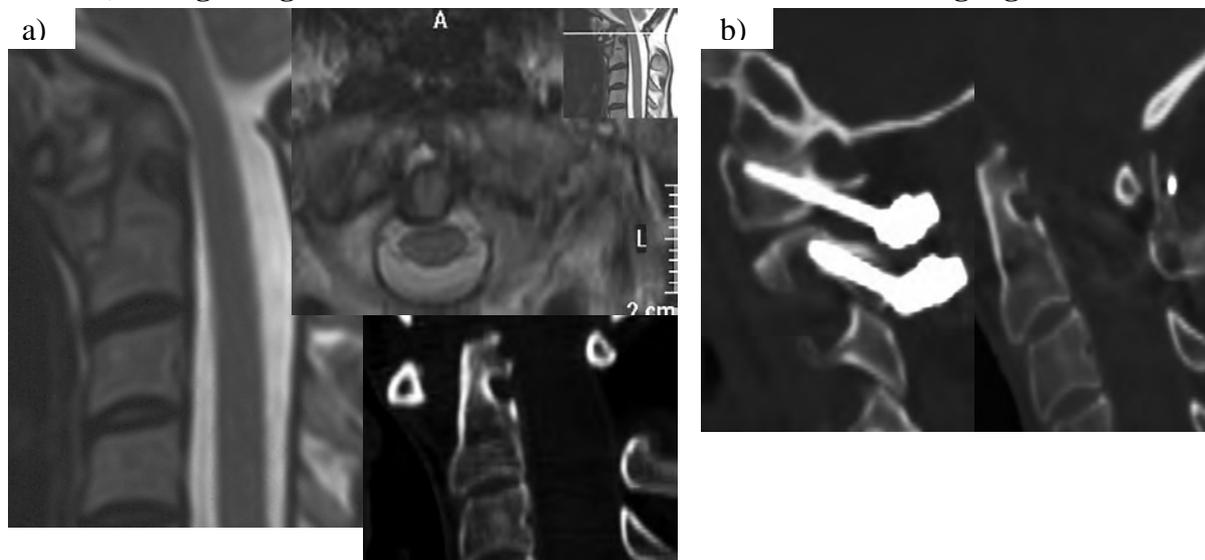
Bild b) Postoperative sagittale CT-Rekonstruktion.

Bild c) CT-Scan bestätigt zufriedenstellende Position des implantierten Materials und eine signifikante Reduktion der vorbestehenden atlantoaxialen Distanz.

Postoperativer Status: Patientin konnte unmittelbar postoperativ mobilisiert werden (Nurick 0)

Abbildung 19

Bild a-c): Bildgebung durch MRT und CT des kraniozervikalen Übergangs



Fallbeispiel 3

Präoperativer Status: 51-jährige Patientin mit Brustkrebs und einer osteolytischen Fraktur von Th1 mit schwerer Zervikobrachialgie (VAS 8), Hypästhesie bis nach D1 beidseits ausstrahlend ohne motorisches Defizit oder Gangstörung.

Bild a) T1-gewichtetes MRT mit Gadolinium zeigt multiple Wirbelkörpermetastasen und eine osteolytische Fraktur von Th1 mit Einengung des Spinalkanals.

Chirurgische Therapie: Posteriore Dekompression via Laminektomie C7 - Th2 und Instrumentierung mit Massa-lateralis-Schrauben C5 und C6 und Pedikelschrauben Th3 und Th4. (OP-Zeit 175 Minuten). Sekundär anteriore Korporektomie C7 - Th2 mit anteriorer Verriegelungsplatte C5 - Th3.

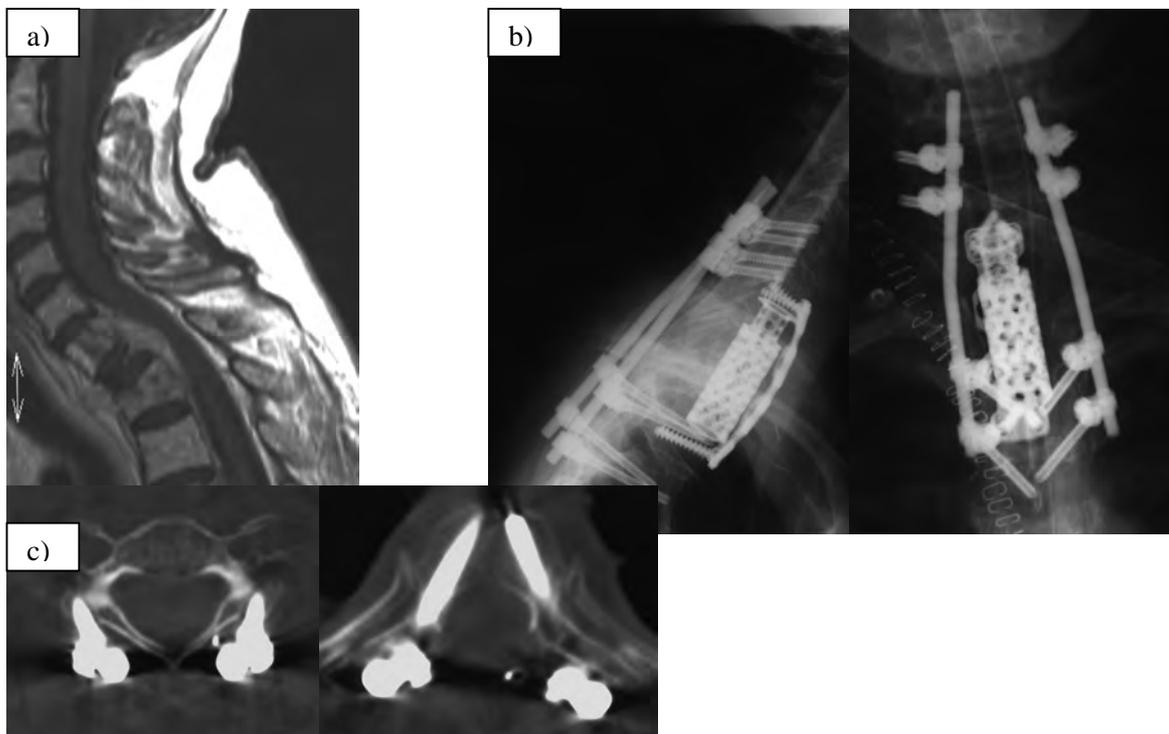
Bild b) Postoperative Röntgenaufnahmen zeigen ein suffizientes „Re-Alignment“ des zervikothorakalen Überganges mit korrekter Positionierung der eingebrachten Implantate sowohl von posterior als auch von anterior.

Bild c) CT-Scan zeigt adäquate Positionierung der Massa-lateralis-Schraube links und Pedikelschraube rechts.

Postoperativer Status: Signifikante Schmerzreduktion auf VAS 1 ohne zusätzliche Symptome. Die Patientin wurde zur anschließenden postoperativen Radiatio und Chemotherapie entlassen.

Abbildung 20

Bild a-c): Bildgebung durch MRT, Röntgen –HWS in 2 Ebenen, CT-HWS



Fallbeispiel 4

Präoperativer Status: 58-jähriger Patient mit Nierenzellkarzinom und einer Metastase in C2 mit Nuchalgie (VAS 3) und beginnender Myelopathie (Nurick 1).

Bild a) In sagittalen CT-Rekonstruktionen zeigt sich eine große osteolytische Metastase vom Wirbelkörper C2 inkl. Dens axis mit daraus resultierender atlantoaxialer Instabilität.

Chirurgische Therapie: Posteriore Stabilisierung C0 - C3 und autologe Knochenspan-Interposition (OP-Zeit 210 Minuten).

