

Künstliche Bandscheibe HWS

Matti Scholz, Andreas Pingel, Christoph-Heinrich Hoffmann, Frank Kandziora



Die zervikale Bandscheibenendoprothetik kann sehr gute Ergebnisse erzielen, wenn präoperativ eine sorgfältige Abklärung erfolgt ist und die richtige Patientenselektion getroffen wird. Dieser Artikel soll als Hilfestellung dienen, die Indikation zur Versorgung mit einer zervikalen Bandscheibenprothese zu stellen, die Implantationstechnik als auch Komplikationsmöglichkeiten erläutern und einen Literaturüberblick über das Outcome nach Versorgung mit einer zervikalen Bandscheibenprothese geben.

Einleitung

Weltweit werden ca. eine Million Patienten pro Jahr aufgrund degenerativer Veränderungen operativ an der Wirbelsäule mit einem versteifenden Verfahren (Fusion) behandelt. Obwohl diese versteifenden Operationsverfahren somit weltweit etabliert, akzeptiert und sicher sind, werden die potenziellen Nachteile der „Versteifung“ von Seiten der Ärzte als auch der Patienten wiederholt kritisch diskutiert. Insbesondere wird kritisiert, dass die Fusion eines Bewegungssegmentes unphysiologisch sei und den Verlust der Beweglichkeit im betreffenden Bewegungssegment zur Folge hat. Es wird postuliert, dass diese segmentale Unbeweglichkeit zu einer Überlastung der benachbarten Bewegungssegmente führt, wodurch eine verfrühte Degeneration in den Nachbarsegmenten eintreten kann [1,2].

Bei monosegmentaler Fusion werden hohe Fusionsraten beschrieben, wobei aber als potenzielle Komplikationen das Implantatversagen, die Implantatsinterung und Ausbildung einer Pseudarthrose (insbesondere bei Stand-alone Cage-Implantation) mit nachfolgender Re-Kyphosierung und insuffizientem sagittalem Alignment beschrieben werden [2].

Eine Möglichkeit, diese Probleme zu vermeiden, stellt die Verwendung einer Bandscheibenprothese dar. Die Bandscheibenprothese soll nach operativer Entfernung der Bandscheibe und erfolgter Dekompression des Spinalkanals die Höhe des Segmentes bewegungserhaltend wiederherstellen, damit die Facettengelenke entlasten und zu einer foraminale Dekompression beitragen. Es wird postuliert, dass durch die erreichte Wiederherstellung des sagittalen Profils bei erhaltener segmentaler Beweglichkeit die Degeneration der Anschlusssegmente verlangsamt oder sogar verhindert werden kann.

Die Erstbeschreibung einer Bandscheibenprothese wird Fernström zugeschrieben, der 1966 die Implantation einer Edelmetallkugel in den Bandscheibenraum beschrieb [3], obwohl Reitz und Joubert bereits 1964 [4] eine Studie über 75 Implantationen eines Bandscheibenersatzes veröffentlichten. Die Implantation dieser ersten einfachen „Bandscheibenprothese“ war mit vielen Problemen wie z. B. Hypermobilität und Sinterung behaftet.

Nach Weiterentwicklung des Prothesendesigns galten Bandscheibenprothesen zur Jahrtausendwende als große Hoffnungsträger. Es wurden viele verschiedene Modelle von unterschiedlichen Herstellern, insbesondere an der Lendenwirbelsäule verwendet. Der Hype der Bandscheibenprothesen wurde jedoch durch hohe intraoperative und postoperative Komplikationen aufgrund der anspruchsvollen Operationstechnik als auch durch ernüchternde klinische Ergebnisse gedämpft,

ABKÜRZUNGEN

ACD	anterior cervical Decompression
ACDF	anterior Decompression and Fusion
BV	Bildverstärker
BW	Brustwirbel
cTDR	cervical total Disc Replacement
CTS	Karpaltunnelsyndrom
FDA	Food and Drug Administration (United States)
HO	heterotope Ossifikation
HW	Halswirbel
HWS	Halswirbelsäule
KG	Kraftgrad
MRT	Magnetresonanztomographie
NPP	Nucleus-pulposus-Prolaps
PRT	periradikuläre Therapie
TDR	total Disc Replacement
VAS	Visuelle Analogskala

► **Tab. 1** Eigenschaften der derzeit gängigsten zervikalen Bandscheibenprothesen.

Produkt	Hersteller	Kinematik	Gleitpaarung	Biomaterialien
Activ C	Aesculap AG	semi-constrained	Metall/Polymer	CoCrMo EP, Polyethylen Inlay
Baguera-C	Spineart	non-constrained	Metall/Polymer	CoCrMo EP, Polyethylen Inlay
Bryan	Medtronic	non-constrained	Metall/Polymer	Titan EP, Polyurethan Inlay
M6-C	Spinal Kinetics, Sunnyvale, CA	non-constrained	Metall/Polymer	Titan EP, PCU Nukleus, Polyethylen Anulus
Mobi-C	LDR Medical	non-constrained	Metall/Polymer	Titan EP, Polyurethan Inlay
Prestige LP	Medtronic	non-constrained	metal-on-metal	Titan-Keramik Gemisch
Prodisc-C Vivo	DepuySynthes Spine	semi-constrained	Metall/Polymer	CoCrMo EP, Polyethylen (UHMWPE) Inlay
Rotaio	Signus Medizintechnik	non-constrained	metal-on-metal	Titan-EP CoCr Inlay
Secure-C	Globus Medical	semi-constrained	Metall/Polymer	CoCrMo EP, Polyethylen Inlay

Abkürzungen

CoCrMo = Cobalt-Chrom-Molybdän

EP = Endplatte

PCU = Polycarbonateurethan

UHMWPE = Ultrahochmolekulargewichtiges Polyethylen

sodass insbesondere die lumbale Bandscheibenendo-prothetik zunehmend kritisch betrachtet wurde.

Durch die daraufhin intensiviertere Forschungs- und Entwicklungsarbeit von Medizinern und Industrie konnte in den letzten 10 Jahren Einiges am Design, der Funktionalität und der Implantationstechnik insbesondere der zervikalen Bandscheibenprothesen verändert werden. Die modernen zervikalen Bandscheibenprothesen bestehen in der Regel aus einer Metall-Kunststoff- (ultrahochmolekulares Polyethylen) Gleitpaarung. Nur bei wenigen Prothesen kommt eine Gleitpaarung „metal-on-metal“ zum Einsatz.

Mechanisch sind zervikale Bandscheibenprothesen in der Regel „non-constrained“ mit frei beweglichem Rotationszentrum oder „semi-constrained“ mit einem fixierten Rotationszentrum designt (► **Tab. 1**). Einige Prothesen ermöglichen durch das Zusammenspiel der Metall-Polyethylen-Gleitpaarung/künstlichen Anulus zusätzlich eine axiale Dämpfung („compressible core design“).

Indikationen und Kontraindikationen

Prinzipiell sind die Indikationen zur Implantation einer zervikalen Bandscheibenprothese vergleichbar mit den Indikationen zur interkorporellen Fusion an der Halswirbelsäule, wobei relevante Voraussetzungen sowie deutlich mehr Kontraindikationen im Vergleich zur Fusion zu beachten sind.

Indikationen

Als primäre Indikation zur Implantation einer zervikalen Bandscheibenprothese werden zervikale Bandscheibenvorfälle angesehen, die nicht endoskopisch oder über eine dorsale intraforaminale Dekompression (Frykholm-OP) behandelt werden können.

Die Implantation einer Bandscheibenprothese ist auch im Rahmen erweiterter Indikationen wie z. B. bei zervikaler Myelopathie [5], mehrsegmentaler Pathologie [6], als Hybridversorgung in Kombination ACDF bei mehrsegmentaler Pathologie [7, 8], Radikulopathie bei ausgeprägter knöcherner Foramenstenose [9] als auch zur Behandlung der Anschlussdegeneration nach vorheriger Fusion [10] möglich. Diese erweiterten Indikationen werden aber teils kontrovers diskutiert, sodass die Bandscheibenprothesenimplantation in diesem Indikationsspektrum nicht uneingeschränkt empfohlen werden kann.

Zervikale Bandscheibenvorfälle mit passendem radikulärem Schmerz und/oder zur betroffenen Nervenwurzel passendem motorischem Defizit KG >3 stellen bei Versagen der leitliniengerechten konservativen Therapie (s. a. die aktualisierte Leitlinie „Zervikale Radikulopathie“) eine relative OP-Indikation dar. Eine absolute Operationsindikation besteht, wenn aufgrund eines zervikalen Bandscheibenvorfalles eine passende radikuläre neurologische Ausfallsymptomatik mit einem Kraftgrad (KG) ≤3 besteht.

Vor Implantation einer Bandscheibenprothese muss geprüft werden, ob die notwendigen Voraussetzungen zur Implantation einer Bandscheibenprothese gegeben sind (s. Übersicht). Als wesentliche Voraussetzungen gelten die erhaltene physiologische Mobilität des Bewegungssegmentes und die Intaktheit der dorsalen ligamentären Strukturen (Zuggurtung) als auch der knöchernen Strukturen (Facettengelenke) (s. a. Übersicht).

ÜBERSICHT

Voraussetzungen für zervikale Bandscheibenendoprothetik

- mobiles Bewegungssegment
- intakte Facettengelenke
- intakte dorsale ligamentäre Strukturen
- residuelle Bandscheibenhöhe > 3 mm

Kontraindikationen

Als wesentliche absolute Kontraindikationen zur Implantation einer zervikalen Bandscheibenprothese gelten entzündliche Prozesse, stattgehabte Verletzungen, fortgeschrittene Facettengelenkarthrose, strukturelle sagittale/frontale Deformität, segmentale Instabilität, Tumorerkrankungen sowie das Vorliegen einer manifesten Osteoporose (s. a. Übersicht).

Merke

Die Ergebnisse der Bandscheibenprothesenimplantation sind ganz entscheiden von einer sicheren Indikationsstellung abhängig.

In Anlehnung an das schmale Indikationsspektrum der lumbalen Bandscheibenprothetik wird die zervikale Bandscheibenendoprothetik auch heute noch eher zurückhaltend eingesetzt.

So hat die Arbeitsgruppe von Auerbach et al. [11] die Indikationsstellung zur Fusion und TDR (total Disc Replacement) retrospektiv anhand von 167 operierten Patienten (Durchschnittsalter 50,8 Jahre, 20–89 Jahre) analysiert. 91,6% der Patienten erhielten eine ventrale zervikale Fusion, und 8,4% wurden mit einer Bandscheibenprothese versorgt. Bei Zugrundelegung der von den Herstellern vorgegebenen strengen Indikationen/Kontraindikationen wiesen 57% der 167 Patienten retrospektiv eine absolute Kontraindikation für eine Bandscheibenprothese auf, sodass prinzipiell 43% der Patienten mit einer Bandscheibenprothese hätten versorgt werden können.

Interessant ist dies unter dem Gesichtspunkt der aktuellen Studienlage, die mit Level-I-Evidenz nachweist, dass die monosegmentale zervikale Bandscheiben-

ÜBERSICHT

Kontraindikationen zervikale Bandscheibenendoprothetik

Absolute Kontraindikationen

- entzündliche Erkrankungen
- manifeste Osteoporose
- Morbus Bechterew
- Neoplasie
- iatrogene Instabilitäten (z. B. Postlaminektomiesyndrom)
- sagittale/frontale Deformitäten
- translatorische Instabilitäten
- traumatische segmentale Veränderungen
- vorangeschrittene Facettengelenkarthrose

Relative Kontraindikationen

- spondylotische zervikale Myelopathie
- vorangeschrittene Spondylchondrose

doprothetik bei Beachtung der Indikationen und Kontraindikationen mindestens gleichwertige klinische Ergebnisse im Vergleich mit der monosegmentalen Fusion liefert [9, 12].

Präoperative Diagnostik

Klinische Untersuchung

Meist präsentiert sich der Patient mit einem aktuellen MRT, das aufgrund von Armschmerzen, neurologischen Ausfällen oder unspezifischen Halswirbelsäulenbeschwerden angefertigt wurde. In der Sprechstunde sollte der Patient klinisch untersucht werden. Dabei sollte die Beweglichkeit der Halswirbelsäule in allen Bewegungsrichtungen und der Tonus der paravertebralen Muskulatur dokumentiert werden.

