

WIRBELSÄULENCHIRURGIE MIT BANDSCHEIBENPROTHESEN

- Die chirurgische Intervention mit zervikalen oder lumbalen Bandscheibenprothesen ist bei axialen Rückenschmerzen und Versagen der konservativen Therapie in bestimmten Fällen eine Alternative zur Spondylodese
- Es stehen eine ganze Reihe verschiedener Prothesentypen zur Verfügung
- Ein- und Ausschlusskriterien müssen sorgfältig abgeklärt werden; es darf keine Instabilität der Wirbelsäule vorliegen
- Peri- und postoperative Komplikationen treten selten auf, über Komplikationen im Langzeitverlauf ist erst wenig bekannt
- Besonders in Bezug auf den Langzeitverlauf sind noch viele Fragen offen, die durch Studien geklärt werden müssen

Der so genannte axiale Rückenschmerz – Rückenschmerzen aufgrund degenerierter Bandscheiben und/oder der kleinen Wirbelgelenke – gehört zu den mechanischen Rückenschmerzen, einem der häufigsten Symptome in der Medizin überhaupt. 70–80% der Bevölkerung in der Schweiz suchen mindestens einmal im Leben eine medizinische Einrichtung wegen Rückenschmerzen auf. Die Schmerzentwicklung wird immer noch nicht richtig verstanden, und die Schmerzursache kann multifaktoriell sein. Das Spektrum reicht von Schmerzen, die klar mit einem anatomischen Befund an der Wirbelsäule korrelieren (Abb. 1), bis zu Schmerzen, die massgeblich durch soziale und psychische Faktoren bedingt sind.

Alle degenerativen Veränderungen an den Bandscheiben und den kleinen Wirbelgelenken können schon in der frühen Phase

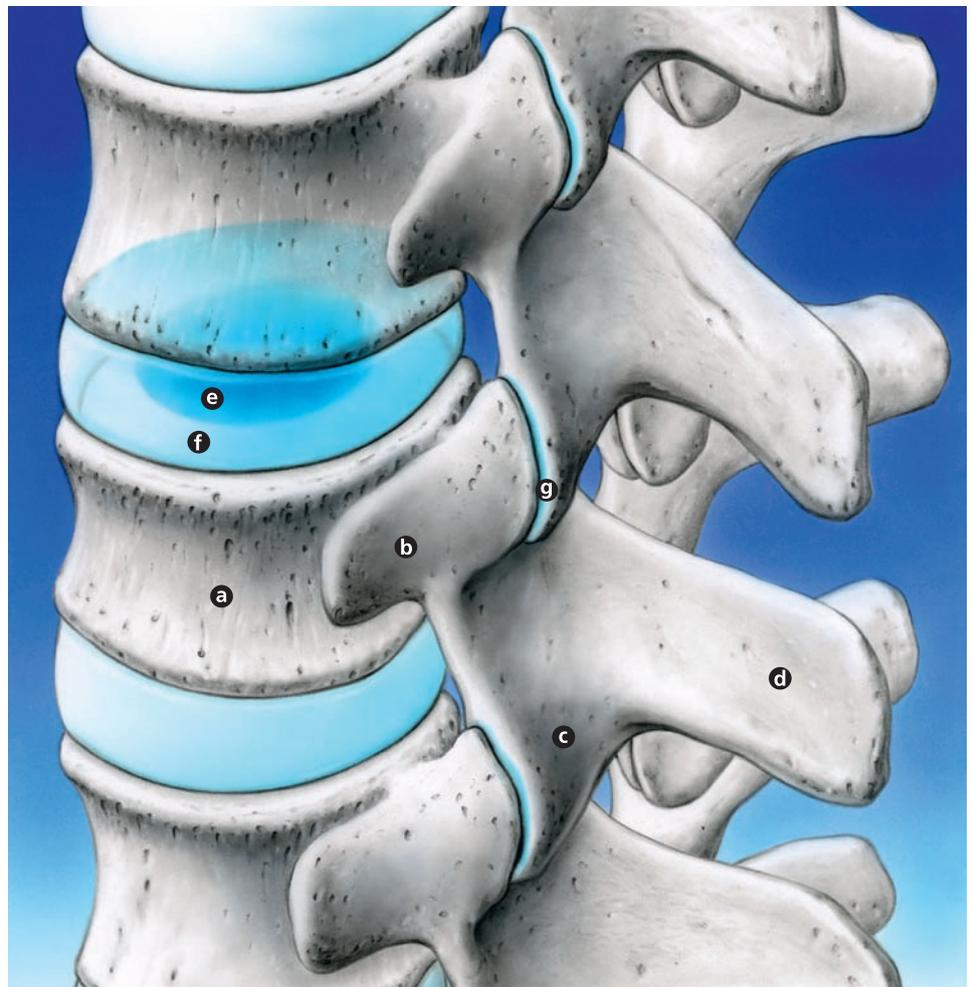
Schmerzen verursachen, wenn die Bandscheibe im MRI noch «schwarz» erscheint und im Röntgenbild wenig Fassbares vorhanden ist. Allerdings können die gleichen Veränderungen auch ganz ohne Schmerzen auftreten.