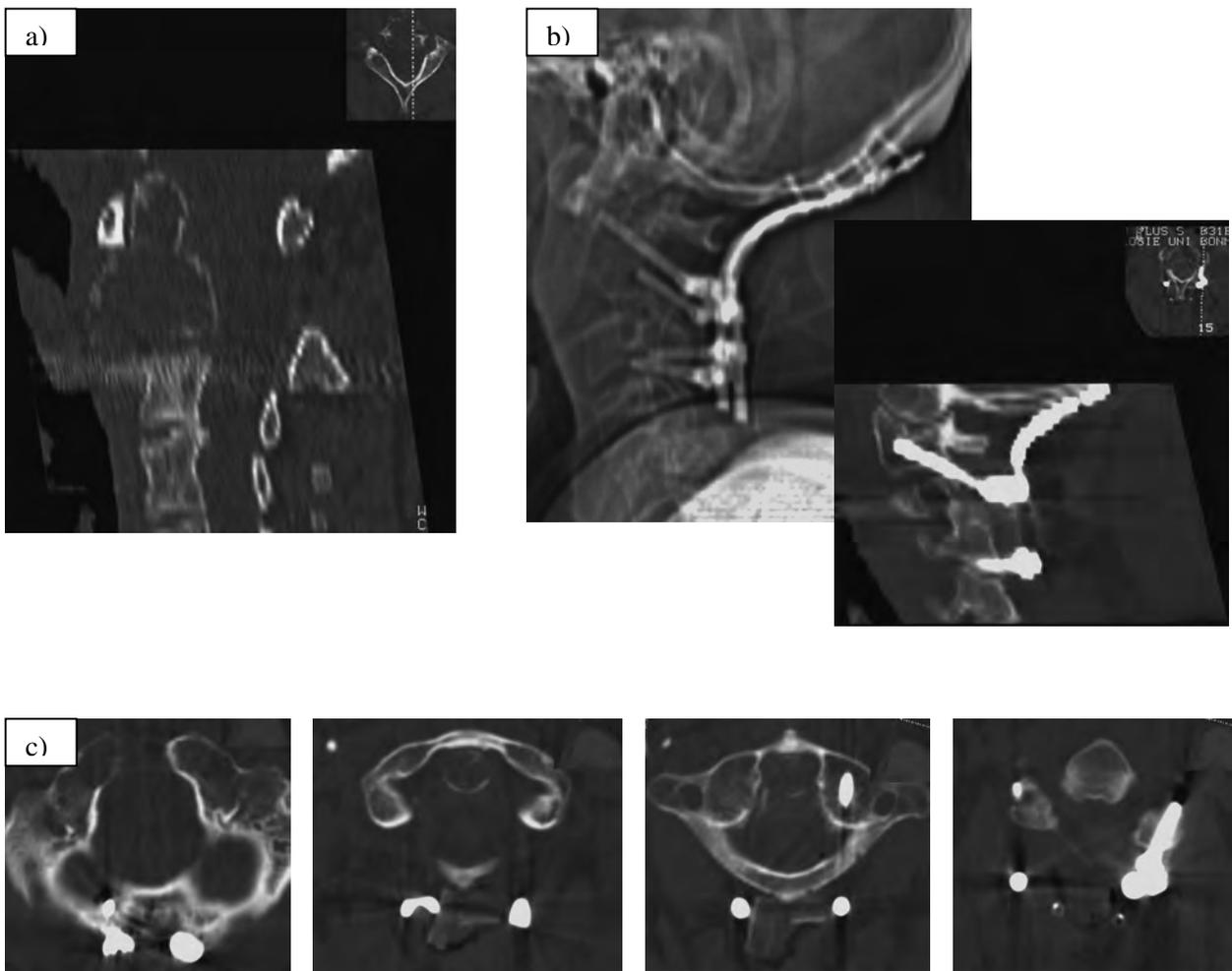
Bild b) Postop-CT in sagittaler Rekonstruktion.

Bild c) CT-Scan bestätigt adäquate Positionierung des eingebrachten Osteosynthesematerials.

Postoperativer Status: Patient wurde in adjuvante postoperative Radiatio und Chemotherapie entlassen. Sein Zustand hatte sich sowohl neurologisch, Nurick 0, als auch hinsichtlich seiner Nackenschmerzen, VAS 1, verbessert.

Abbildung 21

Bild a-c): Bildgebung durch CT-HWS einschließlich des kraniozervikalen Übergangs



4 Diskussion

In dieser Studie untersuchten wir ein ausgesprochen heterogenes Patientenkollektiv (Liste 4, Tabelle 5) mit einem hohen Anteil an alten und komorbiden Patienten, die zumeist mehrsegmentale Pathologien an der Halswirbelsäule aufwiesen.

Die Patienten wurden mit einem seit dem Jahr 2000 verfügbaren System zur posterioren Instrumentierung an der Halswirbelsäule behandelt: Neon[®] Occipito-Cervical System.

Vereinfachend haben wir die vielfältigen Pathologien des Patientenkollektivs zusammengefasst und diese Pathologien dann als degenerativ, traumatisch, infektiös und neoplastisch klassifiziert. Detaillierte Indikationen, die sich hieraus ableiten, sind ausführlich in Tabelle 6 beschrieben.

Bei diesem Patientenkollektiv führten wir bei 24 Patienten (44 %) die alleinige Stabilisierung mit dem Neon[®] Occipito-Cervical System als therapeutisches Procedere durch. Eine zusätzliche Dekompression erhielten 30 Patienten (56 %). In 26 % der Fälle, n=14, von insgesamt 54 Patienten wurde die posteriore Instrumentierung als sekundäres Verfahren nach vorangegangener anteriorer Operation oder alleiniger posteriorer Laminektomie durchgeführt.

Ein solches operatives Vorgehen ist nicht unumstritten, erst recht dann nicht, wenn die posteriore Instrumentierung prophylaktisch bei postoperativ zu erwartender Instabilität durchgeführt wird.

Vorbehalte gegenüber der posterioren Instrumentierung gründen nicht zuletzt auf den in der Einleitung aufgeführten anatomischen Besonderheiten der Halswirbelsäule, die das Instrumentieren anspruchsvoll gestalten. So zeigten radiologische und anatomische Untersuchungen, dass die Pedikel von C3 - C6 relativ schmal sind. Dadurch ist die Platzierung von Pedikelschrauben für diese Etagen technisch anspruchsvoll und risikoreich (Jones et al., 1997; Kamimura et al., 2000; Kast et al., 2005; Ludwig et al., 1999). Pedikel mit einem Durchmesser von unter 4 mm erscheinen nicht für die transpedikuläre Instrumentierung geeignet (Richter et al., 2000; Richter et al., 2002). Das Neon[®] Occipito-Cervical System berücksichtigt diese Besonderheiten und ermöglicht über Kirschner-Draht geführte Schrauben (Pedikelschrauben oder Massa-lateralis-Schrauben), bei Bedarf mit Anbindung an Navigationssysteme oder ISO-C-3D-Bildwandler, eine verhältnismäßig sichere Schraubenplatzierung.

Neben einer biomechanisch und anatomisch motivierten Risikobewertung müssen aber auch das Zugangstrauma, zu erwartende Ergebnisse und die individuelle Prognose des Patienten berücksichtigt werden.

Mit einem Anteil von 25 % sind neoplastische Läsionen in unserem Patientenkollektiv relativ stark repräsentiert. Huch et al. halten die posteriore Instrumentierung im Sinne eines palliativen chirurgischen Ansatzes für dieses Patientengut für indiziert und berichten über eine stabile Fixierung mit dem Neon[®] Occipito-Cervical System ohne Korrekturverlust oder Materialversagen in allen Fällen und propagieren dieses Vorgehen als eine relativ blut- und zeitsparende Prozedur (Huch et al., 2004). Der Benefit einer suffizienten Stabilisierung bei geringerem Zugangstrauma findet seine Entsprechung in einer signifikanten Verlängerung der Überlebenszeit und Verbesserung der Lebensqualität bei akzeptablen Operationsrisiken (Bohm et al., 2002; Vieweg et al., 2000). Mit dem Neon[®] Occipito-Cervical System ist eine lange externe postoperative Immobilisierung, z.B. mit semirigider HWS-Orthese oder Halo-Fixateur, nicht notwendig.

