

Bereit für den Versuch

Mit Kittel und Mundschutz haben die Assistenten (r.) am Uniklinikum Ulm ein Stück Wirbelsäule präpariert, das die Techniker (l.) nun prüfen. Die Bandscheiben darin verbinden sie mit Druckfühlern. Biomechaniker Hans-Joachim Wilke (M.) wird das Stück im Simulator hinter ihm testen. Die schwarzen Kameras rund um das Gerät filmen das Experiment und erstellen ein 3-D-Modell der Wirbelsäule

In der Bandscheiben- Werkstatt

Forscher und Mediziner würden lädierte Bandscheiben gern durch Metall-Prothesen oder Bio-Material ersetzen. Allen Anstrengungen zum Trotz bleibt es ein Rätsel, wie die Natur **die biologischen Stoßdämpfer** konstruiert hat

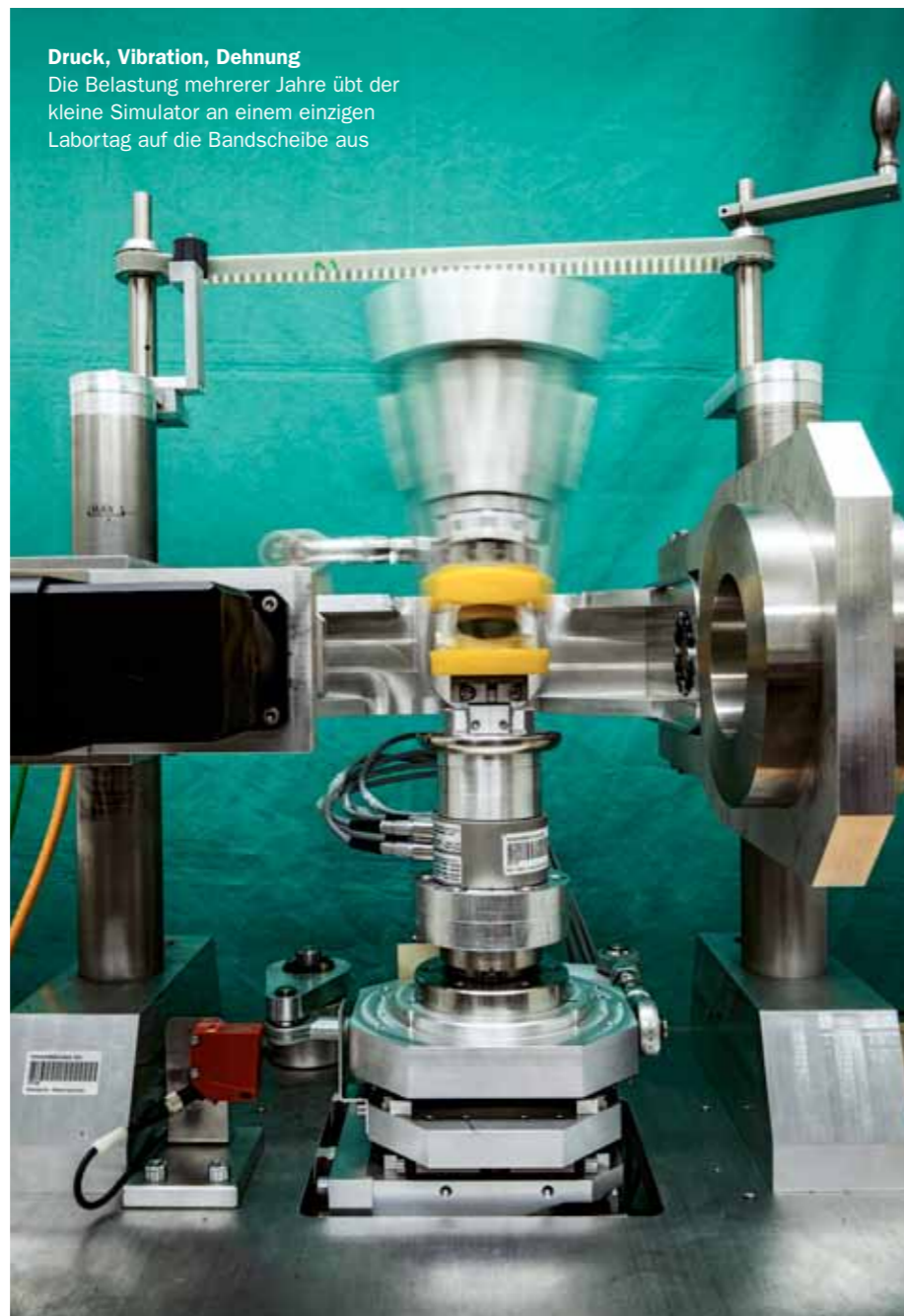
In der Mitte fühlt sich die Bandscheibe weich an, fast wabbelig, wie ein zu lang gekauter Kaugummi. Zum Rand hin wird sie immer fester, gibt aber unter dem Druck des Fingers nach. Milchig-weiß und glänzend sieht das flache Oval aus. Es ist die Bandscheibe eines Schafes, aber von einer menschlichen unterscheidet sie sich kaum.