Eingriffe an der Wirbelsäule

In der Chirurgie des Bewegungsapparats werden seit vielen Jahren schwer arthrotische, symptomatische Gelenke durch Gelenkprothesen ersetzt, insbesondere das

Abb. 1
Bewegungseinheit Wirbelsäule mit Bandapparat.

- a: Wirbelkörper
- b: Oberer Gelenkfortsatz
- c: Unterer Gelenkfortsatz
- d: Dornfortsatz
- e: Bandscheibe: Nucleus
- f: Bandscheibe: Anulus
- g: Kleines Wirbelgelenk



Impressum

aktuelle medizin special, Juni 2008

Redaktionskommission

Dr. Rainer Hoffmann, Chefredaktor,
Prof. Dr. Daniel Ackermann,
Prof. Dr. Max Aebi, Dr. Dominik Böhlen,
Dr. Markus Flepp, Dr. Thomas Froesch,
Dr. Gerda Hajnos, PD Dr. Andreas
Himmelmann, Dr. Roland Knöpfli,
Dr. Jean-Pierre Müller, Prof. Dr. Pius Wyss-
Desserich, Prof. Dr. Kaspar Z'graggen

Schriftleitung

Dr. Eva Ebnöther

Verantwortlicher Autor

Prof. Dr. Max Aebi

Grafische Gestaltung

heusser.biz, Zürich

Illustrationen

Marius Ott Illustration, Zürich

Herausgeber

Privatlinikgruppe Hirslanden
Seefeldstrasse 214
CH-8008 Zürich
T +41 (0)44 388 85 85
F +41 (0)44 388 85 88
E-Mail info@hirslanden.ch
www.hirslanden.ch

Bestellungen und Zuschriften an die obige Adresse

Nachdruck, Vervielfältigung und jegliche
Reproduktion des Inhaltes (ganz oder
teilweise) nur mit Quellenangabe und
schriftlicher Erlaubnis von Hirslanden
gestattet.

Hirslanden-Kliniken

Hirslanden Klinik Aarau
Klinik Beau-Site, Bern
Klinik Permanence, Bern
Salem-Spital, Bern
AndreasKlinik, Cham Zug
Klinik Am Rosenberg, Heiden
Clinique Bois-Cerf, Lausanne
Clinique Cecil, Lausanne
Klinik St. Anna, Luzern
Klinik Birshof, Münchenstein Basel
Klinik Belair, Schaffhausen
Klinik Hirslanden, Zürich
Klinik Im Park, Zürich

aktuelle medizin als PDF im Internet:

www.hirslanden.ch/aktuellemedizin
www.hirslandenprofessional.ch

Hüft- und das Kniegelenk. Schon in den 1950er Jahren versuchten Forscher, analog zu den grossen Gelenken künstliche Bandscheiben zu entwickeln. Dabei kam es während vielen Jahren zu keinem Durchbruch. Einer der Gründe ist die Tatsache, dass die Bandscheibe nur einen Teil eines «Gelenks» darstellt. Das eigentliche Gelenk an der Wirbelsäule ist das Bewegungssegment oder die Bewegungseinheit, bestehend aus der Bandscheibe vorne und den beiden kleinen Wirbelgelenken hinten. Zudem besteht die Wirbelsäule aus einer Kette von 25 «Gelenken» respektive Bewegungseinheiten, was sie grundsätzlich von den monoartikulären Verbindungen der grossen Gelenke unterscheidet.