Den Aspekt der Zugangsmorbidität bei der Entscheidung für einen anterioren oder posterioren Zugang diskutieren auch Wada et al. für die operative Therapie der zervikalen Myelopathie und berichten über ein vergleichbares funktionell-neurologisches Behandlungsergebnis ein und fünf Jahre postoperativ unabhängig vom operativen Ansatz (anteriore Korporektomie und posteriore Laminoplastie). Einziges Kriterium der Unterscheidung ist hier die Zugangsmorbidität. Der anteriore Zugang mit Korporektomie war assoziiert mit längerer Operationszeit, größerem Blutverlust und größerem Pseudarthrosenrisiko. 6 Patienten benötigten darüber hinaus eine zusätzliche posteriore Stabilisierung. Der posteriore Zugang mit Laminoplastie und ohne zusätzliche Stabilisierung war relativ komplikationsarm (Wada et al., 2001).

Cusick et al. und Yonenobu et al. gehen einen Schritt weiter als Wada und halten eine posteriore Stabilisierung nach posteriorer Dekompression für mitentscheidend, um nachhaltig gute Operationsergebnisse bei Stenose-assoziiierter Myelopathie zu erreichen. Posteriore Dekompression durch Laminoplastie, Laminotomie und besonders Laminektomie bewirkt eine signifikante Zunahme der Beweglichkeit für Flexion und Extension. Diese Beweglichkeitszunahme im Sinne einer Instabilität kann der primär durchgeführten posterioren Dekompression im Ergebnis entgegenwirken, da nun der anteriore Anteil der Wirbelsäule bei Flexion als Hypomochlion wirken und das Rückenmark bedrängen kann (Cusick et al., 1995; Kraus et al., 1993; Yonenobu et al., 1991; Yonenobu et al., 1992). Grundsätzlich ist die operative Therapie der zervikalen Myelopathie oftmals enttäuschend. Oft gelingt es durch ein radikales operatives Vorgehen nur, die Pro-

gression aufzuhalten oder zu verlangsamen. Die Studienlage, welche Therapie – konservativ, anteriorer Operationszugang, posteriorer Operationszugang – die günstigsten Ergebnisse liefert, ist letztlich inhomogen und erlaubt beide Vorgehensweisen mit geringen Vorteilen für das posteriore Vorgehen bei mehrsegmentalen Pathologien aufgrund einer besseren Stabilität (Cusick et al., 1995; Ebersold et al., 1995; Kraus et al., 1993; Wada et al., 2001; Yonenobu et al., 1991; Yonenobu et al., 1992).

Bei traumatischer zervikaler Instabilität empfehlen eine Reihe von Autoren die posteriore Instrumentierung entweder als alleiniges Verfahren oder in Kombination mit anteriorem Zugang mit guten Ergebnissen für Stabilität, Fusionsrate, Schmerzreduktion und neurologische Stabilisierung oder Verbesserung (Ames et al., 2005; Arslantas et al., 2001; Brodke et al., 2003; Kreshak et al., 2002). Das Neon[®] Occipito-Cervical System ist nach Implantation als primär stabil anzusehen und ermöglicht einen frühen Rehabilitationsbeginn. Dies ist gerade für Patienten entscheidend, die durch eine traumatische Instabilität neurologische Defizite aufweisen.

In unserem Patientengut weisen viele Patienten mehrsegmentale Pathologien, begleitet von vorbestehenden Achsfehlstellungen der HWS, auf. Diese beiden Faktoren erlauben eine prophylaktische posteriore Instrumentierung. Die Anzahl der zu fusionierenden Segmente (78 % \geq 3 Segmente, 48 % \geq 4 Segmente überbrückt) ist bei nur anterioren Eingriffen mit einer hohen Pseudarthrosenrate verbunden. Eine anteriore 2-Segment-Fusion ist mit einer Pseudarthrosenrate von 20-27 % assoziiert und eine 3-Segment-Fusion sogar mit einer Pseudarthrosenrate von 30-50 %. Folgen sind Implantatdislokation und Implantatversagen mit kyphotischer Deformität und dem Risiko einer progressiven neurologischen Verschlechterung (Bose et al., 2003; Tye et al., 2002). In diesem Patientenkollektiv bestehen zusätzlich Achsfehlstellungen der HWS durch eine aufgehobene bzw. neutralisierte Lordose oder bereits Kyphose. Nach mehrsegmentaler Laminektomie, wie hier oft erforderlich, besteht ohne zusätzliche Stabilisierung ein großes Risiko für die Entwicklung einer Schwanenhalsdeformität. In Zusammenschau dieser Faktoren ist hier eine prophylaktische posteriore Instrumentierung legitimiert.

Vaccaro et al. und Epstein et al. berichten in 9 % von anterioren 2-Segment-Instrumentierungen ohne posteriore Stabilisierung und in 50 % von anterioren 3-Segment-Instrumentierungen ohne posteriore Stabilisierung über Implantatversagen bzw. über Pseudarthrosen und fordern deshalb die „prophylaktische“ posteriore Instrumentierung (Vaccaro et al., 1998; Vaccaro et al., 2000; Epstein et al., 1993; Epstein et al., 2001). Von einem System zur posterioren Stabilisierung ist hier Winkelstabilität und hohe Materialfestigkeit gefordert. Außerdem soll es modular aufgebaut

und vielseitig zu instrumentieren sein, um individuellen Bedürfnissen entsprechen zu können. All diese Kriterien erfüllt das Neon[®] Occipito-Cervical System (siehe Abschnitt 2.5 und 2.6).

In mehrsegmentalen zervikalen Instrumentierungen, wie hier durchgeführt, wirken große Hebelkräfte. Diese können zu Stab- und Schraubendislokation und Bruch führen. Besonders die kaudalen Implantatanteile und die Schrauben-Knochen-Grenzfläche ist hierfür anfällig (Papagelopoulos et al., 2003; Singh et al., 2003). Angesichts des relativ alten Patientenkollektivs ist bei der Entscheidungsfindung für ein geeignetes operatives Vorgehen also auch die Knochendichte zu berücksichtigen. Hitchon et al. beschreiben eine signifikante Korrelation zwischen der Knochendichte (BMD) und der Ausrissfestigkeit von anterioren zervikalen Schrauben (Hitchon et al., 2003; Hitchon et al., 2003). Eine ähnliche Korrelation besteht zwischen der Knochendichte und der Ausrissfestigkeit für Pedikelschrauben und anteriore Schrauben, die in der lumbalen Wirbelsäule platziert wurden (Lim et al., 1995). Diese Korrelation ist nicht auf Massa-lateralis-Schrauben übertragbar, wie dies biomechanische Studien von Barrey et al. und Heller et al. zeigen (Barrey et al., 2004; Heller et al., 1996; Heller et al., 1999). Vielmehr ist hier die Ausrissfestigkeit unabhängig von der Knochendichte, woraus sich ein weiterer relativer Vorteil dieses Verfahrens gegenüber ventralen Eingriffen bei alten Patienten ergibt. Hier ist eine gute Festigkeit bei der Instrumentierung abhängig von der Dicke der anterioren und posterioren Kortikalis. Auch wenn Pedikelschrauben grundsätzlich eine höhere Ausrissfestigkeit *in vitro* aufweisen als Massa-lateralis-Schrauben, so zeigen auch Massa-lateralis-Schrauben *in vitro* eine Ausrissfestigkeit, die sicher ausreicht, um den *in vivo* und physiologischerweise einwirkenden Kräften zu widerstehen (Kotani et al., 1994). Dieses biomechanische Ergebnis ist beachtenswert und legitimiert die posteriore Instrumentierung mit Pedikelschrauben und mit Massa-lateralis-Schrauben in einem älteren Patientenkollektiv, wie wir es durchgeführt haben.