Spurling-Test

Als wesentlicher Test, der auf das Vorliegen einer Wurzelkompression hinweist, ist der Spurling-Test (Foramenokklusionstest) zu nennen. Dabei wird die extendierte Halswirbelsäule nach links oder rechts geneigt und anschließend durch Druck auf den Kopf komprimiert. Bei positivem Test gibt der Patient typische einschließende radikuläre Schmerzen, eine Verstärkung der Dauerschmerzen als auch ggf. dermatombezogene Missempfindungen im entsprechenden Arm an. Zur Kontrolle kann dann die Halswirbelsäule durch Zug am Kopf extendiert werden, was zu einer Schmerzreduktion führt und von den Patienten häufig als angenehm beschrieben wird. Bei Schmerzfreiheit oder ausschließlicher Angabe von Nackenschmerzen ist der Spurling-Test negativ.

Differenzialdiagnostik

Differenzialdiagnostisch sollten das Schultergelenk als auch das Akromioklavikulargelenk untersucht und ein möglicherweise vorliegendes Nervenengpasssyndrom ausgeschlossen werden (z. B. CTS).

Neurologische Untersuchung

An die klinische Untersuchung schließt sich eine orientierende neurologische Untersuchung an. Dabei sollte die Dermatomezugehörigkeit der Schmerzausstrahlung, der sensorischen und/oder motorischen Defizite als auch der Reflexausfälle untersucht werden. Bei nicht eindeutigen Befunden ist ggf. eine differenzialdiagnostische fachneurologische und/oder elektrophysiologische Abklärung zu empfehlen. Daneben bietet sich im Zweifelsfall die Durchführung einer probatorischen Nervenwurzelblockade an.

Apparative Diagnostik

MRT

Merke

Die Kernspintomografie stellt in der Diagnostik eines zervikalen Bandscheibenvorfalls den Goldstandard dar.

Bei MRT-Kontraindikationen kann alternativ eine CT-Diagnostik durchgeführt werden. Vor Indikationsstellung zur Operation ist immer zu prüfen, ob der sich radiologisch darstellende Befund (z. B. Kompression der Nervenwurzel durch einen NPP) zur klinischen und neurologischen Symptomatik des Patienten passt. Bei Diskrepanz zwischen klinisch/neurologischem und radiologischem Bildbefund oder konkurrierenden Bildbefunden kann eine Infiltration der Nervenwurzel (PRT) zur Etagediagnostik durchgeführt werden. Bei temporärer Beschwerdebesserung würde sich die Indikation zur Operation erhärten. Bei ausbleibender Wirkung sollten wiederum alternative Beschwerdeursachen abgeklärt werden (Schultergelenkpathologie, peripheres Nervenkompressionssyndrom, Plexusläsionen).

Röntgen

Wenn die Indikation zur operativen Behandlung gestellt wurde und die Entscheidung zur Wahl des Operationsverfahrens ansteht, sollten zunächst konventionelle Röntgenbilder der Halswirbelsäule angefertigt werden. Anhand dieser Aufnahmen im Stehen angefertigten Röntgenbilder kann das Alignment der Halswirbelsäule unter Belastung hinsichtlich des Vorhandenseins einer abnormalen segmentalen/globalen Kyphose/Lordose oder auch Skoliose evaluiert werden (► **Abb. 1b**).

Da sich in der nativen Röntgendiagnostik häufig funktionelle segmentale Kyphosen (► **Abb. 1b**) darstellen, wird zusätzlich die Anfertigung von Funktionsaufnahmen der Halswirbelsäule in Flexion und Extension empfohlen. Dadurch kann eine degenerative Instabilität im betroffenen Bewegungssegment (cave: Kontraindikation!) ausgeschlossen und eine ausreichende Mobilität des Indexsegmentes mit Möglichkeit zur Aufrichtung nachgewiesen werden (► **Abb. 1c**).

Computertomografie

Sollten sich relevante segmentale degenerative Auffälligkeiten zeigen oder facetogene Nackenschmerzen vermutet werden, so bietet das CT eine dezidierte Möglichkeit, das Ausmaß der Facettenarthrose oder das Ausmaß der Osteochondrose zu klassifizieren (► **Abb. 1d**).

Probatorische Facettengelenkinfiltration

Bei zusätzlich bestehenden Nackenschmerzen und initialer Facettengelenkarthrose (Fujiwara Grad II, Pathria Grad I) kann eine Facettengelenkinfiltration durchgeführt werden, um einen facetogenen Nackenschmerz auszuschließen. Sollte auf die probatorische Facetteneinfiltration hin eine signifikante Besserung der Nuchalgien zu verzeichnen sein, ist eine relevante Facettengelenkdegeneration anzunehmen, was gegen den Einsatz einer Bandscheibenendoprothese spräche.

Diskografie

Eine Diskografie zur Provokation eines diskogenen Schmerzes an der HWS ist technisch aufwendig. Bei fehlender Datenlage zur Evidenz, fraglicher Aussagekraft und risikobehafteter Durchführung bleibt eine zervikale Discografie allenfalls Ausnahmefällen vorbehalten.

Angiografie der hirnversorgenden Gefäße

Eine spezielle Darstellung der Anatomie der Halsgefäße ist für den ventralen Zugang zur Halswirbelsäule nicht zwingend notwendig. Allerdings sollten die vorliegenden radiologischen Bilddokumente hinsichtlich möglicher anatomischer Anomalien der Vertebralarterie im Zielsegment gescreent werden.

FALLBEISPIEL

Fall 1: Indikationsstellung

Das Fallbeispiel beschreibt eine 22-jährige Patientin mit sensomotorischem C6-Syndrom links (► **Abb. 1**). Die klinische Untersuchung zeigt einen Kraftgrad (KG) von 4, und die Patientin beklagt moderate Nackenschmerzen. Das MRT zeigt einen breitbasigen Nucleus-pulposus-Prolaps (NPP) mediolateral links im HW 5/6, die Röntgenaufnahme der HWS eine funktionelle Kyphose im betroffenen Seg-

ment. In den Funktionsaufnahmen der HWS in Flexion/Extension kann eine gute segmentale Mobilität und Reversibilität der segmentalen Kyphose nachgewiesen werden. In der Computertomografie der HWS gelingt der Ausschluss einer relevanten Facettengelenksarthrose.

Somit handelt es sich um eine ideale Patientin zur Implantation einer zervikalen Bandscheibenendoprothese.



► **Abb. 1** Fall 1. **a** MRT mit Darstellung eines breitbasigen Nucleus-pulposus-Prolaps mediolateral links HW 5/6. **b** Röntgen-HWS mit funktioneller Kyphose im betroffenen Segment. **c** Funktionsaufnahmen der HWS in Flexion/Extension mit Nachweis einer guten segmentalen Mobilität und Reversibilität der segmentalen Kyphose. **d** CT HWS und Ausschluss einer relevanten Facettengelenksarthrose.

Aufklärung

Bei der Aufklärung für eine zervikale Bandscheibenprothese sollte auf die typischen perioperativen und postoperativen Risiken des gewählten Zugangs/der Versorgungsstrategie eingegangen werden (s. a. Infobox).

Operationsvorbereitung

Für die Operation werden die Patienten in der Regel oral intubiert. Der Beatmungsschlauch wird regelhaft nach kranial über den Kopf geführt. Daher ist die Verwendung eines Spiraltubus zu empfehlen, um das Abknicken des Tubus mit nachfolgenden Beatmungsproblemen zu vermeiden. Zusätzlich ist eine Cuffdruckmessung notwendig, um den Cuffdruck intraoperativ

PRAXIS

Tipp

Zur Reduktion des Risikos für eine Ösophagusverletzung sollte der Ösophagus durch eine Magensonde geschient werden. Dadurch kann dieser intraoperativ leichter identifiziert und geschont werden.

ÜBERSICHT

Aufklärung: zu nennende Risiken

- Lagerungsschaden
- Verletzung von Trachea oder Ösophagus
- intraoperative Blutung (epiduraler Venenplexus, A. carotis, V. jugularis)
- Nachblutung/Hämatom mit ggf. notfallmäßiger Revisionsindikation
- Verletzung N. laryngeus recurrens → Stimmbandparese mit Heiserkeit
- Verletzung des Grenzstrangs → Horner-Syndrom
- Verletzung von Nervenwurzeln/Rückenmark → Radikulopathie/Querschnittsyndrom
- Eröffnung der Dura → Durafistel
- selten Wundheilungsstörungen/Wundinfekt
- Protheseninfektion mit Notwendigkeit zum Ausbau und nachfolgender Versteifung
- Implantatextrusion/Sinterung/Lockerung der Prothese
- Spontanfusion im Indexsegment
- Anschlusssegmentproblematik
- Reststenose der Neuroforamina

regulieren zu können. Es sollte immer eine Magensonde eingelegt werden, um den Ösophagus intraoperativ zu tasten um dessen Lage im Zugangsgebiet zu verifizieren.

OP-Technik

Lagerung

Für die ventrale Dekompression und Bandscheibenprothesenimplantation erfolgt die Lagerung des Patienten in Rückenlage. Der Kopf kann in einer Kopfschale (► **Abb. 2a**), in einem Kopfring oder alternativ in der Mayfield-Klemme gelagert werden. Eine zusätzliche Unterpolsterung des Nackens, z. B. mittels Nackenrolle, kann die Stabilität der Halswirbelsäule für das spätere Einschlagen der Prothese erhöhen. Wenn möglich, sollte die Halswirbelsäule in einer physiologischen Lordose und orthograder Einstellung gelagert werden, um später die adäquate intraoperative Positionierung der Prothese zu erleichtern (► **Abb. 2a**).

Abschließend sollte die HWS mittels Bildverstärker im seitlichen und a.-p.-Strahlengang durchleuchtet werden, um die achsgerechte Stellung und eine ausreichende Visualisierung des Zielsegmentes zu verifizieren. Die seitliche Durchleuchtbarkeit der unteren Halswirbelsäule kann durch die Überprojektion des Schultergürtels erschwert sein. Hier können die Arme ggf. vorsichtig mittels Zugeinrichtung oder Pflasterzügelung nach kaudal gezogen werden, um auch kaudale Bewegungssegmente intraoperativ radiologisch ausreichend zu visualisieren (► **Abb. 2b**).

Zugang

Der anterolaterale (ventrale) Zugang ist der Standardzugang für die zervikale Dekompression und Bandscheibenprothesenimplantation. Dieser Zugang erfolgt weichteilschonend streng medial des M. sterno-

cleidomastoideus, entlang anatomisch vorgegebener Verschiebeschichten (► **Abb. 3**).

Der Hautschnitt kann horizontal (► **Abb. 3** oben) ausgehend von der Mittellinie bis zum M. sternocleidomastoideus in Projektion auf das Indexsegment (Cloward-Zugang) oder auch longitudinal direkt am Vorderrand des M. sternocleidomastoideus erfolgen (Smith-Robinson-Zugang).

Merke

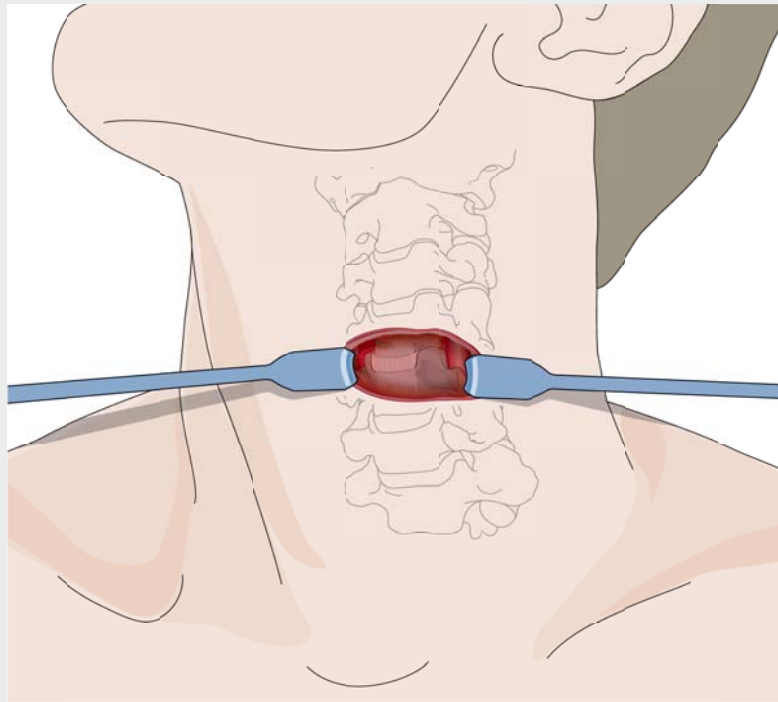
Der Cloward-Zugang eignet sich insbesondere für die mono- und bisegmentale Pathologie, ergibt das kosmetisch günstigere Ergebnis und wird als Standardzugang für die Bandscheibenprothesenimplantation angesehen (► **Abb. 4b).**

Ob der Zugang von links oder rechts durchgeführt wird, obliegt der klinischen Erfahrung und Präferenz des Chirurgen. Bei bereits voroperierter Halswirbelsäule bietet sich der Zugang von der Gegenseite an, da dort weniger narbige Verklebungen zu erwarten sind. In diesem Fall ist präoperativ eine Läsion des N. recurrens auf der voroperierten Seite sicher auszuschließen. Bei Nachweis einer Recurrensläsion auf der voroperierten Seite ist ein Zugang auf der gleichen Seite obligat!