Wenn wir heute von so genannter «Disc Arthroplasty» reden, in Analogie zur «Hip» oder «Knee Arthroplasty», dann bedeutet das, dass lediglich die erkrankte Bandscheibe ersetzt wird, nicht das ganze Bewegungssegment. Die kleinen Wirbelgelenke werden belassen. Möglicherweise wird der Tag kommen, an dem auch die kleinen Wirbelgelenke ersetzt werden können.

Momentan kann die Bandscheibe als Ganzes oder nur der Nucleus pulposus ersetzt werden. Bei den heutigen Möglichkeiten ist der Bandscheibenersatz nur in einer relativ frühen Phase einer Erkrankung möglich, wenn die dazugehörenden kleinen Wirbelgelenke noch nicht oder erst wenig vom arthrotischen Prozess befallen sind. Damit wird die Indikation für einen Bandscheibenersatz im Vergleich zum Gelenkersatz der grossen Gelenke deutlich eingeschränkt. Der Ersatz des Nucleus pulposus könnte allerdings bei überlegenen Studienergebnissen trotzdem grosse Verbreitung finden: Beispielsweise wenn es sinnvoll wäre, im Rahmen einer Diskushernien-Operation – wo im Wesentlichen der Nucleus pulposus entfernt wird – diesen zu ersetzen, um damit sekundäre Probleme der Diskushernien-Operation zu vermeiden oder zu verringern.

Wenn die konservative Therapie zur Schmerzkontrolle bei schmerzhaften, degenerativen Wirbelsäulenerkrankungen über längere Zeit erfolglos bleibt, ist die Spondylodese immer noch die gängigste Operation. Die Spondylodese, insbesondere wenn sie stabil fixiert wird, bringt sowohl im Bereich der Lendenwirbelsäule (LWS) als auch

der Halswirbelsäule (HWS) etwa 70–80% befriedigende Resultate mit deutlicher Schmerzreduktion. Durch die Spondylodese wird allerdings der gesamte Bewegungsablauf des betroffenen Wirbelsäulenabschnitts verändert, mit besonderer Belastung der benachbarten Segmente (Anschlusssegmente), was zu einer beschleunigten Abnutzung dieser Segmente führen soll. Ob diese Abnutzung wirklich eine Folge der Spondylodese ist oder aber ein natürlicher Prozess, der wegen der genetischen Prädisposition zur Bandscheibendegeneration ohnehin stattfinden würde, ist nicht eindeutig bewiesen. Bei technisch korrekter Ausführung bringen Spondylodesen eindeutig bessere Resultate als nicht chirurgische Behandlungen; dies wurde mittlerweile in der grossen schwedischen «Lumbar Spine Study» belegt. Ob der Bandscheibenersatz anstelle der Spondylodese noch einen weiteren Schritt in Richtung eines besseren Outcomes darstellt, wird evaluiert werden müssen.

Indikationen für einen Bandscheibenersatz

Die Indikationen für einen Bandscheibenersatz sind heute noch weitgehend durch die Ein- und Ausschlusskriterien der grossen Studien der *Federal Drug Administration* (FDA) bestimmt (Tab. 1). Die primäre Indikation an der LWS ist der so genannte diskogene Rückenschmerz ohne Nachweis einer Instabilität. Dies entspricht im Allgemeinen einem «black disk» in der T2-Sequenz des MRI, der nachweislich schmerzhaft ist (Nachweis zum Beispiel mit Diskogramm) und von einem subchondralen Ödem begleitet wird (Modic-Zeichen) (Abb. 2a). An der HWS wird eine Bandscheibenprothese anstelle der üblichen Spondylodese eingesetzt, wenn wegen einer Radikulopathie oder einer beginnenden Myelopathie infolge eines Bandscheibenvorfalles dekomprimiert werden muss (Abb. 2b). Auch hier darf keine Instabilität vorliegen.

Es ist zu erwarten, dass sich die Indikationen bzw. Ein- und Ausschlusskriterien im Lauf der nächsten Jahre mit der Erfahrung verfeinern werden. Vermehrt werden heute auch Bandscheibenprothesen in degenerierten Anschlusssegmenten zu Spondylodesen eingesetzt (Hybridkonfigurationen) (Abb. 3a–c).