Eine Reihe von älteren Studien, die sich mit der Biomechanik und dem Komplikationsrisiko der Instrumentierung mit Pedikelschrauben und Massa-lateralis-Schrauben auseinandersetzen, kommen wahrscheinlich auch durch die Nicht-Berücksichtigung der Knochendichte in ihren Bewertungen zu zum Teil widersprüchlichen Aussagen darüber, wann welche Instrumentierung (Pedikelschrauben, Massa-lateralis-Schrauben) als vorteilhaft anzusehen ist (Abumi et al., 1994; Abumi et al., 1999b; Abumi et al., 2000; Graham et al., 1996; Esse et al., 1993; Jeanerret et al., 1994). Grundsätzlich sind Vergleiche mit den Ergebnissen anderer Arbeitsgruppen, die sich mit der posterioren Instrumentierung an der Halswirbelsäule beschäftigen, schwierig aufgrund von zum Teil zu geringen Fallzahlen, unterschiedlichen Schwerpunkten in den jeweiligen Fragestellungen

und nicht immer einheitlichen Kriterien für das Anerkennen einer Komplikation. Wir klassifizieren die Schraubenlage wie Yoshimoto et al. als optimal, wenn die Schraube die Kortikalis nicht perforiert, als suboptimal, wenn die Schraube die Kortikalis bis 2 mm affiziert und keine neurologischen Defizite verursacht, und als revisionsbedürftig, wenn die Schraube die Kortikalis um mehr als 2 mm perforiert oder durch die Schraubenlage Neurodefizite verursacht werden. Diese Abstufung berücksichtigt neben biomechanischen Kriterien (Kortikalisperforation) auch den neurologisch-funktionellen Aspekt (Yoshimoto et al., 2005). Die Häufigkeitsverteilung der prozedurassoziierten Komplikationen, die letztlich auf eine nicht optimale Schraubenplatzierung zurückzuführen sind, sind in Tabelle 12 aufgeführt und im Folgenden näher erläutert.

Einige Autoren berichten über Komplikationsraten bei der posterioren Instrumentierung, zum Teil auch mit dem Neon[®] Occipito-Cervical System oder ähnlichen anderen Systemen, beschränken ihre Beobachtung jedoch auf die Sicherheit von nur einer Technik der Schraubenpositionierung (Massa-lateralis-Schrauben, Pedikelschrauben). Hier finden sich Schraubenfehlagen mit einer Häufigkeit von 0-13 % bei einer sehr uneinheitlichen Schraubenanzahl – zwischen 36 Schrauben bei Kamimura et al. und 712 Schrauben bei Abumi et al. Eine Notwendigkeit zu Revisionsoperationen ergab sich in 0 % bei Kamimura et al. und in 10,3 % bei Heller et al., neurovaskuläre und mechanische Komplikationen wurden in 0 % bei Kamimura et al. beschrieben und in 12,8 % bei Heller et al. beobachtet (Abumi et al., 2000; Heller et al., 1996; Huch et al., 2004; Kamimura et al., 2000; Kast et al., 2005; Olerud et al., 1999; Yoshimoto et al., 2005).

Anders als die oben aufgeführten Untersuchungen betrachten wir nicht die Komplikationsrate nur einer Schraubenimplantationstechnik, sondern evaluieren das Neon[®] Occipito-Cervical System als Ganzes im operativen Gebrauch und beschreiben die Erfahrung von operativen Besonderheiten und Komplikationen. Ferner erfassen wir mit unserer Untersuchung den klinischen, neurologischen und radiologischen Verlauf des Patientenkollektivs, das mit diesem System versorgt wird.

Im Rahmen dieser Evaluierung wurden keine symptomatischen prozedurassoziierten Komplikationen beobachtet, mit Ausnahme einer epifaszialen Wundinfektion (n=1; 1,9 %). Im Besonderen überzeugt die niedrige Rate an Implantatversagen mit nur einer Dislokation einer Atlasklammer (n=1; 1,9 %) in dieser vorwiegend älteren Population. Es findet sich kein Implantatbruch.

Dies darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass es bei 159 instrumentierten Segmenten und insgesamt 315 implantierten Schrauben 2 kritische, wenn auch asymptomatische, Schraubenfehlagen

bei einem Patienten (n=1; 1,9 %) gab, welche zur Verlegung des Canalis vertebralis führten und somit zum beidseitigen und vollständigen Verschluss der Arteria vertebralis.

In dieser Studie wurde keine Computernavigation verwendet. Dennoch haben wir im Rückblick gute Ergebnisse hinsichtlich präziser Schraubenplatzierung und einer sehr niedrigen Komplikationsrate erreicht. Von 315 Schrauben wurden 9 Schrauben als suboptimal platziert bewertet, und 5 Schrauben mussten letztlich revidiert werden.

Die Anwendung von computerunterstützten Navigationssystemen oder intraoperativer ISO-C-3D-Bildgebung durch den Bildwandler führt nach bisheriger Studienlage zu einer sichereren Schraubenplatzierung mit weniger nicht optimal platzierten Schrauben. Allerdings kann damit die Rate an klinisch relevanten Komplikationen nicht signifikant reduziert werden (Arand et al., 2001; Borm et al., 2004; Hott et al., 2004a, 2004b; Richter et al., 2000; Richter et al., 2002; Richter et al., 2004).

Auch und gerade die Anwendung der Computernavigation ersetzt nicht den erfahrenen und versierten Wirbelsäulenchirurgen und ein höchstes Maß an Sorgfalt bei der Vorbereitung und Durchführung der posterioren Instrumentierung an der Halswirbelsäule.

Das klinische Behandlungsergebnis haben wir durch die Bewertung von Schmerz (VAS), Mobilität und myelopathischer Gangstörung (Nurick), Lebenszufriedenheit und allgemeinem Gesundheitszustand (SF-36, Karnofsky Index) präoperativ, postoperativ und bei den Nachuntersuchungen dokumentiert.

Von besonderem Interesse war, in wie weit das von uns durchgeführte operative Procedere in Verbindung mit der posterioren Instrumentierung durch das Neon[®] Occipito-Cervical System zufriedenstellende Ergebnisse im Zeitverlauf bietet. Die signifikante Verbesserung sowohl bei der VAS als auch beim Karnofsky Index zeigen, dass durch das operative Procedere in Verbindung mit der Verwendung des Neon[®] Occipito-Cervical System eine relevante Verbesserung für die Patienten erreicht werden konnte. Trotz signifikanter Verbesserungen, die im SF-36, in der VAS und im Karnofsky Index dokumentiert wurden, zeigt sich bei der Mobilität und der vorbestehenden myelopathischen Gangstörung, gemessen durch die Nurick Skala, keine signifikante Verbesserung. Mögliche Ursachen hierfür sind vielfältig: heterogenes Patientenkollektiv, vorbestehende Myelopathie, zu wenig sensitives Messinstrument (Nurick Skala), etc.