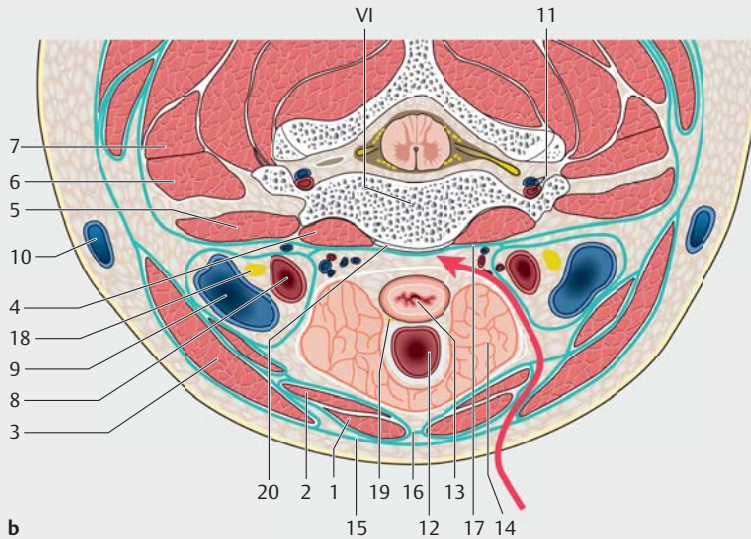
Nach erfolgtem Hautschnitt, subtiler Blutstillung und Eröffnung des Platysma sollten die weitere Präparation und Dissektion stumpf erfolgen, um das Risiko für die Verletzung vaskulärer, viszeraler und neuraler Strukturen zu minimieren. Dabei ist es hilfreich, nach Identifikation des M. sternocleidomastoideus (► **Abb. 5a**) die Trachea und den Ösophagus mit einem stumpfen Haken (z. B. Zenker-Haken) nach medial zu mobilisieren und die A. carotis zu tasten.



► **Abb. 2** 47-jähriger Patient mit sensiblem C6-Syndrom links bei Nucleus-pulposus-Prolaps (NPP) im Halswirbel 5/6. **a** Oral intubierter Patient in Rückenlagerung im Kopfring mit reklinierter Halswirbelsäule und einliegender Magensonde. **b** Seitliche Durchleuchtung der HWS mit moderatem Zug an den Armen über eine Pflasterzügelung.



a



b

- 1 M. sternohyoideus
- 2 M. sternohyoideus
- 3 M. sternocleidomastoideus
- 4 M. longus colli
- 5 M. scalenus anterior
- 6 M. scalenus medius
- 7 M. scalenus posterior
- 8 A. carotis communis
- 9 V. jugularis interna
- 10 V. jugularis externa
- 11 Vasa vertebralia
- 12 Trachea
- 13 Oesophagus
- 14 Glandula thyroidea
- 15 Fascia cervicalis, Lamina superficialis
- 16 Fascia cervicalis, Lamina praetrachealis
- 17 Fascia cervicalis, Lamina praevertebralis
- 18 N. vagus
- 19 N. laryngeus recurrens
- 20 Lig. longitudinale anterius
- VI Vertebra cervicalis

► **Abb. 3** Darstellung der Wirbelkörperoberfläche per linksseitigem Smith-Robinson Zugang. Ulrich C, Bühren V. Verletzungen der Halswirbelsäule. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2006; 1: 415–441.

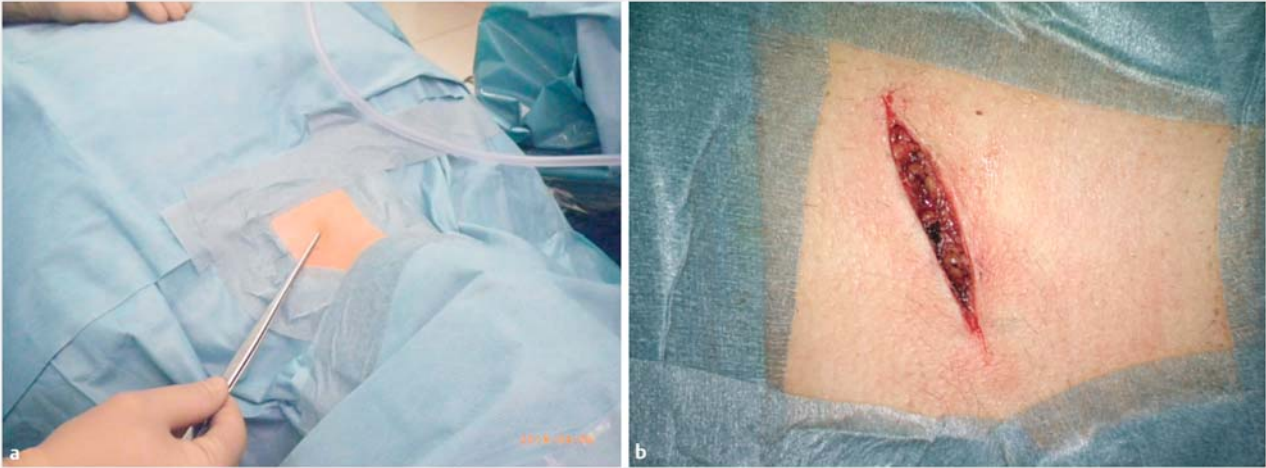
Merke

Die A. carotis muss bei der Präparation zwingend lateral des Präparationsfeldes getastet und belassen werden.

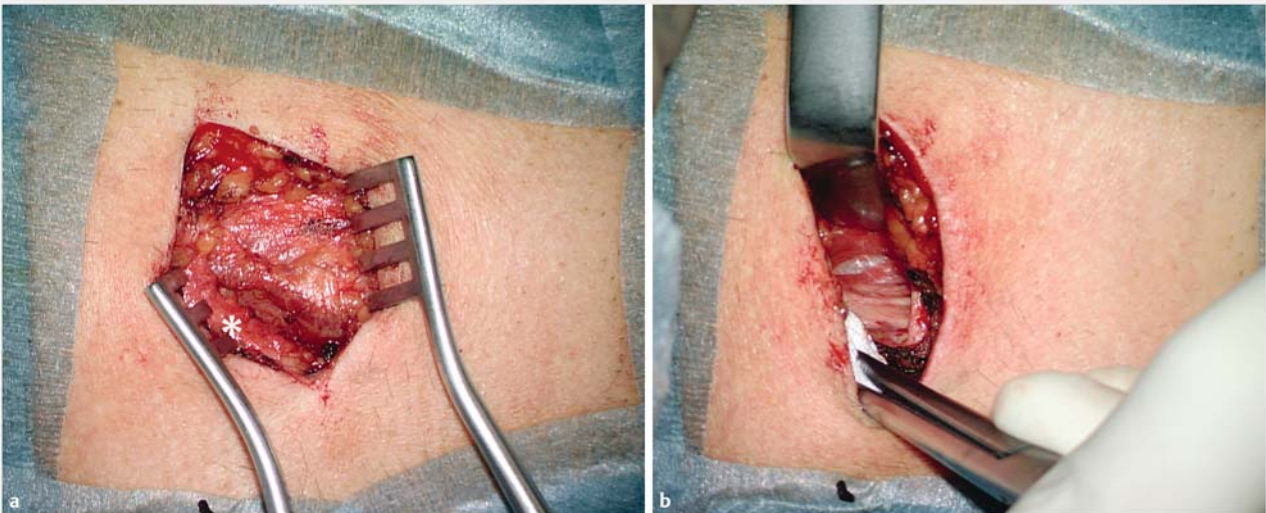
Bei korrekter Präparation kann dann in der Tiefe der ventrale Anteil der Halswirbelsäule ertastet werden (► **Abb. 5b**). Die darüber liegende tiefe Halsfaszie muss in der Regel scharf eröffnet werden. Bei der Präparation empfiehlt es sich, das kranial und kaudal des Indexsegmentes gelegene Segment ebenso zu expo-

nieren, um die Retraktionskräfte des Weichteilsperrers zu reduzieren.

Danach sollte beidseits der ventrolateral auf der Halswirbelsäule liegende M. longus colli vorsichtig von medial nach lateral mobilisiert werden, um den Weichteilsperrers darunter platzieren zu können (► **Abb. 6a**). Da auf diesem Muskel sympathische Nervenfasern verlaufen, sollten die Verwendung von monopolarer Strom und eine ausgedehnte bipolare Koagulation vermieden werden. Eine Läsion dieses sympathischen Nerven-



► **Abb. 4** Horizontaler linksseitiger Cloward-Zugang. **a** Planung des horizontalen linksseitigen Cloward-Zugangs zum Segment HW 6/7 medial des M. sternocleidomastoideus **b** Situs nach Hautschnitt.



► **Abb. 5a** Situs nach Eröffnung des Platysma mit Darstellung des M. sternocleidomastoideus (Stern). **b** Situs nach stumpfer Präparation und Darstellung des ventralen Anteils der Halswirbelsäule.

flechtes kann ein temporäres oder dauerhaftes Horner-Syndrom zur Folge haben.

Merke

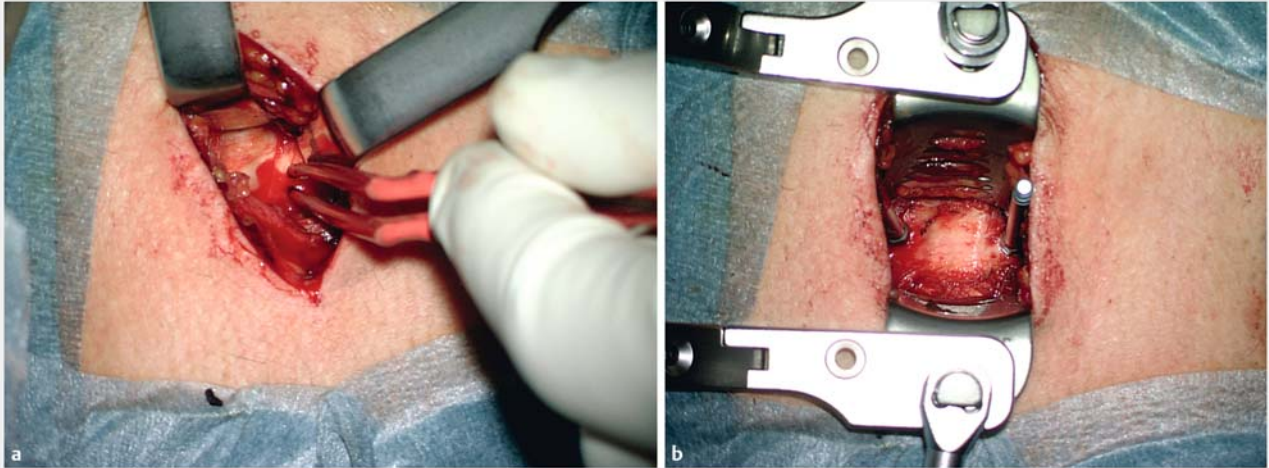
Die Anpassung und Reduktion des Cuffdrucks nach dem Einbringen der Weichteilsperrer kann die Häufigkeit einer Recurrensparese reduzieren [14].

Bei korrektem Zugang sollte abschließend das Gefäß-Nerven-Bündel (A. carotis, V. jugularis, N. vagus) lateral des Zugangs gelegen sein und sich die Trachea als auch der durch eine Magensonde geschiente Ösophagus medial des Zuganges tasten lassen.

Cave

Eine Präparation lateral der A. carotis und spätere Retraction nach medial erhöht das Risiko für eine Gefäß-/Nervenverletzung und kann eine Minderdurchblutung des Gehirns/Schlaganfall bedingen.