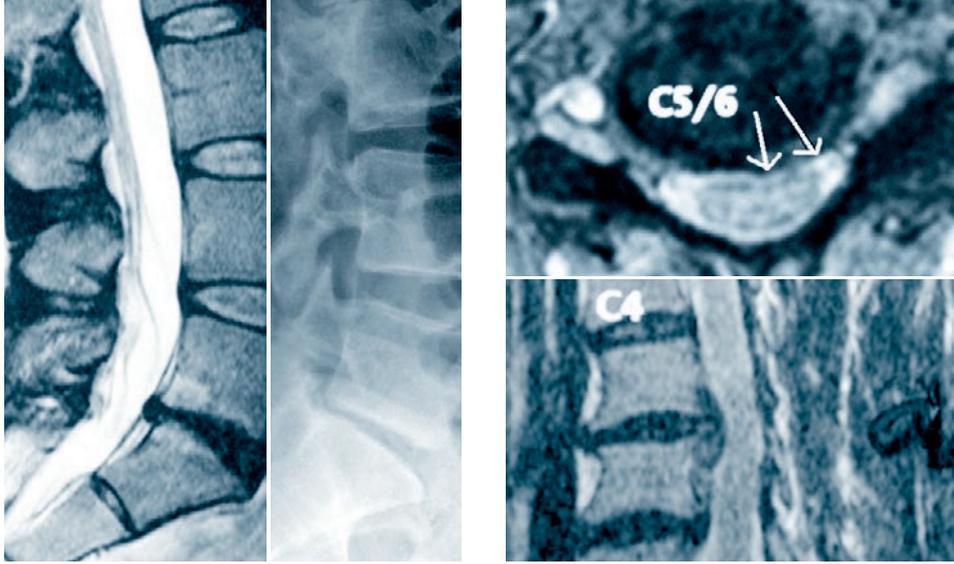


Abb. 2a

Abb. 2b

Abb. 2

- a: Beispiel einer Lendenwirbelsäule, Degeneration der Bandscheibe, «black disk»
 b: Beispiel einer Halswirbelsäule mit Diskushernie

Die gegenwärtigen Indikationen für einen Bandscheibenersatz

Kriterien	Zervikal	Lumbal
Einschluss	<ul style="list-style-type: none"> – Alter: 18- bis 65-jährig – Subjektive Beschwerden und objektive Evidenz einer Radikulopathie (a)/Myelopathie (b) mit 1–3 Niveau Bandscheibenerkrankungen (c) sowie weniger axialem Nackenschmerz (d) – Der klinische Befund muss mit dem CT/MRI übereinstimmen – Versagen einer konservativen Therapie von über 6 Wochen Dauer 	<ul style="list-style-type: none"> – 18- bis 60-jährig – Symptomatischer 1 oder 2 Niveau sogenannter diskogener Rückenschmerz (L3–S1) übereinstimmend mit den Röntgenbildern und einem Diskogramm – Bestimmte Formen von Diskushernie – Versagen einer konservativen Therapie von über 6 Wochen Dauer
Ausschluss	<ul style="list-style-type: none"> – Ankylosierende Spondylitis – Rheumatoide Arthritis – OPLL: Ossification of the posterior longitudinal ligament (Spine) – DISH: Diffuse idiopathic skeletal hyperostosis (ehemals Morbus Forestier) – Insulinabhängiger Diabetes mellitus – Zervikale Instabilität – Vorausgehende zervikale Spondylodese – Infektion – Fraktur – Osteoporose – Chronische Therapie mit Kortikosteroiden – Adipositas – Schwangerschaft – Isolierter axialer Nackenschmerz 	<ul style="list-style-type: none"> – Zentrale oder laterale Rezessusstenose – Fazettenarthropathie – Spondylose und Spondylolisthesis – Radikulopathie infolge einer Bandscheibenhernie – Skoliose – Osteoporose – Chronische Therapie mit Kortikosteroiden – Vorausgehende lumbale Spondylodese (?) – Infektion – Fraktur – Adipositas – Schwangerschaft

Tab. 1

Chirurgische Technik

Die chirurgische Technik für zervikale und lumbale Bandscheibenersatzoperationen besteht in einem vorderen Zugang an die Wirbelsäule. Die Zugänge entsprechen denjenigen für eine ventrale Dekompression und Spondylodese an der HWS oder für eine ventrale interkorporelle Spondylodese an der LWS. Beide Zugänge sind ausgesprochen unblutig und atraumatisch. Die Bandscheibe wird ausgeräumt, der hyaline Knorpel auf den Wirbelkörperendplatten entfernt, der Intervertebralraum aufgedehnt und der hintere Anulus fibrosus abgelöst, damit die Prothese korrekt positioniert werden kann. Je nach Prothesentyp muss die Endplatte spezifisch bearbeitet werden. Schliesslich wählt man die richtige Grösse und den adäquaten Lordosewinkel der Prothese; dazu

wird interoperativ der Röntgenbildwandler benutzt.