Wenn man berücksichtigt, dass bei $n=39$ Patienten (72,2 %) eine relevante Myelonfunktionseinschränkung mit Myelopathie besteht, ist es nicht erstaunlich, dass hier innerhalb des Beobachtungszeitraums keine statistisch signifikante Verbesserung erreicht werden kann (Emery et al., 1998; George et al., 1999; Kraus et al., 1993; Yonenobu et al., 1991; Yonenobu et al., 1992). Wahrscheinlich ist die durch unser operatives Vorgehen erreichte neurologische Verbesserung der Mobilität und Gehfähigkeit (Abbildung 16) aber auch zu gering, als dass sie sich statistisch signifikant in der Nurick Skala niederschlägt. Zur weiterführenden differenzierten Evaluierung des neurologischen Behandlungsergebnisses wäre zukünftig die Verwendung von sensitiveren Skalen als der Nurick Skala sinnvoll, um postoperative Veränderungen bei Patienten mit zervikaler Myelopathie zu dokumentieren.

Das Neon[®] Occipito-Cervical System ist unmittelbar postoperativ belastungsstabil. Eine weitere langwierige Immobilisation, z.B. durch einen Halo-Fixateur, entfällt. Dies ist besonders für alte komorbide Patienten interessant und für solche mit einer eingeschränkten Lebenserwartung.

Der SF-36-Test ist ein zuverlässiges Instrument, um letztlich Lebenszufriedenheit in den Dimensionen physischer Gesundheitsaspekt und mentaler Gesundheitsaspekt zu beschreiben. Die Konzeption des Testes ermöglicht es, dass sowohl Langzeitverläufe dokumentiert werden als auch dass Behandlungsergebnisse unter verschiedenen Patientengruppen mit unterschiedlichen Erkrankungen hinsichtlich des physischen und mentalen Gesundheitsaspektes oder bei Bedarf hinsichtlich eines der 8 Konzepte verglichen werden können. Für eine Vielzahl von Ländern wurden Normen als Grundlage für die Berechnung des SF-36 ermittelt. So wird der jedem Land eigenen kulturellen Vielfalt und Verschiedenheit Rechnung getragen. Die normierte Population (norm-based-scoring) definiert jeweils das Mittelmaß dessen, was normaler physischer Gesundheitsaspekt und mentaler Gesundheitsaspekt bedeuten.

In dieser Studie führt die Zusammensetzung des Patientenkollektivs zu einer relativen, wenn auch geringen, Ungenauigkeit. Große Altersunterschiede, soziale Kriterien und Komorbidität wiegen dabei weniger schwer als kulturelle Unterschiede. Allein 6 von insgesamt 54 untersuchten Patienten in dieser Studie wurden uns über deren Botschaften (Mittlerer und Naher Osten) zugewiesen. Die mögliche Ungenauigkeit durch kulturelle Unterschiede macht sich besonders bei der präoperativen und unmittelbar postoperativen Datenerhebung bemerkbar. In den weiteren Nachuntersuchungen spielt zumindest die kulturelle Komponente nur noch eine untergeordnete Rolle, da diese Patienten nach erfolgter Operation in ihr Heimatland zurückkehrten.

Große Unterschiede und Differenzen der Ergebnisse des SF-36 treten dann auf, wenn Patienten im Vergleich zu der Normalbevölkerung schwere physische und mentale Beeinträchtigung aufweisen. Hohe Abweichungen unterhalb der Norm erklären sich sowohl durch mentale als auch durch physische Komorbidität. Besonders hohe Punktwerte resultieren oft auch aus der Abwesenheit von zuvor erlebter Einschränkung (Ware et al., 2003; Ware et al., 2003).

Die Verbesserung der physischen Gesundheit von 34,47 auf 43,67 bis zur letzten Nachuntersuchung zeigt eine deutliche Verbesserung bei allerdings fortbestehender physischer Beeinträchtigung. Auch bei der letzten Nachuntersuchung sind die Patienten noch weit davon entfernt, körperlich annähernd so belastbar zu sein, wie es über die Normbevölkerung mit einem Wert von 50 vorgegeben wird. Die Verbesserung des mentalen Gesundheitsaspektes von 44,17 präoperativ auf 50,54 bei der letzten Nachuntersuchung zeigt, dass diese Patienten nach erfolgter Operation ein normales Level hinsichtlich des mentalen Gesundheitsaspektes erreichen können, trotz zum Teil langjähriger krankheits- und schmerzbedingter psychischer Belastung.

Bei der Bewertung der überwiegend guten Ergebnisse sind aber auch folgende Gegebenheiten kritisch zu berücksichtigen: Zum einen ist die Patientenpopulation, wie bereits eingangs erwähnt, sehr heterogen hinsichtlich Alter, Komorbidität und Pathologie. So findet sowohl ein 8-jähriger Junge mit ligamentärer Instabilität C1/2 nach Trauma als auch ein 80-jähriger, auf den Rollstuhl angewiesener Patient mit relevanten Vorerkrankungen durch Myokardinfarkt und Diabetes mellitus und einer spondylotischen Stenose über 5 Segmente Eingang in diese prospektiv konsekutiv angelegte Untersuchung. Zum anderen fehlt einer prospektiv konsekutiv angelegten Studie natürlich eine echte Kontrollgruppe. Außerdem steht eine Langzeit-Nachuntersuchung noch aus.

Die Heterogenität des Kollektivs gründet im Wesentlichen auf Alter, Komorbidität und Pathologie. Übereinstimmung gibt es bei allen Patienten hinsichtlich der gemeinsamen symptomatischen Endstrecke bestehend aus Schmerz, Bewegungseinschränkung und drohender oder manifester Instabilität mit oder ohne manifeste neurologische Defizite. Diese gemeinsame symptomatische Endstrecke wird durch die Parameter Nurick, Karnofsky-Index und VAS gemessen und durch das Neon[®] Occipito-Cervical System angegangen. Deshalb ist es vertretbar, diese Aspekte in unserem Patientenkollektiv auch zusammenfassend in Form eines statistischen Mittelwerts zu betrachten. Nur so ist es letztlich möglich, die präoperative Ausgangssituation dieses Kollektivs, die

postoperative Situation und den Verlauf zu beurteilen. Aufgrund der Heterogenität ist es sicher schwierig, die hier gemessenen Mittelwerte auf andere Gruppen zu übertragen.

Für eine kritische Bewertung eines gesamten Behandlungskonzepts im Vergleich mit anderen Behandlungsmodalitäten und Vergleichsgruppen wäre eine weiterführende Differenzierung und damit Homogenisierung des Patientenkollektivs nach Altersklasse, Komorbidität und Pathologie erforderlich mit entsprechend hohen Fallzahlen in den jeweiligen Subgruppen. Dieser Gesichtspunkt soll in weiterführenden Studien verfolgt werden. Über das formulierte Ziel dieser prospektiv und konsekutiv angelegten Beobachtung ginge er jedoch hinaus. Mit der aus dieser Arbeit ableitbaren relativen Sicherheit des Neon[®] Occipito-Cervical Systems im operativen Gebrauch zur posterioren Stabilisierung der Halswirbelsäule einschließlich des okzipitozervikalen und zervikothorakalen Überganges ist die Grundlage dafür gelegt, in weiterführenden Studien komplexe Behandlungskonzepte für definierte Subgruppen mit Vergleichsgruppen zu evaluieren.

5 Zusammenfassung

Bei unserem hinsichtlich Alter, Pathologie, Anzahl der betroffenen Segmente und kultureller Zusammensetzung heterogenem Patientenkollektiv führten wir eine anteriore oder posteriore oder beidseitige zervikale Dekompression in Verbindung mit der Verwendung des neu entwickelten modularen Schrauben-Stab-Systems zur posterioren Instrumentierung, Neon[®] Occipito-Cervical System, durch. Mit diesem operativen Procedere erreichten wir eine signifikante Verbesserung der Pathologie-abhängigen Schmerzsymptomatik (VAS) und der Lebensqualität (SF-36, Karnofsky Index) für ein Patientenkollektiv, welches aufgrund verschiedener Vorerkrankungen und mehrsegmentaler Pathologien an der Halswirbelsäule als Hochrisiko-Gruppe angesehen werden muss. Ebenso wird eine Verbesserung der Mobilität und der myelopathischen Gangstörung (Nurick Skala) erreicht, allerdings ohne dass diese Verbesserung eine statistische Signifikanz erreicht.