Durch Einbringen jeweils eines Steinmann-Pins kranial und kaudal der Indexbandscheibe und Verwendung eines Distraktors (z.B. Caspar-Distraktor) werden die spätere segmentale Dekompression und das Einbringen der Bandscheibenprothese erleichtert. Die Caspar-Pins sollten dabei streng in der Mittellinie eingebracht werden, was die spätere Orientierung für das



► **Abb. 6** **a** Bipolare Koagulation einer venösen Blutung am medialen Rand des M. longus colli links. **b** Situs nach Einbringen des Weichteilserrers unterhalb der Mm. longus colli und der der Caspar-Pins.

Ausrichten und Einbringen der Bandscheibenprothese vereinfacht. Eine parallele Ausrichtung der Caspar-Pins zum Bandscheibenraum ist zu empfehlen, um ein paralleles Aufspreizen des Bandscheibenraums zu ermöglichen (► **Abb. 6b**).

Cave

Eine segmentale Überdistraction sollte vermieden werden!

Dekompression

Die ventrale Dekompression lässt sich am besten unter Verwendung eines Mikroskops oder alternativ unter Verwendung einer Lupe durchführen. Die Autoren präferieren die Verwendung des Mikroskops wegen der hervorragenden Ausleuchtung des Operationsfeldes und der entsprechenden optischen Vergrößerung. Daneben empfiehlt sich die Verwendung des Mikroskops auch unter Ausbildungskriterien, da Operateur und Assistent das Gleiche sehen.

Die Bandscheibe wird mit dem 11-er Skalpell eröffnet (► **Abb. 7a**). Dabei sollte von der Mittellinie bis zu den Proc. uncinati geschnitten werden, wobei der Proc. uncinatus eine Eröffnung des lateralen Anulus/Läsion der Vertebralarterie sicher verhindert. Die Bandscheibe sollte nicht tiefer als 10mm inzidiert werden, um eine akzidentelle Eröffnung der Dura zu verhindern.

Anschließend wird die Bandscheibe mittels Fasszange, scharfem Löffel und Kürette entfernt (► **Abb. 7b**). Dabei sollte der knorpelige Überzug der Endplatten vorsichtig entfernt werden, um eine spätere knöchernen Integration der Bandscheibenprothese zu fördern. Die

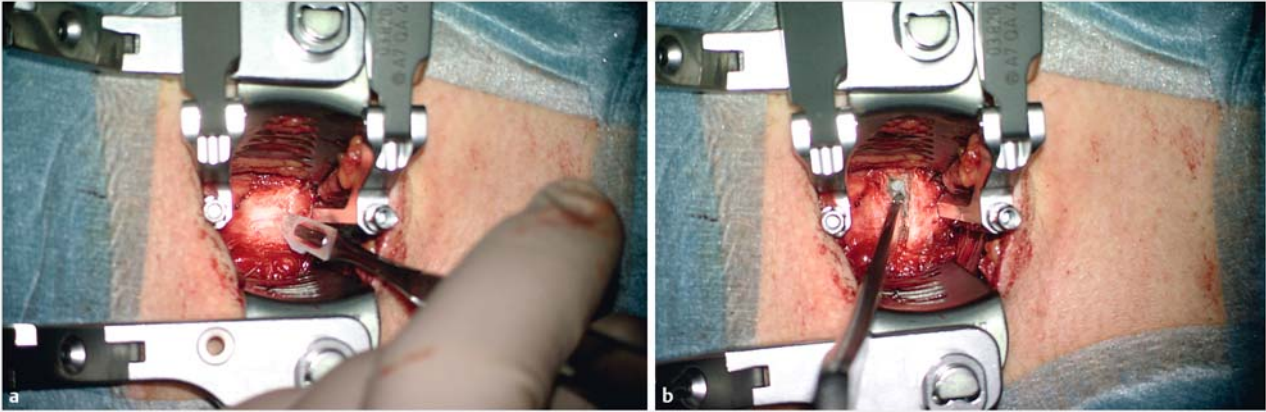
Endplatten selbst sollten nicht verletzt werden, um das Risiko einer Prothesensinterung zu verringern. Ebenso sollte auf ausgedehnte Knochenglättungen mit High-Speed-Fräsen verzichtet werden, da dies die verfrühte knöchernen Überbauung der Prothese möglicherweise fördert.

Anschließend wird das hintere Längsband eröffnet, partiell mit der Stanze abgetragen (► **Abb. 8a**) und der Bandscheibensequester dargestellt. Dabei muss die Hinterkante ggf. mit der Stanze unterschritten werden. Der Bandscheibenvorfall kann dann mit dem Tasthäkchen mobilisiert werden (► **Abb. 8b**) und wird anschließend mittels Rongeur entfernt. Bei knöcherner Enge im Neuroforamen oder partiell verknöchertem lateralem Bandscheibenvorfall ist ggf. eine partielle Foraminotomie notwendig, um den Spinalnerv vollständig zu entlasten.

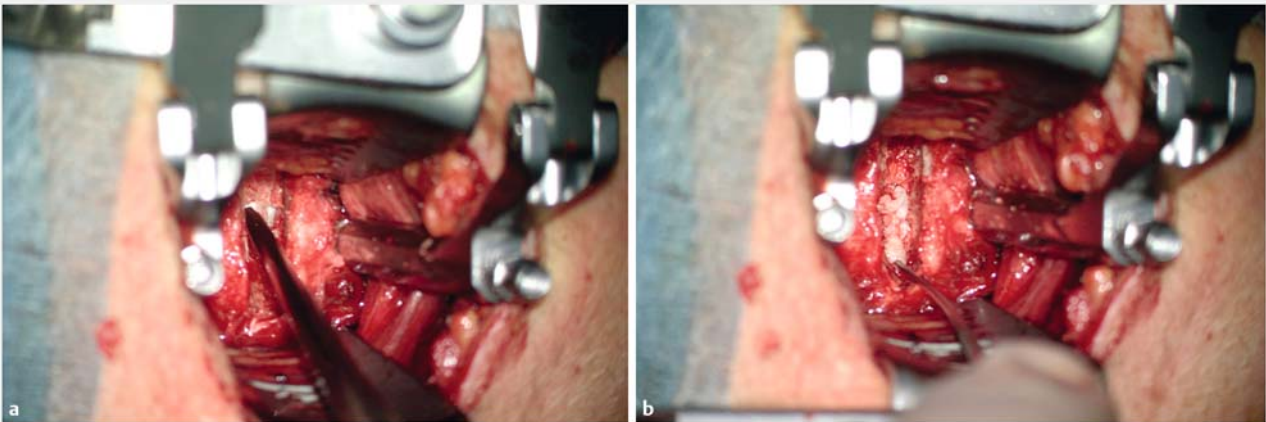
Cave

Bei der Uncoforaminotomie sollte beachtet werden, dass die A. vertebralis im Foramen transversarium durch knöchernen Fragmente verletzt sein kann, aber auch iatrogen eine Verletzung möglich ist.

Bei möglicherweise auftretenden venösen epiduralen Blutungen sollte eine sichere und schnelle Blutstillung oberste Priorität haben. Hier kann eine epidurale Instillation von Wasser, die vorsichtige bipolare Koagulation oder temporäre Einlage von Hämostyptika mit Hirnwatten zu einer Blutstillung führen. Bei persistierender venöser Blutung kann ein injizierbares Hämostyptikum (z. B. FloSeal Fa. Baxter) verwendet werden, um eine schnelle und sichere Blutstillung zu erreichen. Abschließend sollte eine vollständige Dekompression des



► **Abb. 7** **a** Inzision der Bandscheibe mit dem Skalpell. **b** Entfernen der Bandscheibe mit dem Rongeur.



► **Abb. 8** **a** Situs nach Eröffnen des hinteren Längsbandes mit Darstellung der Dura. **b** Mobilisation des Bandscheibensequesters mit dem Tasthäkchen..

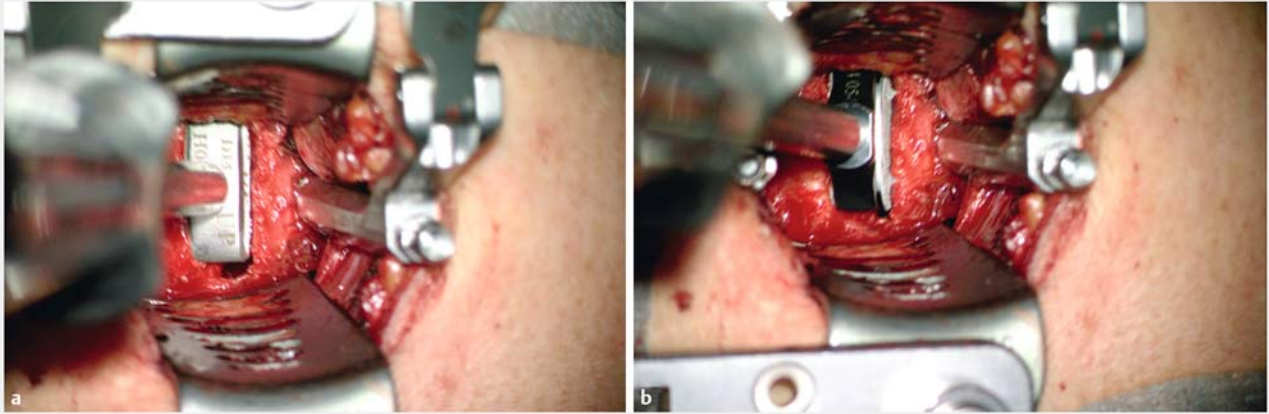
Spinalkanals und der Neuroforamen mit dem Tasthaken unter seitlicher Durchleuchtung dokumentiert werden.

Implantation der Bandscheibenprothese

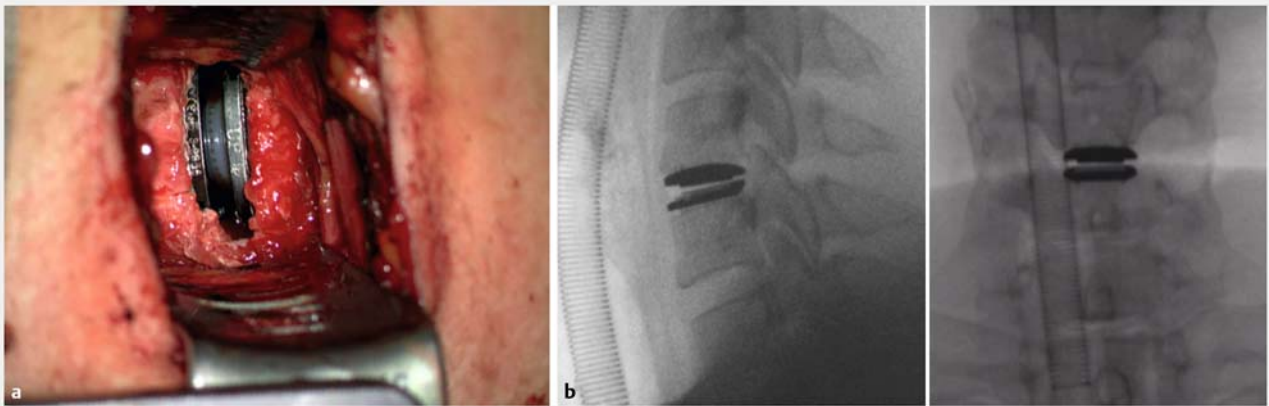
Nach Beendigung der Dekompression und Vorbereitung des Prothesenbetts werden dann Probeimplantate unter seitlicher BV-Kontrolle in den Diskektomiedefekt eingebracht, um die adäquate Prothesengröße zu bestimmen (► **Abb. 9a**). Die Größe des Implantats sollte dabei so ausgewählt werden, dass die Prothese in der a. – p. BV-Kontrolle den Bereich zwischen den Uncovertebralgelenken nahezu vollständig abdeckt. Im seitlichen Strahlengang sollten mindestens 80% der Fläche der Endplatten durch die Prothese abgedeckt werden, um eine ausreichende Stabilität zu erreichen und das Risiko der Einsinterung zu minimieren (► **Abb. 10b**).

Eine dorsale/intraspinale wie auch eine ventrale Fehllage muss zwingend vermieden werden. Die Höhe der Prothese ist so auszuwählen, dass eine Überdistraction der Facettengelenke vermieden wird. Hierbei kann sich der Operateur an der Höhe der Nachbarsegmente orientieren.