Hans-Joachim Wilke vom Institut für Unfallchirurgische Forschung und Biomechanik des Uniklinikums Ulm spannt die fingerdicke Scheibe in einem Stück Wirbelsäule zwischen zwei Metalltellern ein. Die beiden Platten sind mit Achsen und Motoren verbunden, zwischen denen sich Kabel winden und drehen. Sobald der Forscher vom Computer aus den Befehl erteilt, wird die raumhohe Maschine mit aller Macht an dem Testobjekt zerrn, es rütteln und quetschen. Wilke ist dem Rätsel der Bandscheibe auf der Spur.

Das knautschige Ding stellt Fragen – bohrende an die Wissenschaftler, stechende an die Menschen. „Was ist bloß mit meinem Kreuz los?“, schießt es Tausenden von Geplagten in ▶

Druck, Vibration, Dehnung

Die Belastung mehrerer Jahre übt der kleine Simulator an einem einzigen Labortag auf die Bandscheibe aus



den Kopf, wenn die Bandscheibe wieder einmal rebelliert. Das unscheinbar wirkende Plättchen ist häufig die Ursache für die Rückenschmerzen der Deutschen. 3700 Arbeitnehmer gehen jährlich wegen Bandscheibenschäden vorzeitig in Rente.

Für Materialwissenschaftler und Techniker ist der rätselhafte Knorpel eine Herausforderung besonderer Art. Seit Jahren versuchen sie, einen Ersatz für die kaputte Pufferzone zu finden, ohne dass dies bisher so richtig gelungen wäre. Biologen forschen an der Bandscheibe, um ihren Verfall aufzuhalten. Und Biomechaniker wie Wilke sind ihrem genialen Konstruktionsplan auf der Spur – nicht ohne Ehrfurcht. „Was sich die Natur da ausgedacht hat, ist genial“, begeistert sich Wilke, der seit mehr als 25 Jahren gemeinsam mit Ärzten, Genetikern, Informatikern und Physikern die Bandscheibe erforscht.

Wilke hat die Schafs-Bandscheibe exakt im Simulator positioniert. Die Gewichte, die auf den Knorpel drücken sollen, stellt er an der Apparatur ein wie beim Muskeltraining im Fitnessstudio. Das Gerät soll eine für den Alltag typische Belastung simulieren: wie ein Mensch einen Getränkekasten hebt und ihn seitlich wieder abstellt. Die Motoren starten und lassen die Achsen die typische Bewegung ausführen. Es surrt und klackt im Takt. Immer wieder wird die imaginäre Kiste gehoben und abgestellt, die feuchte Bandscheibe gedehnt und gequetscht. Dabei schmatzt sie, als würde sie die Last verdauen.

Der Mensch besitzt 23 dieser Knautschzonen. Sie sitzen zwischen den Wirbeln. Zusammen mit den Muskeln und den Bändern schnüren die Bandscheiben das Rückgrat zu einer stabilen Achse, die uns überhaupt erst aufrecht gehen lässt. Stöße beim Gehen oder Springen federn die Knorpel ab und schonen so die Knochen. Das Gewebe ist stabil, gleichzeitig aber weich genug, um Bewegungen in mehreren Achsen zu erlauben. Bei Dehnübungen können wir uns in alle Himmelsrichtungen strecken. Die Wirbelsäule kann sich ohne Schmerzen ein-drehen, etwa beim Schulterblick durch das Heckfenster eines Autos. Und auch das Biegen der Wirbelsäule um 180 Grad bereitet normalerweise keine Probleme. Bücken wir uns, um einen Gegenstand

»Jede Bandscheibe ist so individuell wie ein Fingerabdruck«

Hans-Joachim Wilke, 55
Biomechaniker am
Universitätsklinikum Ulm

aufzuheben, staucht diese Bewegung die Bandscheibe auf der Bauchseite und dehnt sie auf der Rückenseite. Dabei regt sich jeder einzelne Diskus nur wenige Millimeter. Erst im Zusammenspiel aller Bandscheiben wird daraus volle Flexibilität. Die benachbarten Puffer teilen sich die Arbeit auf. So können wir einen Katzenbuckel machen oder einen Hula-Hoop-Reifen tanzen lassen.