Dies konnte ohne Zuhilfenahme von Computernavigation erreicht werden und zwar mit einer minimalen Anzahl an prozedurabhängigen Komplikationen (einer epifaszialen Infektion) und einer sehr geringen Rate an Materialdislokationen und Materialversagen (eine Dislokation einer Atlasklammer). Das Neon[®] Occipito-Cervical System ermöglicht eine relativ sichere posteriore Instrumentierung von C0 bis Th4 mit geringem Komplikationsrisiko auch unter Berücksichtigung der Ergebnisse anderer Autoren. Allerdings ist auch festzustellen, dass es bei insgesamt 159 instrumentierten Segmenten und 315 implantierten Schrauben 2 kritische Schraubenfehlagen bei einem Patienten gab, welche zur Verlegung des Canalis vertebralis / Foramen transversarium führten und somit zur beidseitigen und vollständigen Okklusion der Arteria vertebralis. Der Patient wies postoperativ kein neues neurologisches Defizit auf.

Um das Risiko neurovaskulärer Schäden im Rahmen der posterioren Instrumentierung mit dem Neon[®] Occipito-Cervical System und anderen vergleichbaren Systemen zu mindern und die Instrumentierung noch sicherer und komfortabler zu gestalten, erscheint im Einzelfall die Zuhilfenahme von computerunterstützten Navigationssystemen sinnvoll.

6 Literaturverzeichnis

1. Abumi K, Itoh H, Taneichi H, Kaneda K. *Transpedicular screw fixation for traumatic lesions of the middle and lower cervical spine: description of the techniques and preliminary report.* J Spinal Disord 1994; 7:19-28
2. Abumi K, Kaneda K, Shono Y, Fujiya M. *One-stage posterior decompression and reconstruction of the cervical spine by using pedicle screw fixation systems.* J Neurosurg 1999; 90:19-26
3. Abumi K, Shono Y, Ito M, Taneichi H, Kotani Y, Kaneda K. *Complications of pedicle screw fixation in reconstructive surgery of the cervical spine.* Spine 2000; 25:962-969
4. Abumi K, Shono Y, Taneichi H, Ito M, Kaneda K. *Correction of cervical kyphosis using pedicle screw fixation systems.* Spine 1999; 24:2389-2396
5. Abumi K, Takada T, Shono Y, Kaneda K, Fujiya M. *Posterior occipitocervical reconstruction using cervical pedicle screws and plate-rod systems.* Spine 1999; 24:1425-1434
6. Ames CP, Bozkus MH, Chamberlain RH, Acosta FL Jr, Papadopoulos SM, Sonntag VK, Crawford NR. *Biomechanics of stabilization after cervicothoracic compression-flexion injury.* Spine 2005; 30:1505-1512
7. Arand M, Hartwig E, Kinzl L, Gebhard F. *Spinal navigation in cervical fractures--a preliminary clinical study on Judet-osteosynthesis of the axis.* Comput Aided Surg 2001; 6:170-175
8. Arand M, Neller S, Kinzl L, Claes L, Wilke HJ. *The traumatic spondylolisthesis of the axis. A biomechanical in vitro evaluation of an instability model and clinical relevant constructs for stabilization.* Clin Biomech 2002; 17:432-438
9. Arslantas A, Cosan E, Durmaz R, Ert Lav K, Atasoy M, Tel E. *Instrumentation for posterior stabilisation of cervical traumatic and degenerative disorders: bullet-shaped implant and titanium cable.* J Neurosurg Sci 2001; 45:202-205

10. Barrey C, Mertens P, Rumelhart C, Cotton F, Jund J, Perrin G. *Biomechanical evaluation of cervical lateral mass fixation: a comparison of the Roy-Camille and Magerl screw techniques.* J Neurosurg (Spine) 2004; 100: 268-276
11. Bohler J. *Anterior stabilization for acute fractures and non-unions of the dens.* J Bone Joint Surg Am 1982; 64:18-27
12. Bohm P, Huber J. *The surgical treatment of bony metastases of the spine and limbs.* J Bone Joint Surg Br 2002; 84:521-529
13. Borm W, Konig RW, Albrecht A, Richter HP, Kast E. *Percutaneous transarticular atlantoaxial screw fixation using a cannulated screw system and image guidance.* Minim Invasive Neurosurg 2004; 47:111-114
14. Bose, B. *Anterior cervical arthrodesis using DOC dynamic stabilization implant for improvement in sagittal angulation and controlled settling.* J Neurosurg 2003; 98:8-13
15. Brodke DS, Anderson PA, Newell DW, Grady MS, Chapman JR. *Comparison of anterior and posterior approaches in cervical spinal cord injuries.* J Spinal Disord Tech 2003; 16:229-235
16. Callahan RA, Johnson RM, Margolis RN, Keggi KJ, Albright JA, Southwick WO. *Cervical facet fusion for control of instability following laminectomy.* J Bone Joint Surg Am 1977; 59:991-1002
17. Capen DA, Garland DE, Waters RL. *Surgical stabilization of the cervical spine. A comparative analysis of anterior and posterior spine fusions.* Clin Orthop Relat Res 1985; 196:229-237
18. Cloward RB. *Lesions of the intervertebral disks and their treatment by interbody fusion methods. The painful disk.* Clin Orthop Relat Res 1963; 27:51-77
19. Cusick JF, Pintar FA, Yoganandan N. *Biomechanical alterations induced by multilevel cervical laminectomy.* Spine 1995; 20:2392-2399
20. Dickman CA, Sonntag VK, Papadopoulos SM, Hadley MN. *The interspinous method of posterior atlantoaxial arthrodesis.* J Neurosurg 1991; 74:190-198
21. Ebersold MJ, Pare MC, Quast LM. *Surgical treatment for cervical spondylitic myelopathy.* J Neurosurg 1995; 82:745-751

22. Ebraheim N, Rollins JR Jr, Xu R, Jackson WT. *Anatomic consideration of C2 pedicle screw placement*. Spine 1996; 21:691-695
23. Emery SE, Bohlman HH, Bolesta MJ, Jones PK. *Anterior cervical decompression and arthrodesis for the treatment of cervical spondylotic myelopathy. Two to seventeen-year follow-up*. J Bone Joint Surg Am 1998; 80:941-951
24. Epstein NE. *Anterior approaches to cervical spondylosis and ossification of the posterior longitudinal ligament: review of operative technique and assessment of 65 multilevel circumferential procedures*. Surg Neurol 2001; 55:313-324
25. Epstein NE, Danto J, Nardi D. *Evaluation of intraoperative somatosensory-evoked potential monitoring during 100 cervical operations*. Spine 1993; 18:737-747
26. Esses SI, Sachs BL, Dreyzin V. *Complications associated with the technique of pedicle screw fixation. A selected survey of ABS members*. Spine 1993; 18:2231-2239
27. Frick H, Leonhardt H, Starck D. *Rumpfwand - A. Dorsale Leibeswand - 1. Wirbelsäule*. In: Frick H, Leonhardt H, Starck D Hrsg. *Allgemeine Anatomie - Spezielle Anatomie I*. Stuttgart - New York: Thieme, 1992: 454-479
28. Geisler FH, Mirvis SE, Zrebeet H, Joslyn JN. *Titanium wire internal fixation for stabilization of injury of the cervical spine: clinical results and postoperative magnetic resonance imaging of the spinal cord*. Neurosurgery 1989; 25:356-362
29. George B, Gauthier N, Lot G. *Multisegmental cervical spondylotic myelopathy and radiculopathy treated by multilevel oblique corpectomies without fusion*. Neurosurgery 1999; 44:81-90
30. Goel A, Laheri V. *Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation*. Acta Neurochir 1994; 129:47-53
31. Govender S, Kumar KP. *Staged reduction and stabilisation in chronic atlantoaxial rotatory fixation*. J Bone Joint Surg Br 2002; 84:727-731
32. Graham AW, Swank ML, Kinard RE, Lowery GL, Dials BE. *Posterior cervical arthrodesis and stabilization with a lateral mass plate. Clinical and computed tomographic evaluation of lateral mass screw placement and associated complications*. Spine 1996; 21:323-329