Nach Auswahl der geeigneten Prothese wird diese auf dem Prothesenhalter montiert und unter seitlicher und a. – p. Röntgenkontrolle bis zum gewünschten Sitz in den Diskektomiedefekt eingebracht (► **Abb. 9b**). Bei Kielprothesen müssen ggf. vorher entsprechende Kiele gefräst resp. mit dem Kielmeißel eingeschlagen werden. Vor Entfernung des Prothesenhalters sollte die Distraction aufgehoben werden bzw. mit dem Distraktor das Segment komprimiert werden. Die detaillierten Angaben in der OP-Anleitung der jeweiligen Prothesenhersteller sind hierbei zu beachten.



► **Abb. 9** a Einbringen des Probeimplantats. b Einschlagen einer kiellosen Prothese in das dekomprimierte Bewegungssegment.



► **Abb. 10** a Situs nach dem Einbringen der Prothese und bereits entfernten Caspar-Pins. b BV-Abschlusskontrolle mit Dokumentation des korrekten Prothesensitzes.

PRAXIS

Tipp

Die Funktionalität der Prothese ist entscheidend abhängig von einer radiologisch perfekten Positionierung und der idealen Prothesengröße.

Anschließend wird der Prothesenhalter entfernt und der Caspar-Distraktor demontiert (► **Abb. 10a**). Die Bohrlöcher sollten mit Knochenwachs verschlossen werden, falls spongiöse Blutungen persistieren. Dann wird der Situs gespült, und der Weichteilsperrer kann vorsichtig entfernt werden. Abschließend sollte die korrekte Lage der Prothese im seitlichen und a.-p.-BV-Strahlengang dokumentiert werden (► **Abb. 10b**).

Es ist fallbezogen zu prüfen, ob eine Wunddrainage eingelegt werden muss. Anschließend wird die Wunde nach Spülung mehrschichtig verschlossen (Platysma →

Subkutis → Haut). Der Hautverschluss sollte aus kosmetischen Gründen mittels intrakutaner Naht oder Alternativ mittels Fibrinkleber (z.B. Dermabond) erfolgen. Die Anlage eines sterilen Wundverbandes beendet die Operation.

Cave

Ein zu tiefes Einbringen der Prothese (Überschreitung der Hinterkante) sollte unbedingt vermieden werden, um eine Fehllage der Prothese mit Kompression des Duralsackes zu vermeiden.

PRAXIS

Tipp

Venöse Blutungen aus den Bohrlöchern für die Caspar-Pins können mit Knochenwachs zügig gestoppt werden.

Nachbehandlung

Die Patienten können prinzipiell orthesenfrei mobilisiert werden. Die Mobilisation des Patienten beginnt am 1. postoperativen Tag. Eine regelmäßige Wundkontrolle ist erforderlich.

Merke

Sollte eine Sogdrainage verwendet worden sein, sollte vor Entfernung der Sog neutralisiert werden, um vaskuläre Komplikationen (Nachblutung) zu vermeiden.

Innerhalb der ersten 6 postoperativen Wochen wird eine mobilisierende Krankengymnastik der Halswirbelsäule von den Autoren nicht empfohlen, um eine sichere Einheilung der Prothese zu gewährleisten. Die Patienten sollten das Heben und Tragen von Lasten > 10 kg in diesem Zeitraum vermeiden.

Eine Röntgenverlaufskontrolle ist spätestens nach 12 Wochen zu empfehlen, um eine Implantatkomplikation auszuschließen. Nach frühestens 6 und spätestens 12 Wochen kann der Patient die Halswirbelsäule zunehmend belasten. Ab der 6. postoperativen Woche kann eine aktivierende Krankengymnastik verordnet werden.

Der radiologische Verlauf der im Abschnitt Diagnostik vorgestellten Patientin (s. Fallbeispiel 1 mit ► **Abb. 1**) ist in ► **Abb. 11** dargestellt.

Komplikationen

Bei der ventraler Dekompression und Bandscheibenprothesenimplantation an der HWS kann zwischen intraoperativen und postoperativen Komplikationen unterschieden werden.

Intraoperative Komplikationen

Parese des N. laryngeus recurrens

Dieser Nerv ist während der Präparation des Zugangs und durch den intraoperativen Druck des Weichteilsperrers gefährdet. Patienten mit einer Läsion des N. laryngeus recurrens klagen postoperativ, teilweise mit Verzögerung von 2–3 Tagen, über Heiserkeit, und es stellt sich ein einseitiger Stimmbandstillstand bei der Laryngoskopie dar. Die Häufigkeit von temporären Beschwerden wird in der Literatur mit 11% und von permanenten Beschwerden mit 2–8% angegeben [14, 15].

Ob die Wahl der Zugangsseite die Rate der Nervenläsionen reduzieren kann, wird seit langem kontrovers diskutiert. Der Zugang von rechts ist aber zumindest theoretisch mit einer höheren Rate von Läsionen des

N. laryngeus recurrens vergesellschaftet. Andererseits können Druckläsionen bei zu hohem Cuffdruck ebenfalls zu einer Störung des N. laryngeus recurrens führen. Daher sollte nach dem Platzieren der Weichteilsperrers der Tubuscuff kurzzeitig entblockt und dann mit maximal 20–25 mmHg erneut geblockt werden, um eine optimale Lage des Tubuscuffs und eine günstigere Druckverteilung zu erreichen. Die Rate von postoperativen Recurrensparesen kann dadurch verringert werden [14].

Horner-Syndrom

Eine intraoperative Läsion des sympathischen Grenzstranges kann zu dem seltenen postoperativ auftretenden Symptomkomplex von Miosis, Ptosis und Enophthalmus (Horner-Syndrom) führen [16, 17]. Ursächlich ist meist eine zu ausgedehnte mono- oder bipolare Koagulation auf dem M. longus colli, auf dessen lateralem Rand das sympathische Nervengeflecht verläuft. Zur Prophylaxe sollte nicht mit monopolarer Strom im Bereich des M. longus colli gearbeitet werden, die bipolare Blutstillung sollte sparsam erfolgen und der Muskel nur schonend ausgehend vom medialen Rand nach lateral mobilisiert werden.

Neurologische Komplikationen

Bei der Dekompression kann in seltenen Fällen das Myelon mit der Stanze kompromittiert werden. Auch ist eine Schädigung des Myelons bei Einschlagen des Probeimplantats oder der definitiven Prothese möglich. Daher sollte das Einbringen der Implantate vorsichtig erfolgen und engmaschig radiologisch überwacht werden, um eine Implantatfehlage zu weit dorsal im Spinalkanal zu verhindern.

Bei der Foramendekompression kann in seltenen Fällen der Spinalnerv mit der Stanze verletzt werden. Es ist zu beachten, dass der Spinalnerv im Neuroforamen nach ventral/lateral verläuft. Daher ist mit der Stanze immer ein enger Knochenkontakt zu suchen, um eine Nervenläsion zu vermeiden.

Vaskuläre Läsion

Intraoperative arterielle Gefäßverletzungen (z. B. der A. vertebralis) mit nachfolgenden Blutungen sind selten und werden in der Literatur mit 0,3–0,5% angegeben [18, 19]. Verletzungen der A. carotis sind bei zu weit lateraler Fehlpräparation oder durch den Weichteilsperrers möglich. Daher sollte der Sperrers, wenn möglich, unterhalb des M. longus colli sicher platziert werden.

Venöse Blutungen treten vor allem im Rahmen der spinalen/foraminalen Dekompression auf, bei denen es durchaus heftig aus dem epiduralen Venenplexus bluten kann. Zur Blutstillung wird die Verwendung von Hä-

FALLBEISPIEL

Fall 1: Versorgung und Outcome

In ► **Abb. 11** sind die präoperativen MRT- und Röntgenaufnahmen gezeigt sowie postoperative Röntgenaufnahmen 4 Tage sowie 3 Monate nach dem Eingriff. Bei der Aufnahme,

die 1/4 Jahr nach der OP entstand, ist die Patientin beschwerdefrei bei vollständiger Rückbildung des motorischen Defizits C6 links.



► **Abb. 11** Fall 1. **a** MRT präoperativ. **b** Röntgen HWS 2 Ebenen präoperativ. **c** Röntgen HWS in 2 Ebenen 4 Tage postoperativ. **d** Röntgen HWS in 2 Ebenen 3 Monate postoperativ.

mostyptika (z. B. fibrinbeschichtete Vliese oder topisch applizierbare Hämostyptika) empfohlen.

Viszerale Läsionen

Läsionen des Ösophagus oder des Pharynx/der Trachea sind selten und werden mit einer Inzidenz von bis zu 0,4% bei hoher Mortalität von 20–50% in der Literatur beschrieben [15, 20–22]. Diese können präparatorisch, durch den Druck des einliegenden Weichteilsperrers oder auch durch eine direkte Verletzung (z. B. mit der Fräse) entstehen. Nach entsprechender anatomischer Präparation sollte, wie zur Prävention von vaskulären Läsionen, der Weichteilsperrerr unterhalb des M. longus colli platziert werden.

Postoperative Komplikationen

Hämatom

Ein postoperatives Hämatom stellt eine relevante Komplikation dar und wird in der Literatur mit einer Inzidenz von bis zu 5,6% angegeben [15, 23]. Durch die unmittelbare Nachbarschaft von Ösophagus und Pharynx/Trachea kann sich eine lebensbedrohliche Verlegung des Atemweges entwickeln, was eine sofortige Entlastung des prävertebralen Hämatoms – ggf. noch vor Intubation – mit anschließender operativer Revision erfordert.

Cave

Somit sollten die Patienten postoperativ streng hinsichtlich der Zeichen eines sich entwickelnden prävertebralen Hämatoms überwacht werden.

Insbesondere werden ein zunehmender Halsumfang, Globusgefühl, zunehmende Schluckstörungen oder ein zunehmender inspiratorischer Stridor mit subjektiver Atemnot als dringliche Indikation für eine frühzeitige Revision – auch ohne vorherige Bildgebung – gesehen.

Ursächlich ist meist eine diffuse Blutung, daher wird bei der operativen Revision selten eine lokalisierte Blutung gefunden. Somit sind eine schonende Präparation und die sorgfältige intraoperative Blutstillung wichtig, um postoperativen Blutungskomplikation zu vermeiden. Die Einlage einer tiefen Redon-Drainage, mit prävertebraler Positionierung, wird von den Autoren empfohlen.

Im frühen postoperativen Verlauf ist eine neurologische Verschlechterung (z. B. Tetraparese/-plegie) durch ein sich entwickelndes epidurales Hämatom möglich. Auch hier ist eine sofortige Revision obligat.

Merke

War der Patient direkt postoperativ neurologisch intakt, kann aus Gründen der Zeitersparnis auf eine vorherige Bildgebung verzichtet werden, da ein kompressiv wirkendes Epiduralhämatom hochwahrscheinlich ist.

Infektion

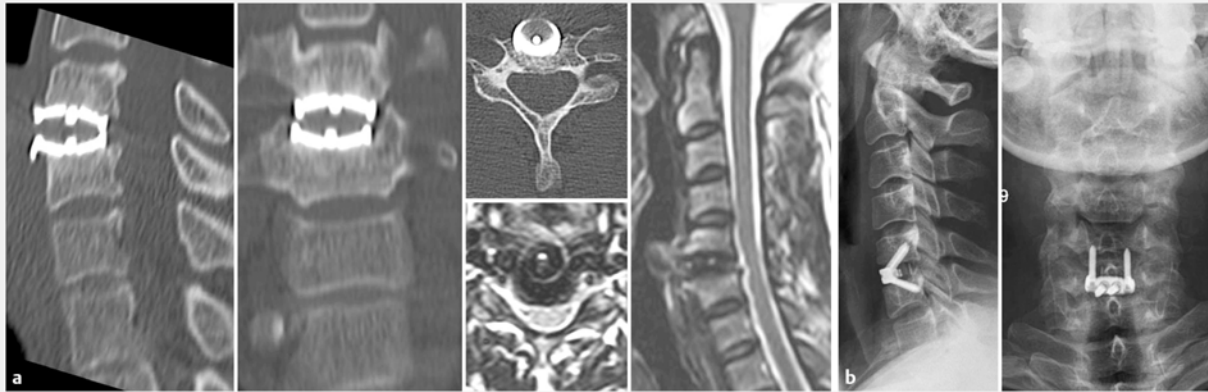
Infektiöse Wundheilungsstörungen nach Bandscheibenprothesenimplantation sind selten [24]. Bei Nachweis einer Wundinfektion sollte vor der Revision wie

FALLBEISPIEL

Fall 2

Der 40-jährige Patient leidet unter einem rezidivierenden intolerablen Würgereiz bei Extension der Halswirbelsäule und störenden Nackenschmerzen (VAS-Nacken 4–5) seit der Implantation einer Bandscheibenprothese HW5/6 6 Monate zuvor. Die CT- und MRT-Diagnostik (► **Abb. 12a**) weist die ventrale Fehllage der Prothese und Überdistrakti-

on des Indexsegmentes nach. Es wird eine Revisions-OP mit Entfernung der Prothese und Fusion mittels Zero-Profile-Implantat durchgeführt ► **Abb. 12b**. Der Patient ist anschließend beschwerdearm (VAS-Nacken 1) bei komplett regredierter Dysphagie.