Lumbale Prothesen sind seit Mitte der 1980er Jahre insbesondere in Europa zu Tausenden eingesetzt worden. Die Studienergebnisse sind jedoch wegen des retrospektiven Charakters der Studien und des Mangels an Randomisierung stark kritisiert worden. Die erste verwendete lumbale Prothese war die Charité Disk. Das heute angewendete Modell SB Charité III (DePuy Spine) ist eine «non-constrained» Prothese, charakterisiert durch einen bikonvexen Polyethylenkern, der das Bewegungszentrum je nach Flexion oder Extension in Anlehnung an die natürliche Bandscheibe zu verschieben vermag. Alle anderen heute verwendeten Prothesen – zum Beispiel Prodisc-L (Synthes), Maverick (Medtronic) und Flexicore (Stryker) – sind entweder «semi-constrained»- oder «fully-constrained»-Prothesen mit einem unphysiologisch festen Rotationszentrum. Diese Prothesen sollen nicht luxieren können.

Die artikulierenden Teile bestehen entweder aus Metallpfanne und Metallkopf («Metal-on-Metal») wie bei der Maverick-Prothese und der Flexicore-Prothese (Stryker), oder es ist ein Polyethylenstück dazwischengeschaltet (Prodisc-L und SB Charité III). Bei Metal-on-Metal-Prothesen erwartet man langfristig weniger Abrieb, wie aus der Prothetik grosser Gelenke bekannt ist.

Die zervikalen Prothesen haben ähnliche Charakteristika. Als Erste wurde die BRYAN-Prothese (Medtronic) verwendet, bestehend aus Endplatten aus Titanlegierungen und einem polyurethanan Zwischenstück, das die Bandscheibe imitiert und ein mobiles Rotationszentrum hat. In Europa erhielten viele Patienten diese Prothese. Es



Abb. 3a



Abb. 3b

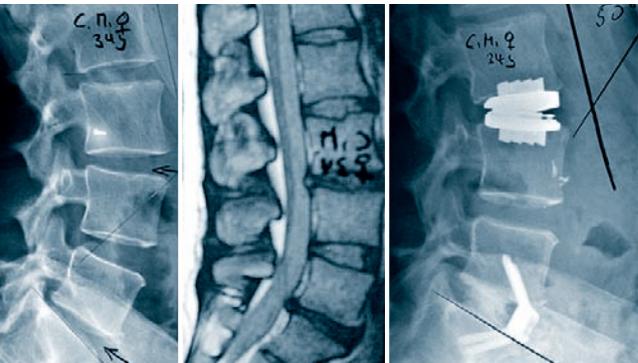


Abb. 3c

Abb. 3

Prä- und postoperative Situation bei
 a: lumbaler Bandscheibenprothese
 b: zervikaler Bandscheibenprothese
 c: lumbaler Bandscheibenprothese
 L 3/L 4 bei gleichzeitiger Spondylodese
 L 5/S 1 (Hybridkonstruktion)

folgten Prothesen von anderen Produzenten, unter anderem die Prodisc-C (Synthes), die Prestige (Medtronic) und die Discover (DePuy Spine). Eine Übersicht der Prothesentypen finden Sie auf Seite 5.

Komplikationen

Es wurde über eine Reihe von Komplikationen mit Bandscheibenprothesen berichtet: Einsinken der Prothese in den Wirbelkörper (Migration), Lockerung der Prothesenverankerung und Dislokation der Prothese. Das Anschlusssegment-Syndrom, das als Spätfolge von Spondylodese angesehen wird, wurde auch bei künstlichen Bandscheiben festgestellt. Zudem spielen Komplikationen infolge des Zugangs eine Rolle. Diese sind jedoch kaum anders als bei den üblichen vorderen Zugängen für ventrale Spondylodese sowohl an der HWS als auch an der LWS. Männliche Patienten, die lumbal operiert werden, müssen darauf hingewiesen werden, dass es infolge von Verletzungen des vegetativen Nervplexus zur Impotenz kommen kann. Die Inzidenz wird unterschiedlich angegeben, dürfte aber unter 1% liegen, wenn vorsichtig operiert wird und man sich beim Eingriff auf die Mittellinie der Wirbelsäule konzentriert. Weitere Komplikationen sind Infektionen, paravertebrale heterotope Ossifikationen und Wirbelfrakturen (Spaltung des Wirbels durch Prothesenverankerung).