33. Grantham SA, Dick HM, Thompson RC Jr, Stinchfield FE. *Occipitocervical arthrodesis. Indications, technic and results.* Clin Orthop Relat Res 1969; 65:118-129
34. Griss P, Schuler P, Orth J. *A new plate for dorsal occipito-cervical fusion. Design, surgical technique, initial clinical results.* Z Orthop Ihre Grenzgeb 1994; 132:399-404
35. Grob D, Dvorak J, Gschwend N, Froehlich M. *Posterior occipito-cervical fusion in rheumatoid arthritis.* Arch Orthop Trauma Surg 1990; 110:38-44
36. Grob D, Dvorak J, Panjabi MM, Antinnes JA. *The role of plate and screw fixation in occipitocervical fusion in rheumatoid arthritis.* Spine 1994; 19:2545-2551
37. Grob D, Dvorak J, Panjabi MM, Froehlich M, Hayek J. *Posterior occipitocervical fusion. A preliminary report of a new technique.* Spine 1991; 16:17-24
38. Hadra BE. *Wiring of spinous process in injury and Pott's disease.* Transactions of the American Orthopedic Assosiation 1891; 4:206
39. Hamblen DL. *Occipito-cervical fusion. Indications, technique and results.* J Bone Joint Surg Br 1967; 49:33-45
40. Heinecke A, Hultsch E, Repges R. *Nichtparametrisch: Wilcoxon-Test.* In: Heinecke A, Hultsch E, Repges R, Hrsg. *Medizinische Biometrie: Biomathematik und Statistik.* Berlin - Heidelberg - New York: Springer Verlag, 1992: 164-170
41. Heller JG, Estes BT, Zaouali M, Diop A. *Biomechanical study of screws in the lateral masses: variables affecting pull-out resistance.* J Bone Joint Surg Am 1996; 78:1315-1321
42. Heller JG, Shuster JK, Hutton WC. *Pedicle and transverse process screws of the upper thoracic spine. Biomechanical comparison of loads to failure.* Spine 1999; 24:654-658
43. Hitchon PW, Brenton MD, Coppes JK, From AM, Torner JC. *Factors affecting the pullout strength of self-drilling and self-tapping anterior cervical screws.* Spine 2003; 28:9-13
44. Hitchon PW, Brenton MD, Black AG, From A, Harrod JS, Barry C, Serhan H, Torner JC. *In vitro biomechanical comparison of pedicle screws, sublaminar hooks, and sublaminar cables.* J Neurosurg 2003; 99:104-10945.

45. Hott JS, Deshmukh VR, Klopfenstein JD, Sonntag VK, Dickman CA, Spetzler RF, Papadopoulos SM. *Intraoperative Iso-C C-arm navigation in craniospinal surgery: the first 60 cases*. Neurosurgery 2004; 54:1131-1137
46. Hott JS, Papadopoulos SM, Theodore N, Dickman CA, Sonntag VK. *Intraoperative Iso-C C-arm navigation in cervical spinal surgery: review of the first 52 cases*. Spine 2004; 29:2856-2860
47. Huch K, Cakir B, Dreinhofer K, Puhl W, Richter M. *A new dorsal modular fixation device allows a modified approach in cervical and cervico-thoracic neoplastic lesions*. Eur Spine J 2004; 13:222-228
48. Huhn SL, Wolf AL, Ecklund J. *Posterior spinal osteosynthesis for cervical fracture/dislocation using a flexible multistrand cable system: technical note*. Neurosurgery 1991; 29:943-946
49. Jeanneret B, Gebhard JS, Magerl F. *Transpedicular screw fixation of articular mass fracture-separation: results of an anatomical study and operative technique*. J Spinal Disord 1994; 7:222-229
50. Jeanneret B. *Posterior rod system of the cervical spine: a new implant allowing optimal screw insertion*. Eur Spine J 1996; 5:350-356
51. Jones EL, Heller JG, Silcox DH, Hutton WC. *Cervical pedicle screws versus lateral mass screws. Anatomic feasibility and biomechanical comparison*. Spine 1997; 22:977-982
52. Kamimura M, Ebara S, Itoh H, Tateiwa Y, Kinoshita T, Takaoka K. *Cervical pedicle screw insertion: assessment of safety and accuracy with computer-assisted image guidance*. J Spinal Disord 2000; 13:218-224
53. Karnofsky DA. *In Evaluation of Chemotherapy Agents*. Columbia University Press, New York 1949. Macleod C M, (ed.): 191-205
54. Kast E, Mohr K, Richter HP, Borm W. *Complications of transpedicular screw fixation in the cervical spine*. Eur Spine J 2006; 15:327-334

55. Kim SM, Lim TJ, Paterno J, Hwang TJ, Lee KW, Balabhadra RS, Kim DH. *Biomechanical comparison of anterior and posterior stabilization methods in atlantoaxial instability*. J Neurosurg Spine 2004; 100:277-283
56. Kotani Y, Cunningham BW, Abumi K, McAfee PC. *Biomechanical analysis of cervical stabilization systems. An assessment of transpedicular screw fixation in the cervical spine*. Spine 1994; 19:2529-2539
57. Krauss WE, McCormick PC. *Cervical spondylotic myelopathy*. Semin Neurol 1993; 13:343-348
58. Kreshak JL, Kim DH, Lindsey DP, Kam AC, Panjabi MM, Yerby SA. *Posterior stabilization at the cervicothoracic junction: a biomechanical study*. Spine 2002; 27:2763-2770
59. Lee PC, Chun SY, Leong JC. *Experience of posterior surgery in atlanto-axial instability*. Spine 1984; 9:231-239
60. Lim TH, An HS, Evanich C, Hasanoglu KY, McGrady L, Wilson CR. *Strength of anterior vertebral screw fixation in relationship to bone mineral density*. J Spinal Disord 1995; 8:121-125
61. Lipscomb PR. *Cervico-occipital fusion for congenital and post-traumatic anomalies of the atlas and axis*. J Bone Joint Surg Am 1957; 39:1289-1301
62. Ludwig SC, Kramer DL, Vaccaro AR, Albert TJ. *Transpedicle screw fixation of the cervical spine*. Clin Orthop Relat Res 1999; 359:77-88
63. Margulies JY, Casar RS, Caruso SA, Neuwirth MG, Hafer TR. *The mechanical role of laminar hook protection of pedicle screws at the caudal end vertebra*. Eur Spine J 1997; 6:245-248
64. Mayfield FH. *Cervical spondylosis: a comparison of the anterior and posterior approaches*. Clin Neurosurg 1965; 13:181-188
65. Menezes AH, VanGilder JC, Clark CR, el-Khoury G. *Odontoid upward migration in rheumatoid arthritis. An analysis of 45 patients with "cranial settling"*. J Neurosurg 1985; 63:500-509