► **Abb. 12** Fall 2. **a** CT- und MRT-Diagnostik mit Nachweis der ventralen Fehllage der Prothese und Überdistraktion des Indexsegmentes. **b** Röntgen HWS in 2 Ebenen 6 Monate nach Revision.

auch intraoperativ eine potenzielle viszerale Läsion (z. B. Ösophagusfistel) als Ursache der Infektion ausgeschlossen werden [25]. Eine infizierte Bandscheibenprothese kann nur durch eine operative Revision, die Prothesenausbau und eine definitive Fusion beinhaltet, saniert werden. Ein deutlich erhöhtes Komplikationsspektrum bei Revisionsoperation nach Bandscheibenprothesenimplantation ist in der Literatur evident [26].

Cave

Eine übersehene Ösophagusperforation als Ursache einer Wundinfektion stellt unbehandelt eine potenziell lebensbedrohliche Komplikation dar.

Implantatfehllage

Posteriore Prothesenfehllagen können zu einer neurologischen Verschlechterung des Patienten führen. Hingegen bleiben geringgradige ventrale Prothesenfehllagen klinisch häufig folgenlos. In seltenen Fällen sind Schluckstörungen und persistierende dysphagische Beschwerden möglich. In einigen Fällen ist dann ggf. eine operative Revision notwendig (s. Fallbeispiel 2). Die Auswahl einer zu hohen Prothese kann das Bewegungssegment destabilisieren und durch die Hyperlordosierung des Bewegungssegmentes zu vermehrten postoperativen Nackenschmerzen führen.

Implantatversagen/Lockerung

Bei früheren Prothesendesigns wurde häufiger über Prothesendislokationen/Extrusion berichtet. Bei den modernen heutigen Prothesendesigns tritt eine vollständige Prothesendislokation nur noch selten auf. Eine Prothesenlockerung oder Sinterung ist aber bei unzureichender Knochenqualität oder sekundärer Protheseninfektion möglich. Die Revision ist entsprechend aufwendig und mit höheren Kosten und einem längeren Krankenhausaufenthalt verbunden, als wenn eine ACDF-OP revidiert werden muss, wie Nadyala und Kollegen [26] berichten.

Heterotope Ossifikation (HO)

Ein bisher ungelöstes Problem ist das Auftreten von heterotopen Ossifikationen nach Implantation einer Bandscheibenendoprothese [27,28]. Diese können sich als minimale ventrale oder dorsale Osteophyten (McAfee Grad I) darstellen oder im Vollbild zu einer ventralen Überbrückung des Bewegungssegmentes (McAfee Grad IV) im Sinne einer vollständigen Fusion führen [29].

Dass dieses Problem nicht selten nach Bandscheibenprothesenimplantation nachzuweisen ist, haben Chen und Kollegen [30] in einer Metaanalyse beschrieben. So sind nach 12 Monaten bei 44,6% der Prothesenlevel moderate HO (Grad I+II) und bei 11,1% vorangeschrit-

FALLBEISPIEL

Fall 3

Das Fallbeispiel zeigt einen 41-jährigen Patienten nach Implantation einer zervikalen Bandscheibenprothese mit zentralem Kiel in HW 6/7; der Eingriff war im März 2009 durchgeführt worden ▶ **Abb. 13a**. Der Patient hat keine Beschwerden, als 3 Jahre später in einer Röntgenkontrolle

eine überbrückende heterotope Ossifikation gefunden wird. ▶ **Abb. 13c** zeigt Funktionsaufnahmen in Flexion/Extension mit Nachweis einer subtotalen Spontanfusion; es besteht inzwischen eine Restbeweglichkeit von 2 Grad.



▶ **Abb. 13** Fall 3. **a** Postoperative Röntgenbilder der HWS a.-p./seitlich eines 41-jährigen Patienten nach Implantation einer zervikalen Bandscheibenprothese mit zentralem Kiel HW6/7 (03/2009). **b** Seitliches Röntgenbild 3 Jahre später mit Nachweis einer überbrückenden heterotopen Ossifikation (04/2012). **c** Funktionsaufnahmen in Flexion/Extension mit Nachweis einer subtotalen Spontanfusion mit Restbeweglichkeit von 2 Grad.

tene HO (Grad III+IV) nachweisbar [30]. Nach 24 Monaten steigt die Rate der moderaten HO auf 58,2% und der vorangeschrittenen HO auf 16,7%. Eine Korrelation zum klinischen Outcome wurde jedoch nicht nachgewiesen [30]. Diese Erfahrungen können die Autoren auch im eigenen Krankengut beschreiben. Bei Nachweis einer HO Grad III–IV war das Bewegungssegment in physiologischer Lordose fusioniert und die Patienten waren meist beschwerdefrei bzw. gaben keine Änderung der Beschwerden im Behandlungsverlauf an.

Letztendlich scheint das Auftreten von HO unabhängig vom Prothesentyp zu sein. So stellen sich sowohl bei Prothesen mit Kiel als auch bei Prothesen ohne Kiel Spontanfusionen nach 2–3 Jahren Prothesenstandzeit dar (Fallbeispiele 3 u. 4). Als Risikofaktoren haben sich eine vorangeschrittene segmentale Spondylochondrose als auch eine ausgedehnte Resektion ventraler und/oder dorsaler Osteophyten herausgestellt. Daher sollte die Resektion der Vorderkante sowie der Hinterkante des Wirbels äußerst sparsam erfolgen und das Resektionsareal, insbesondere an der Vorderkante des Wirbelkörpers, mit Knochenwachs verschlossen werden.

Klinisches Outcome nach zervikaler Bandscheibenprothesenimplantation

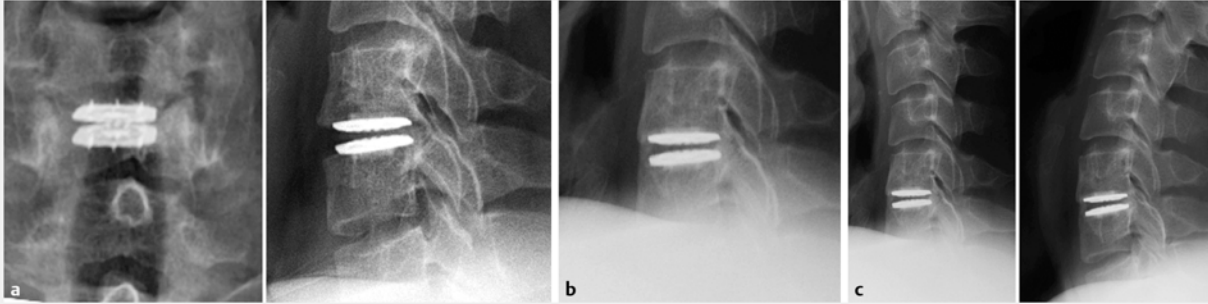
Zahlreiche Fallstudien belegen, dass mit der zervikalen Bandscheibenendoprothetik im klinischen Outcome eine hohe Patientenzufriedenheit erreicht werden kann. Dass eine Bandscheibenprothese in der Lage ist, die segmentale Beweglichkeit zu erhalten (s. Fallbeispiel 5), ist ebenso hinreichend bewiesen [31]. So konnten Ren und Kollegen im Rahmen eines systematischen Review und Metaanalyse nachweisen, dass nach 4–6 Jahren eine durchschnittliche Beweglichkeit von 8–10 Grad nach Implantation einer Bandscheibenendoprothese verbleibt [32]. Aber auch in dieser Studie wurde auf eine hohe Rate von überbrückenden HO verwiesen, die je nach Studie bei 3,2–17% der implantierten Bandscheibenendoprothesen auftrat [32].

FALLBEISPIEL

Fall 4

Im Alter von 36 Jahren war der in ► **Abb. 14** vorgestellten Patientin eine zervikale kiellose Bandscheibenprothese HW 5/6 implantiert worden. Im seitlichen Röntgenbild 2 Jahre später zeigt sich eine überbrückende heterotopie Ossifikation

. Die Patientin ist nach wie vor beschwerdefrei. Die Funktionsaufnahmen in Flexion/Extension weisen die vollständige segmentale Fusion in physiologischer segmentaler Lordose nach ► **Abb. 14c**.



► **Abb. 14** Fall 4. **a** Postoperative Röntgenbilder der HWS a.-p./seitlich (08/2010). **b** Seitliches Röntgenbild 2 Jahre später mit Nachweis einer überbrückenden heterotopie Ossifikation (06/2012). **c** Funktionsaufnahmen in Flexion/Extension mit Nachweis der vollständigen segmentalen Fusion in physiologischer segmentaler Lordose.

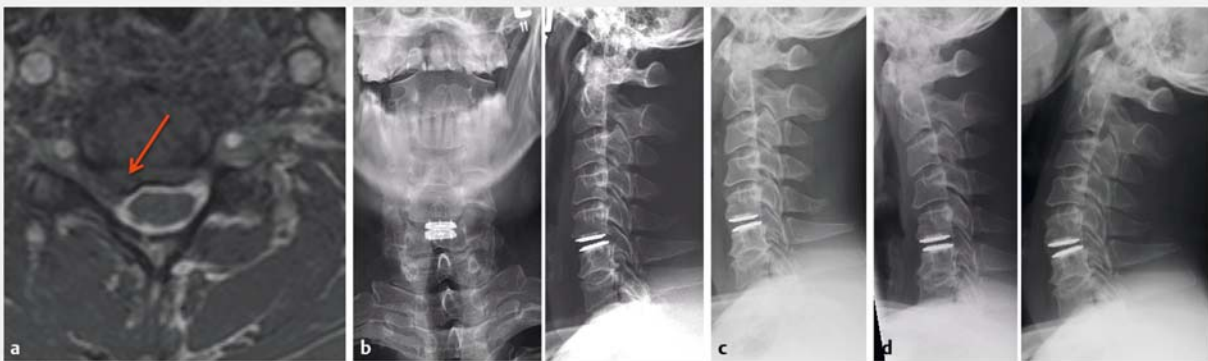
FALLBEISPIEL

Fall 5

Es handelt sich um einen 42-jährigen Patient mit Radikulopathie C6 rechts. Im axialen MRT-Schnitt HW 5/6 wird ein das Neuroforamen okkludierenden Nucleus-pulposus-Prolaps (NPP) mediolateral rechts nachgewiesen (► **Abb. 15a**). Die Implantation einer zervikalen kiellosen Bandscheiben-

prothese HW 5/6 wird durchgeführt und weist auch 4 Jahre postoperativ keine Lockerung auf.

Bei insgesamt Beschwerdearmut des Patienten zeigen die Funktionsaufnahmen eine physiologische segmentale Beweglichkeit im Indexsegment (► **Abb. 15d**).