Alles in allem treten Komplikationen selten auf, zumindest im peri- und unmittelbar postoperativen Zeitraum. Spätkomplika-

tionen, die von der Prothese ausgehen, sind wegen der noch relativ kurzen Nachkontrollperioden ebenfalls eher selten. Erst eine Langzeitverfolgung der Patienten wird hier Klarheit geben. Um ein besseres Bild über die zu erwartenden Resultate zu erlangen, hat die Schweizerische Gesellschaft für Wirbelsäulenchirurgie im Auftrag des Bundesamts für Gesundheit und der santésuisse ein Register für Bandscheibenprothesen etabliert. Jeder Chirurg, der in der Schweiz Bandscheibenprothesen einsetzt, verpflichtet sich durch seine Mitgliedschaft bei der Gesellschaft, seine Fälle mit einem standardisierten Registerfragebogen zu dokumentieren. Die Chirurgen, die von der Gesellschaft für den Einsatz von Bandscheibenprothesen autorisiert wurden, sind der santésuisse bekannt; die Abgeltung für den Eingriff erfolgt erst, nachdem die Patientendaten in das Register eingetragen wurden. Dieses Vorgehen garantiert eine hohe Qualität der Chirurgie und gibt dem Patienten die Gewissheit, dass «sein» Chirurg für die Operation gewissermassen zertifiziert ist. Die Speicherung und Auswertung der Daten erfolgt in regelmässigen Abständen in einer universitären Institution, die als neutrale, unabhängige Instanz fungiert.

Eigene Daten der Autoren

Am Wirbelsäulenschwerpunkt der Hirslanden-Kliniken in Bern wurden in den Jahren 2005 und 2006 47 lumbale und 108 zervikale Bandscheibenprothesen eingesetzt (Abb. 4a–b). Das mittlere Alter für Eingriffe

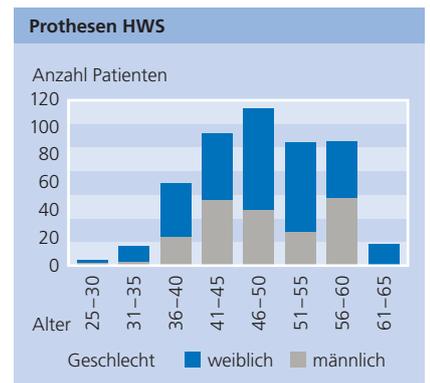


Abb. 4a

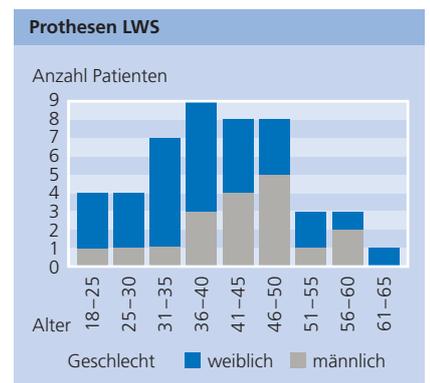


Abb. 4b

Abb. 4

Alters- und Geschlechtsverteilung der Patienten mit Bandscheibenprothesen am Wirbelsäulenschwerpunkt der Hirslanden-Kliniken Bern.

a: HWS

b: LWS

Fortsetzung auf Seite 6



Abb. 6a



Abb. 6b



Abb. 6c



Abb. 6d



Abb. 6e



Abb. 6f



Abb. 6g

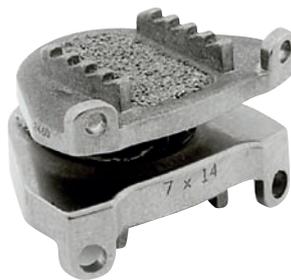


Abb. 6h



Abb. 6i

Abb. 6

Prothesentypen

- a: DePuy Spine, Charité® (LWS)
- b: DePuy Spine, Discover (HWS)
- c: Stryker, Flexicore (LWS)
- d: Synthes, Prodisc-L (LWS)
- e: Synthes, Prodisc-C (HWS)
- f: Zimmer, Dynardi (LWS)
- g: Medtronic, Maverick™ (LWS)
- h: Medtronic, PRESTIGE LP® Disc (HWS)
- i: Medtronic, BRYAN® Disc (HWS)