66. Mizuno J, Nakagawa H, Watabe T. *Combined anterior and posterior instrumentation in severe fracture-dislocation of the lower cervical spine with help of navigation: a case report.* J Clin Neurosci 2001; 8:446-450
67. Newman P, Sweetnam R. *Occipito-cervical fusion. An operative technique and its indications.* J Bone Joint Surg Br 1969; 51:423-431
68. Nurick S. *The natural history and the results of surgical treatment of the spinal cord disorder associated with cervical spondylosis.* Brain 1972; 95:101-108
69. Olerud C, Lind B, Sahlstedt B. *The Olerud Cervical Fixation System; a study of safety and efficacy.* Ups J Med Sci 1999; 104:131-143
70. Papagelopoulos PJ, Currier BL, Neale PG, Hokari Y, Berglund LJ, Larson DR, Fisher DR, An KN. *Biomechanical evaluation of posterior screw fixation in cadaveric cervical spines.* Clin Orthop Relat Res 2003; 411:13-24
71. Perry J, Nickel VL. *Total cervical spine fusion for neck paralysis.* J Bone Joint Surg Am 1959; 41:37-60
72. Putz R. *Rumpf.* In: Drenckhahn D. and Zenker W, Hrsg. *Benninghoff Anatomie 15., völlig neu bearbeitete Auflage.* München Wien Baltimore: Urban, Schwarzenberg, 1994: 245-280
73. Ransford AO, Crockard HA, Pozo JL, Thomas NP, Nelson IW. *Craniocervical instability treated by contoured loop fixation.* J Bone Joint Surg Br 1986; 68:173-177
74. Richter M. *Posterior instrumentation of the cervical spine using the neon occipito-cervical system. Part 2: cervical and cervicothoracic instrumentation.* Oper Orthop Traumatol 2005; 17:579-600
75. Richter M, Amiot LP, Neller S, Kluger P, Puhl W. *Computer-assisted surgery in posterior instrumentation of the cervical spine: an in-vitro feasibility study.* Eur Spine J 2000; 9:65-70
76. Richter M, Amiot LP, Puhl W. *Computer navigation in dorsal instrumentation of the cervical spine--an in vitro study.* Orthopäde 2002; 31:372-377
77. Richter M, Mattes T, Cakir B. *Computer-assisted posterior instrumentation of the cervical and cervico-thoracic spine.* Eur Spine J 2004; 13:50-59

78. Richter M, Schmidt R, Claes L, Puhl W, Wilke HJ. *Posterior atlantoaxial fixation: biomechanical in vitro comparison of six different techniques*. Spine 2002; 27:1724-1732
79. Richter M, Wilke HJ, Kluger P, Claes L, Puhl W. *Load-displacement properties of the normal and injured lower cervical spine in vitro*. Eur Spine J 2000; 9:104-108
80. Richter M, Wilke HJ, Kluger P, Neller S, Claes L, Puhl W. *Biomechanical evaluation of a new modular rod-screw implant system for posterior instrumentation of the occipito-cervical spine: in-vitro comparison with two established implant systems*. Eur Spine J 2000; 9:417-425
81. Richter M, Wilke HJ, Neller S, Claes L, Puhl W. *Neon - a new angle-stable implant system for dorsal occipitocervical instrumentation. Biomechanical comparison with established systems*. Orthopäde 2002; 31:346-355
82. Robinson RA, Southwick WO. *Indications and technics for early stabilization of the neck in some fracture dislocations of the cervical spine*. South Med J 1960; 53:565-579
83. Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C, Gagna G, Caubel P, Ciniglio M. *The surgical treatment of post-traumatic vertebral deformities*. Ital J Orthop Traumatol 1986; 12: 419-426
84. Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C. *The Cervical Spine*. 2nd ed. Internal Fixation of the unstable cervical spine by a posterior osteosynthesis with plates and screws. 1989. 390-403
85. Samaha C, Lazennec JY, Laporte C, Saillant G. *Hangman's fracture: the relationship between asymmetry and instability*. J Bone Joint Surg Br 2000; 82:1046-1052
86. Sasso RC, Jeanneret B, Fischer K, Magerl F. *Occipitocervical fusion with posterior plate and screw instrumentation. A long-term follow-up study*. Spine 1994; 19:2364-2368
87. Singh K, Vaccaro AR, Kim J, Lorenz EP, Lim TH, An HS. *Biomechanical comparison of cervical spine reconstructive techniques after a multilevel corpectomy of the cervical spine*. Spine 2003; 28:2352-2358

88. Smith MD, Anderson P, Grady MS. *Occipitocervical arthrodesis using contoured plate fixation. An early report on a versatile fixation technique.* Spine 1993; 18:1984-1990
89. Sonntag VK, Kalfas I. *Innovative cervical fusion and instrumentation techniques.* Clin Neurosurg 1991; 37:636-660
90. Sutterlin CE 3rd, Bianchi JR, Kunz DN, Zdeblick TA, Johnson WM, Rapoff AJ. *Biomechanical evaluation of occipitocervical fixation devices.* J Spinal Disord 2001; 14:185-192
91. Sutterlin CE 3rd, McAfee PC, Warden KE, Rey RM Jr, Farey ID. *A biomechanical evaluation of cervical spinal stabilization methods in a bovine model. Static and cyclical loading.* Spine 1988; 13:795-802
92. Tye GW, Graham RS, Broaddus WC, Young HF. *Graft subsidence after instrument-assisted anterior cervical fusion.* J Neurosurg 2002; 97:186-192
93. Ulrich C, Woersdoerfer O, Kalff R, Claes L, Wilke HJ. *Biomechanics of fixation systems to the cervical spine.* Spine 1991; 16:4-9
94. Ulrich C, Worsdorfer O, Claes L, Magerl F. *Comparative study of the stability of anterior and posterior cervical spine fixation procedures.* Arch Orthop Trauma Surg 1987; 106:226-231
95. Vaccaro AR, Falatyn SP, Scuderi GJ, Eismont FJ, McGuire RA, Singh K, Garfin SR. *Early failure of long segment anterior cervical plate fixation.* J Spinal Disord 1998; 11:410-415
96. Vaccaro R, Conant RF, Hilibrand AS, Albert TJ. *A plate-rod device for treatment of cervicothoracic disorders: comparison of mechanical testing with established cervical spine in vitro load testing data.* J Spinal Disord 2000; 13:350-355
97. Vieweg U, Rao G, Stoffel M, Meyer B. *Tumor surgery of the upper cervical spine.* Chirurg 2000; 71:1144-1151
98. Wada E, Suzuki S, Kanazawa A, Matsuoka T, Miyamoto S, Yonenobu K. *Subtotal corpectomy versus laminoplasty for multilevel cervical spondylotic myelopathy: a long-term follow-up study over 10 years.* Spine 2001; 26:1443-1448

99. Ware JE, Kosinski M, Gandek B. *SF-36 Health Survey; Manual and Interpretation Guide*. Lincoln, RI: QualityMetric Incorporated, 2000
100. Ware JE, Kosinski M. *SF-36 Physical and Mental Health Summary Scales: A Manual for Users of Version 1, Second Edition*. Lincoln, RI: QualityMetric Incorporated, 2001
101. Wertheim SB, Bohlman HH. *Occipitocervical fusion. Indications, technique, and long-term results in thirteen patients*. *J Bone Joint Surg Am* 1987; 69:833-836
102. Yonenobu K, Hosono N, Iwasaki M, Asano M, Ono K. *Laminoplasty versus subtotal corpectomy. A comparative study of results in multisegmental cervical spondylotic myelopathy*. *Spine* 1992; 17:1281-1224
103. Yonenobu K, Hosono N, Iwasaki M, Asano M, Ono K. *Neurologic complications of surgery for cervical compression myelopathy*. *Spine* 1991; 16:1277-1282
104. Yoshimoto H, Sato S, Hyakumachi T, Yanagibashi Y, Masuda T. *Spinal reconstruction using a cervical pedicle screw system*. *Clin Orthop Relat Res* 2005; 431:111-119