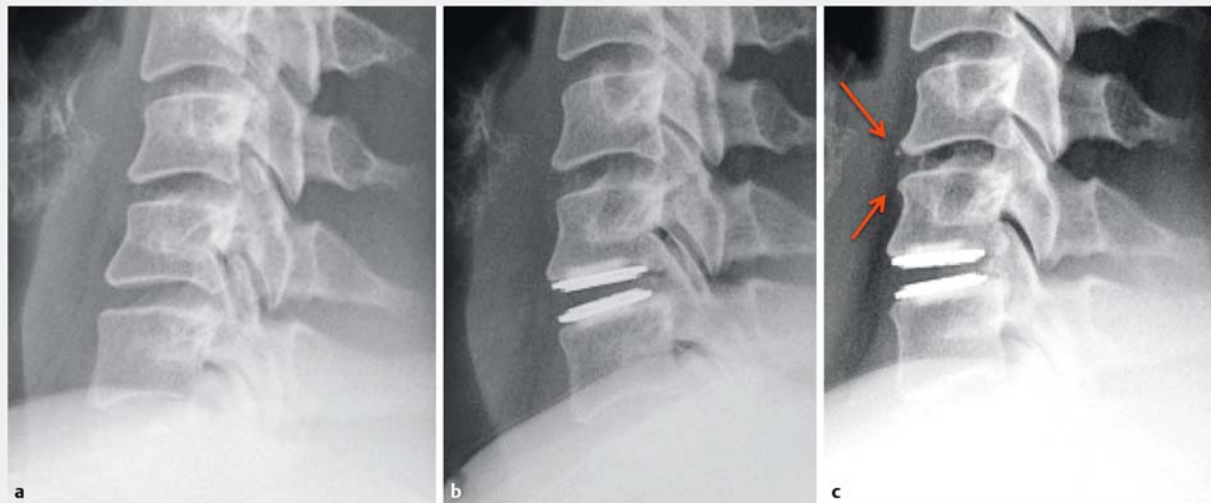
► **Abb. 15** Fall 5. **a** Axialer MRT-Schnitt HW 5/6 mit Nachweis eines das Neuroforamen okkludierenden Nucleus-pulposus-Prolaps mediolateral rechts. **b** Postoperative Röntgenbilder der HWS a.-p./seitlich nach Implantation einer zervikalen kiellosen Bandscheibenprothese HW5/6 (09/2009). **c** Seitliches Röntgenbild 4 Jahre später mit lockerungsfreiem Sitz der Prothese ohne relevante heterotopie Ossifikation (09/2013). **d** Funktionsaufnahmen in Flexion/Extension mit Nachweis der physiologischen segmentalen Beweglichkeit im Indexsegment.

FALLBEISPIEL

Fall 6

Dem 31-jährigen Patienten wird im Juni 6/2012 eine Bandscheibenprothese eingesetzt, die Röntgenverlaufskontrolle einen Monat später ist ohne Befund (▶ **Abb. 16b**). 2 Jahre

später jedoch zeigen sich in der Röntgenverlaufskontrolle initiale degenerative Veränderungen im kranialen Anschlusssegment (▶ **Abb. 16c**).



▶ **Abb. 16** Fall 6. **a** Präoperatives seitliches Röntgenbild vor Prothesenimplantation bei einem 31-jährigen Patienten (06/2012). **b** Röntgenverlaufskontrolle 07/2012. **c** Röntgenverlaufskontrolle 2 Jahre später mit Nachweis initialer degenerativer Veränderungen im kranialen Anschlusssegment (rote Pfeile: ventrale Osteophyten).

Vergleichende Untersuchungen: Cervical total Disc Replacement (cTDR) versus anterior Decompression and Fusion (ACDF) – klinische Ergebnisse

Es finden sich in der Literatur aktuelle Reviews und Metaanalysen, die für die zervikale Bandscheibenendoprothetik vergleichbare und teilweise bessere klinische Resultate im Vergleich mit der Fusion (ACDF) aufzeigen [12,31,32]. Auch wenn somit bereits Level-I-Daten existieren, die eine klinische Überlegenheit der Bandscheibenprothese postulieren, sollte die Evidenzlage aus Sicht der Autoren kritisch hinterfragt werden. Insbesondere muss hier auf die Widersprüche in den Daten hingewiesen werden, die den aktuellen Reviews und Metaanalysen zugrunde liegen [33].

Die meisten Patienten wurden bis heute über die zur Zulassung der Prothesen durchgeführten FDA-Studien eingeschlossen. Es erfolgte der Vergleich zwischen ACDF und cTDR, wobei als ACDF-Vergleichsgruppe Patienten herangezogen wurden, die mit einem Autograft oder einen Allograft – teils mit und teils ohne Platte – operiert worden sind. Unterschiede im klinischen Outcome und bei der Anzahl der Revisionen im Indexlevel sind somit gut zu erklären.

Auch hat die Arbeitsgruppe von Alvin und Kollegen [34] untersucht, bei wie vielen der Studien zu Bandscheibenendoprothesen ein relevanter Conflict of Interest (COI) angegeben wurde. Bei 50 von 74 ausgewerteten Studien (68%), darunter bei allen 22 randomisierten Fallkontrollstudien, wurde ein signifikanter COI angegeben. Ein besseres klinisches Outcome im Vergleich zur ACDF wurde nur bei den Studien mit COI postuliert. Darüber hinaus zeigte sich bei den Studien mit COI eine deutlich niedrigere Rate von HO mit 22% versus 46% bei den Studien ohne COI [34].

Merke

Daher sollten die Schlussfolgerungen der aktuellen Reviews kritisch hinterfragt werden, insbesondere dann, wenn eine signifikante Überlegenheit der Bandscheibenendoprothetik postuliert wird.

Anschlussdegeneration

In der Literatur finden sich Hinweise, dass die Rate der Anschlussdegenerationen bei Verwendung einer zervikalen Bandscheibenprothese im Vergleich zur ventralen Fusion niedriger ist [31,35]. Ein statistisch signifikanter Unterschied wurde aber bislang nicht nachgewiesen. Die Ursachen für eine Anschlussdegeneration sind weiterhin nicht vollständig geklärt. Es hat sich

aber gezeigt, dass diese vor allem bei der ventralen Fusion mit Cage und additiver Platte auftreten. Es ist zu diskutieren, ob dieses Phänomen nicht ein Problem der Fusion per se ist, sondern eher über die Interferenz der Platte mit den angrenzenden Bewegungssegmenten erklärbar ist. Möglicherweise können zukünftige vergleichende Untersuchungen, unter Einbeziehung der derzeit erhältlichen Zero-Profile-Implantate, zur Beantwortung dieser Frage beitragen.

Bei der Frage nach einer Überlegenheit der Bandscheibenprothese hinsichtlich Anschlussdegeneration muss hier erneut auf den Unterschied zwischen Studien mit und ohne COI hingewiesen werden. So wurde nur bei den Studien mit COI ein relevanter Unterschied hinsichtlich der Rate von Anschlussdegenerationen (2,5% vs. 6,2%) beschrieben, während die Rate bei den Studien ohne COI gleichwertig (6,3% vs. 6,2%) angegeben wurde [34]. Somit bleibt festzuhalten, dass die Implantation einer zervikalen Bandscheibenprothese degenerative Veränderungen in den Anschlusssegmenten nicht verhindern kann (s. Fallbeispiel 6). Daher muss ein Voranschreiten der degenerativen Grunderkrankung, unabhängig von der Art der operativen Therapie, als mitursächlich angenommen werden.

Fazit

Mit der zervikalen Bandscheibenendoprothetik können sehr gute klinische Ergebnisse erzielt werden, die sich mindestens gleichwertig zu den Ergebnissen der ventralen Fusion darstellen. Wenn präoperativ eine sorgfältige Abklärung erfolgt ist, die Indikationen und Kontraindikationen beachtet werden und die Bandscheibenprothese sorgfältig implantiert wird, kann die segmentale Beweglichkeit längerfristig erhalten werden. Somit ist der Einsatz der zervikalen Bandscheibenprothese bei jungen Patienten in einem begrenzten Indikationsspektrum sicher gerechtfertigt.

Da nie alle Patienten die Einschlusskriterien für die Versorgung mit einer Bandscheibenprothese erfüllen, wird es immer ein Nebeneinander von Fusion und Bandscheibenendoprothetik geben. Es obliegt der Sorgfalt des Chirurgen, das richtige Verfahren für den richtigen Patienten auszuwählen.

KERNAUSSAGEN

- Die Bandscheibenprothetik an der HWS stellt eine Non-Fusionstechnik mit schmalen Indikationsspektrum dar.
- Als Hauptindikation gilt ein weicher mediolateraler Bandscheibenvorfall mit passender Radikulopathie bei Versagen der konservativen Therapie.
- Präoperative Abklärung mittels MRT, Röntgen + Röntgenfunktionsaufnahmen und ggf. CT notwendig.
- Bei Beachtung der Indikationen und Kontraindikationen ist die zervikale Bandscheibenendoprothetik der Fusion mindestens ebenbürtig.
- Degenerationen im Anschlusssegment können auch durch die Bandscheibenprothesenimplantation nicht verhindert werden.
- Ein ungelöstes Problem ist das Auftreten von Spontanfusionen (heterotope Ossifikation Grad IV) im Behandlungsverlauf, wobei bisher kein negativer Einfluss auf das klinische Ergebnis nachweisbar war.
- Die Auswahl der geeigneten Prothesengröße und die sorgfältige Implantationstechnik sind entscheidend für den Behandlungserfolg.

Schlüsselwörter

Bandscheibenvorfall, Stenose, Halswirbelsäule, Bandscheibenprothese, OP-Technik, Outcome, ACD, Komplikationen

Interessenkonflikt

Consultant Fa. Depuy Synthes, Siemens, Vexim; Speakers Bureau Fa. Depuy Synthes, Medtronic

Autorinnen/Autoren



Matti Scholz

Dr. med., Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie, Facharzt für Chirurgie, Schwerpunkt Unfallchirurgie. Tätig als leitender Oberarzt im Zentrum für Wirbelsäulenchirurgie und Neurotraumatologie der BG-

Unfallklinik Frankfurt am Main.



Andreas Pingel

Dr. med. Facharzt für Neurochirurgie, Manuelle Medizin/Chirotherapie, Master-Zertifikat der Deutschen Wirbelsäulengesellschaft. Tätig als Leitender Arzt und Stellvertreter des Chefarztes am Zentrum für Wirbelsäulenchirurgie und Neurotraumatologie an der BG Unfallklinik Frankfurt am Main.



Christoph-Heinrich Hoffmann

Dr. med., Facharzt für Neurochirurgie. Tätig als Oberarzt im Zentrum für Wirbelsäulenchirurgie und Neurotraumatologie der BG-Unfallklinik Frankfurt am Main.



Frank Kandziora

Prof. Dr. med. Medizinstudium in Frankfurt am Main, dann orthopädische Universitätsklinik Frankfurt am Main. Facharztausbildung an der Charité der Humboldt-Universität Berlin zum Chirurg, Unfallchirurg und Orthopäden. Leiter des Wirbelsäulenzentrums am Campus Virchow-Klinikum der Charité. Seit 2008 Chefarzt des interdisziplinären Zentrums für Wirbelsäulenchirurgie und Neurotraumatologie an der BG Unfallklinik Frankfurt am Main.

Korrespondenzadresse

Dr. med. Matti Scholz
Zentrum für Wirbelsäulenchirurgie und Neurotraumatologie
BG-Unfallklinik Frankfurt am Main gGmbH
Friedberger Landstraße 430
60389 Frankfurt am Main
E-Mail: matti.scholz@bgu-frankfurt.de

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen für diesen Beitrag ist Dr. Matti Scholz, Frankfurt/Main.

Literatur

- [1] Lund T, Oxland TR. Adjacent level disk disease – is it really a fusion disease? *Orthop Clin North Am* 2011; 42: 529–541 viii
- [2] Goffin J, Geusens E, Vantomme N et al. Long-term follow-up after interbody fusion of the cervical spine. *J Spinal Disorders Tech* 2004; 17: 79–85
- [3] Fernstrom U. Arthroplasty with intercorporeal endoprosthesis in herniated disc and in painful disc. *Acta Chir Scand Suppl* 1966; 357: 154–159
- [4] Reitz H, Joubert MJ. Intractable Headache And Cervico-Brachialgia Treated By Complete Replacement Of Cervical Intervertebral Discs With A Metal Prosthesis. *S Afr Med J* 1964; 38: 881–884
- [5] Wang T, Wang H, Liu S et al. Anterior cervical discectomy and fusion versus anterior cervical corpectomy and fusion in multilevel cervical spondylotic myelopathy. *Medicine* 2016; 95: e5437
- [6] Joaquim AF, Riew KD. Multilevel cervical arthroplasty: current evidence. A systematic review. *Neurosurg Focus* 2017; 42: E4
- [7] Chang H-C, Tu T-H, Chang H-K et al. Hybrid Corpectomy and Disc Arthroplasty for Cervical Spondylotic Myelopathy Caused by Ossification of Posterior Longitudinal Ligament and Disc Herniation. *World Neurosurg* 2016; 95: 22–30
- [8] Ji GY, Oh CH, Shin DA et al. Artificial disk replacement combined with fusion versus 2-level fusion in cervical 2-level disk disease with a 5-year follow-up. *Clin Spine Surg* 2017; 30: E620–E627
- [9] Hisey MS, Bae HW, Davis R et al. Multi-center, prospective, randomized, controlled investigational device exemption clinical trial comparing Mobi-C Cervical Artificial Disc to anterior discectomy and fusion in the treatment of symptomatic degenerative disc disease in the cervical spine. *Int J Spine Surg* 2014; 8: 7
- [10] Bin S, Xiangwang H, Sheng X et al. Artificial cervical disk replacement for the treatment of adjacent segment disease after anterior cervical decompression and fusion. *Clin Spine Surg* 2017; 30: E587–E591