Die unterschiedlichen Prothesentypen

Die heute zur Verfügung stehenden künstlichen Bandscheiben unterscheiden sich noch massgeblich von natürlichen Bandscheiben, bei denen es sich um komplexe dynamische, vorwiegend avaskuläre Systeme handelt. Die künstlichen Bandscheiben ähneln dagegen mehr den bekannten Hüft- und Knieprothesen als einer eigentlichen Bandscheibe. Es gibt heute eine ganze Reihe von Bandscheibenprothesen, die sich in Bezug auf Material, Belastungsoberflächen, Zahl der Gelenkverbindungen, die Verankerung im Knochen, Rotationszentrum sowie die Verbindung der Gelenkteile unterscheiden.

Alle Bandscheibenprothesen haben jedoch eins gemeinsam: Sie sind alle mechanische Implantate, bestehend aus zwei Metallplatten, die in der kranialen bzw. kaudalen Endplatte eines Bewegungssegmentes

verankert werden; diese Platten artikulieren meist in Form eines Kugelgelenks miteinander, entweder direkt über einen Kopf in der «Pfanne» oder über ein interponiertes abgerundetes Polyethylenstück (Abb. 6a–h). Eine zervikale Prothese, die gewissermassen eine natürliche Bandscheibe imitiert, hebt sich von den anderen Modellen ab (Abb. 6i).

Neue Prothesentypen, die sich mehr und mehr der natürlichen Bandscheibe annähern, sind in Entwicklung und Erprobung. Die so genannten Teilbandscheibenprothesen haben meist die Form von Kissen oder ähnlichen Strukturen und zielen darauf ab, nur den Nucleus pulposus zu ersetzen. Um eine solche Prothese einzusetzen, muss ein Defekt im Anulus fibrosus gesetzt und auch entsprechend wieder verschlossen werden, um einen Austritt der Prothese zu verhindern. Fast alle Teilprothesen haben heute noch klinisch-experimentellen Status.

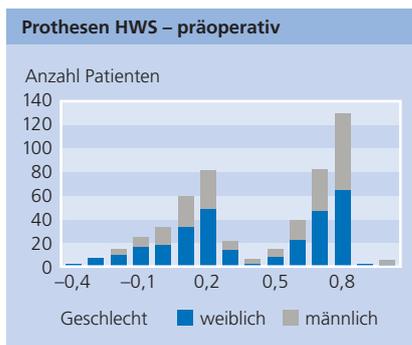


Abb. 5a

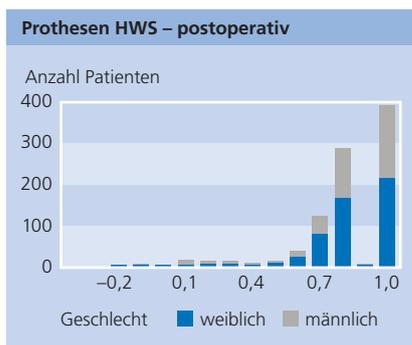


Abb. 5b

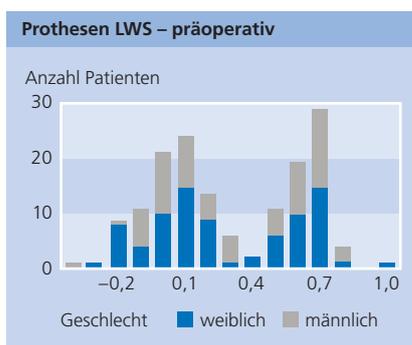


Abb. 5c

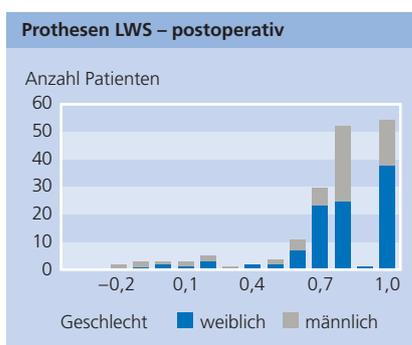


Abb. 5d

Abb. 5
Subjektive Beschwerden vor und nach Einsatz von Bandscheibenprothesen (EuroQuol-Score).

an der LWS betrug bei den Männern 45 Jahre, bei den Frauen 38 Jahre. Bei Eingriffen an der HWS waren die Männer durchschnittlich 43, die Frauen 44 Jahre alt.

Die mittlere Nachkontrollzeit betrug für beide Lokalisationen 14 Monate. Die intraoperativen Komplikationen im Bereich der HWS waren minimal (eine Duraverletzung, die behoben werden konnte und die bis heute keine postoperativen Komplikationen verursacht hat). Lediglich eine Prothese musste entfernt werden, weil ein Diskusfragment auf der Gegenseite ein radikuläres Syndrom verursachte. Nach den Eingriffen an der HWS trat bei sechs Patienten vorübergehend eine Dysphagie auf. Die klassischen zu erwartenden Komplikationen wie Migration oder Dislokation blieben bis heute aus, insbesondere auch bei den lumbalen Bandscheiben. Mithilfe eines patientenorientierten Fragebogens (EuroQuol), mit dem subjektive Beschwerden erhoben werden, konnte ein signifikanter Unterschied zwischen prä- und postoperativen Angaben gezeigt werden (Abb. 5a–d), obschon teilweise Restbeschwerden angegeben wurden, vor allem bei Patienten mit lumbalen Bandscheiben.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Obschon die Autoren bei den eigenen Patienten bis jetzt keine grösseren Komplikationen und Probleme erlebt haben und sich der Einsatz von Bandscheibenprothesen praktisch im Routinebetrieb etabliert hat, bleiben doch weiterhin einige Fragen unbeantwortet, insbesondere was den Langzeitverlauf betrifft.

Die Resultate der FDA-Studien belegen, dass zwei Jahre nach einer Spondylodese bzw. Einsatz einer lumbalen Bandscheibenprothese das subjektive Befinden der Patienten praktisch identisch ist. Es wird sich erweisen müssen, ob die Beweglichkeit in den künstlichen Bandscheiben über viele Jahre aufrechterhalten werden kann und ob die Patienten, bei denen die Beweglichkeit erhalten wird, auch asymptomatisch bleiben. Da es sich bei Bandscheibenprothesen nicht um eine totale Segmentarthroplastik handelt (Ausschluss der kleinen Wirbelgelenke), besteht die Möglichkeit, dass diese Gelenke trotz der Prothese arthrotisch degenerieren und schliesslich schmerzhaft werden. In

Langzeitstudien ist von besonderem Interesse, ob sich das Nachbarsegmentproblem mit künstlichen Bandscheiben ausschalten lässt. Auch werden wir erst in einigen Jahren wissen, ob die Bandscheibenprothesen wie Hüft- und Knieprothesen Abrieb zeigen und ob dieser Abrieb allenfalls einen ungünstigen Effekt auf die umliegenden Strukturen der Wirbelsäule haben wird. Eine weitere offene Frage ist, wie mit Spätkomplikationen dieser Prothesen umgegangen werden muss, das heisst im Falle des Ersetzens oder Entfernens. Dieses Problem wird an der HWS vermutlich einfacher zu lösen sein, weil der Zugang dort wesentlich einfacher ist als an der LWS.

Vorderhand bleiben künstliche Bandscheiben eine faszinierende Möglichkeit, verschiedene Probleme der klassischen Spondylodese-Chirurgie an der Wirbelsäule zumindest kurzfristig zu vermeiden. Ob diese hypothetischen Vorteile tatsächlich die Zeit überdauern, wird sich weisen.

Autoren

Wirbelsäulenchirurgie Hirslanden Bern (Prof. Dr. med. Max Aebi, PD Dr. med. Ulrich Berlemann, Dr. med. Mustafa Hasdemir, PD Dr. med. Thomas Markwalder, Dr. med. Othmar Schwarzenbach, Dr. med. Frank Oswald Wernli)

Verantwortlicher Autor: Max Aebi
max.aebi@memcenter.unibe.ch

Unterstützung

Dieses Supplementum wurde durch die freundliche Unterstützung folgender Unternehmen ermöglicht:

- Stryker Osteonics SA, Switzerland
- Synthes GmbH
- Zimmer Schweiz GmbH
- DePuy Spine
- Medtronic (Schweiz) AG

stryker®

zimmer

SYNTHES®

DePuySpine®
a Johnson & Johnson company



Medtronic