- [11] Auerbach JD, Jones KJ, Fras CI et al. The prevalence of indications and contraindications to cervical total disc replacement. *Spine J* 2008; 8: 711–716
- [12] Xie L, Liu M, Ding F et al. Cervical disc arthroplasty (CDA) versus anterior cervical discectomy and fusion (ACDF) in symptomatic cervical degenerative disc diseases (CDDDs): an updated meta-analysis of prospective randomized controlled trials (RCTs). *Springerplus* 2016; 5: 1188
- [13] Scholz M, Schleicher P, Kandziora F. Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule. *Orthop Unfallchir Up2date* 2015; 10: 429–450
- [14] Apfelbaum RI, Kriskovich MD, Haller JR. On the incidence, cause, and prevention of recurrent laryngeal nerve palsies during anterior cervical spine surgery. *Spine* 2000; 25: 2906–2912
- [15] Fountas KN, Kapsalaki EZ, Nikolakakos LG et al. Anterior Cervical Discectomy and Fusion Associated Complications. *Spine* 2007; 32: 2310–2317
- [16] Yasumoto Y, Abe Y, Tsutsumi S et al. [Rare complication of anterior spinal surgery: Horner syndrome]. *No Shinkei Geka Neurol Surg* 2008; 36: 911–914
- [17] Ebraheim NA, Lu J, Yang H et al. Vulnerability of the sympathetic trunk during the anterior approach to the lower cervical spine. *Spine* 2000; 25: 1603–1606
- [18] Peng CW, Chou BT, Bendo JA et al. Vertebral artery injury in cervical spine surgery: anatomical considerations, management, and preventive measures. *Spine J* 2009; 9: 70–76
- [19] Burke JP, Gerszten PC, Welch WC. Iatrogenic vertebral artery injury during anterior cervical spine surgery. *Spine J* 2005; 5: 508–514
- [20] Pompili A, Canitano S, Caroli F et al. Asymptomatic esophageal perforation caused by late screw migration after anterior cervical plating: report of a case and review of relevant literature. *Spine* 2002; 27: E499–E502
- [21] Vroenenraets BC, Been HD, Brouwer-Mladin R et al. Esophageal perforation associated with cervical spine surgery: report of two cases and review of the literature. *Dig Surg* 2004; 21: 246–249
- [22] Korovessis P, Repantis T, Vitsas V et al. Cervical spondylodiscitis associated with oesophageal perforation: a rare complication after anterior cervical fusion. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2013; 23: (Suppl. 02): S159–S163
- [23] Bertalanffy H, Eggert HR. Complications of anterior cervical discectomy without fusion in 450 consecutive patients. *Acta Neurochir (Wien)* 1989; 99: 41–50
- [24] Park J-B, Chang H, Yeom JS et al. Revision surgeries following artificial disc replacement of cervical spine. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2016; 50: 610–618
- [25] Christiano LD, Goldstein IM. Late prevertebral abscess after anterior cervical fusion. *Spine* 2011; 36: E798–802
- [26] Nandyala SV, Marquez-Lara A, Fineberg SJ et al. Comparison of revision surgeries for one- to two-level cervical TDR and ACDF from 2002 to 2011. *Spine J* 2014; 14: 2841–2846
- [27] Cho H-J, Shin M-H, Huh J-W et al. Heterotopic ossification following cervical total disc replacement: iatrogenic or constitutional? *Korean J Spine* 2012; 9: 209–214
- [28] Mehren C, Suchomel P, Grochulla F et al. Heterotopic ossification in total cervical artificial disc replacement. *Spine* 2006; 31: 2802–2806
- [29] McAfee PC, Cunningham BW, Devine J et al. Classification of heterotopic ossification (HO) in artificial disk replacement. *J Spinal Disorders Tech* 2003; 16: 384–389
- [30] Chen J, Wang X, Bai W et al. Prevalence of heterotopic ossification after cervical total disc arthroplasty: a meta-analysis. *Eur Spine J* 2011; 21: 674–680
- [31] Boselie TFM, Willems PC, van Mameren H et al. Arthroplasty Versus Fusion in Single-Level Cervical Degenerative Disc Disease. *Spine* 2013; 38: E1096–E1107
- [32] Ren C, Song Y, Xue Y et al. Mid- to long-term outcomes after cervical disc arthroplasty compared with anterior discectomy and fusion: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur Spine J* 2014; 23: 1115–1123
- [33] Park C-K, Ryu K-S. Are Controversial Issues in Cervical Total Disc Replacement Resolved or Unresolved? A Review of Literature and Recent Updates. *Asian Spine J* 2018; 12: 178–192
- [34] Alvin MD, Abbott EE, Lubelski D et al. Cervical arthroplasty: a critical review of the literature. *Spine J* 2014; 14: 2231–2245
- [35] Verma K, Gandhi SD, Maltenfort M et al. Rate of adjacent segment disease in cervical disc arthroplasty versus single-level fusion: meta-analysis of prospective studies. *Spine* 2013; 38: 2253–2257

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0436-4465>
 Die Wirbelsäule 2018; 02: 309–330
 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
 ISSN 2509-8241

Punkte sammeln auf CME.thieme.de



Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für die Teilnahme verfügbar. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter <http://cme.thieme.de/hilfe> eine ausführliche Anleitung. Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

Unter <https://eref.thieme.de/CX9J3IQ> oder über den QR-Code kommen Sie direkt zum Artikel zur Eingabe der Antworten.

VNR 2760512018154654669



Frage 1

Warum sollte der Einsatz einer Bandscheibenprothese an der HWS bei jungen Patienten erwogen werden?

- A Weil eine Fusion im Vergleich zur Bandscheibenprothese immer die schlechteren Ergebnisse erzielt.
- B Weil bei Implantation einer Bandscheibenprothese keine Komplikationen auftreten.
- C Eine Argumentation erübrigt sich, da junge Patienten keine Degeneration der Halswirbelsäule aufweisen.
- D Weil die Bandscheibenprothesenimplantation die Implantatkosten der Operation deutlich verringert.
- E Weil nach Bandscheibenprothesenimplantation die segmentale Mobilität primär erhalten bleibt und die Anschlusssegmente mechanisch weniger belastet werden als bei einer Fusion.

Frage 2

Welche Aussage über die Historie und das Design zervikaler Bandscheibenprothesen trifft zu?

- A Die Erstbeschreibung einer Bandscheibenprothese wird Fernström zugeschrieben, der 1956 eine Edelstahlkugel in den Bandscheibenraum implantierte.
- B Implantatlockerungen und Implantatsinterungen traten bei Prothesenmodellen der 1. Generation nicht auf.
- C Die meisten der heutigen Bandscheibenprothesen bestehen aus einer Metall-Kunststoff-Gleitpaarung.
- D Moderne Bandscheibenprothesen müssen im Wirbelkörper verschraubt werden, um deren Extrusion sicher zu verhindern.
- E Als „non-constrained“ wird eine Bandscheibenprothese mit einem fixierten Rotationszentrum bezeichnet.

Frage 3

Als typische Indikation zur Implantation einer zervikalen Bandscheibenprothese gilt welche der im Folgenden genannten Konstellationen?

- A 58-jähriger Patient mit chronischem Nackenschmerz bei multisegmentaler Spondylchondrose
- B 42-jährige Patientin mit akut einsetzendem Nackenschmerz bei verschleißbedingtem Wirbelgleiten Halswirbel 4/5
- C 55-jährige Patientin mit pseudoradikulärem Armschmerz rechts und multisegmentaler Facettengelenkarthrose
- D 60-jähriger Patient mit progredienter Gangunsicherheit bei absoluter knöcherner zervikaler Spinalkanalstenose Halswirbel 7/Brustwirbel 1
- E 37-jährige Patientin mit akuter Bizepsparese rechts Kraftgrad 3 bei Nucleus-pulposus-Prolaps (NPP) im Halswirbel 5/6 mediolateral rechts

Frage 4

Eine der folgenden Indikationen gehört *nicht* zum Indikationspektrum resp. erweiterten Indikationspektrum für die Implantation einer zervikalen Bandscheibenprothese. Welche?

- A Radikulopathie bei partiell verknöchertem zervikalem Bandscheibenvorfall
- B Hybridversorgung nach anterior Decompression and Fusion (ACDF)
- C zervikale Myelopathie bei Stenose und segmentaler Instabilität
- D milde zervikale Myelopathie bei zentralem Nucleus-pulposus-Prolaps (NPP)
- E mehrsegmentale Bandscheibenpathologie

Punkte sammeln auf CME.thieme.de

Fortsetzung ...

Frage 5

Einer der folgenden Befunde stellt *keine* Kontraindikation zur Implantation einer zervikalen Bandscheibenprothese dar. Welche?

- A Osteoporose
- B funktionelle segmentale Kyphose im Indexsegment
- C ausgeprägte Facettengelenkarthrose
- D strukturelle segmentale Kyphose
- E degenerative Instabilität im Indexsegment

Frage 6

Auf welche der folgenden diagnostischen Modalitäten kann zur Indikationsstellung für eine zervikale Bandscheibenprothese am ehesten verzichtet werden?

- A Magnetresonanztomografie (MRT)
- B Angiografie der hirnversorgenden Gefäße
- C Röntgen der Halswirbelsäule in zwei Ebenen im Stehen
- D Funktionsaufnahmen der HWS
- E Computertomografie

Frage 7

Welche Aussage trifft für die Lagerung und den Zugang bei geplanter zervikaler Bandscheibenprothesenimplantation zu?

- A Ob von links oder von rechts zugegangen wird, ist entscheidend für die zugangsbedingte Morbidität.
- B A. carotis und V. jugularis sollten während/nach Abschluss des Zugangs lateral des Zugangsgebietes lokalisiert werden.
- C Die Halswirbelsäule muss in Kyphose gelagert werden, um neurologische Komplikationen zu vermeiden.
- D Bei an der HWS voroperierten Patienten ist die Wahl der Zugangsseite von der Präferenz des Chirurgen abhängig.
- E Der Zugang von links ist der empfohlene Standardzugang bei der Indexoperation.

Frage 8

Welche Aussage trifft für die Dekompression und Bandscheibenprothesenimplantation *nicht* zu?

- A Die Uncovertebralgelenke verhindern eine Läsion der Vertebralarterie bei der Inzision der Bandscheibe.
- B Das hintere Längsband sollte eröffnet werden, um den Vorfall sicher und vollständig zu entfernen.
- C Die korrekte Lage der Prothese muss intraoperativ radiologisch überprüft werden.
- D Eine ausgedehnte Resektion der Wirbelkörpervorderkante ist notwendig, um die Bildung von überbrückenden Osteophyten zu verhindern.
- E Eine Fehlpositionierung der Prothese kann zu neurologischen Komplikationen führen.

Frage 9

Nur eine der folgenden Aussagen zu den Komplikationen nach Implantation einer zervikalen Bandscheibenprothese ist korrekt. Welche?

- A Bei Revisionsoperation nach Bandscheibenprothesenimplantation besteht ein geringeres Komplikationsspektrum als beim Ersteingriff.
- B Bei V. a. postoperatives Hämatom sollte die Auswertung der bildgebenden Diagnostik abgewartet werden, um in der elektiven Revision die Blutung vorab möglichst präzise lokalisieren zu können.
- C Der Symptomenkomplex von Miosis, Ptosis und Enophthalmus wird als Horner-Syndrom bezeichnet.
- D Eine der häufigsten Komplikationen nach Implantation einer zervikalen Bandscheibenprothese ist ein infektiöses Geschehen.
- E Zur intraoperativen Stillung venöser Blutungen sind Hämostyptika kontraindiziert.

Frage 10

Was trifft für das Outcome nach Implantation einer zervikalen Bandscheibenprothese zu?

- A Entscheidend für den Behandlungserfolg ist neben der Auswahl der geeigneten Prothesengröße die sorgfältige Implantationstechnik.
- B Anschlussdegenerationen treten nicht auf.
- C Patienten mit radiologisch nachgewiesenen heterotopen Ossifikationen klagen über eine Zunahme der Nackenschmerzen.
- D Bei Nachweis einer heterotope Ossifikation (HO) Grad IV besteht eine physiologische Mobilität der Bandscheibenprothese.
- E Heterotope Ossifikationen treten nur bei Bandscheibenprothesen auf, bei deren Implantation ein Kiel gefräst werden muss.