Am Simulator verkabelt Biomechaniker Wilke das Stück Wirbelsäule wie einen Patienten auf der Intensivstation. Mit Hilfe von Druckmessern will er herausfinden, wie der gesamte Wirbelsäulenabschnitt unter Belastung reagiert. Eine

Last von 250 Kilogramm lässt Wilke auf das Stück Wirbelsäule einwirken. Der Druckmesser in der Schafs-Bandscheibe schnellert jetzt in die Höhe: 23 Bar drücken auf die Knautschzone. Das ist genauso viel Druck, wie in einer menschlichen Bandscheibe beim tatsächlichen Heben eines Getränkekastens entsteht. Das konnte Wilke einst in einer aufwendigen Messung herausfinden. „Somit entsteht in der Bandscheibe der zehnfache Druck eines Autoreifens“, erklärt Wilke.

Ihre einzigartige Struktur versetzt die Bandscheibe in die Lage, derart hohen Belastungen standzuhalten. Jede Pufferscheibe besteht aus einem harten Faserring und einem weichen Kern. So ist das Gebilde gleichzeitig reißfest und elastisch. „Der Ring heißt Anulus fibrosus und besteht aus Faserknorpel“, erklärt Claudius Thomé, Direktor der Neurochirurgie des Uniklinikums Innsbruck. Es ist ein flexibles Gewebe, das sich auch in unserem Knie findet. „Als Nucleus pulposus wird der gallertartige Kern in der Mitte bezeichnet“, sagt Thomé. Er besteht überwiegend aus Molekülketten, deren Glieder Zuckerbausteine bilden. Bis zu 90 Prozent des Gewebes ist Wasser, das den Faserring unter Spannung setzt. Der Mensch ist also gleichsam mit einer Wasserfederung ausgestattet.

Wie hoch organisiert das Gewebe ist, offenbart das Mikroskop. „Der äußere Ring ist wie eine Zwiebel, nur dass sich die einzelnen Schichten nicht abziehen lassen“, sagt Wilke. Die Fasern sind in einem komplizierten Muster angeordnet – zwischen den parallelen Schichten sind senkrecht dazu weitere verwoben, so zumindest die vorherrschende Theorie der Forscher. Wie sich die Fasern tatsächlich kreuzen und verflechten, ist genauso unbekannt wie die Unterschiede zwischen Hals und Lende. Das heißt: Gelänge es, das Gefüge einer einzigen Bandscheibe zu entschlüsseln, hieße das noch lange nicht, das Rätsel zu lösen.

Die Puffer liegen nicht einfach lose zwischen den Wirbeln, sondern sind fest mit diesen verwachsen. Einzelne Fasern des Rings krallen sich wie die Ranken einer Kletterpflanze an den Knochen. „Das ist besser als Kleber“, ist Wilke fasziniert. Die Deckplatten – sie schließen den Wirbelkörper nach oben und unten ab – dienen der Bandscheibe dabei als Andockstelle. Nur über diesen Weg gelangen

**Natürlicher Stoßdämpfer**

Dieses Modell zeigt den stark vereinfachten Aufbau einer Bandscheibe. Um den weichen Gallertkern sind die Fasern wie in einer Zwiebel angeordnet.

Künstliches Abbild Diese Prothese wird bereits eingesetzt und kommt dem Aufbau der natürlichen Bandscheibe nahe. Zwei Titanplatten umranden den Kern und die Fasern aus Kunststoff.

Wasser- und Nährstoffhaushalt“, erklärt Chirurg Thomé. Während ein jugendlicher noch eine schneeweiße und pralle Bandscheibe besitzt, hat sich die Knautschzone eines 80-Jährigen dunkel verfärbt, ist bröselig und in sich zusammengesackt. Diese Degeneration, wie Ärzte sagen, verläuft bei jedem Menschen anders. „Schneidet man zwei degenerierte Bandscheiben auf, sehen sie komplett unterschiedlich aus“, sagt Wilke, „jede Bandscheibe ist mindestens so individuell wie ein Fingerabdruck.“ Der Verschleiß ist das häufigste Leiden an der Pufferzone. „Wenn die natürliche Stoßdämpferfunktion versagt, reiben die Wirbelkörper aufeinander, was zu Schmerzen führt“, sagt Chirurg Thomé.

Unermüdlich schmatzt die Schafs-Bandscheibe in Wilkes Simulator vor sich hin. Der Biomechaniker will es nun richtig wissen und das Präparat herausfordern. Dafür spannt er sein Testobjekt in einen zweiten Simulator ein, der zwar viel kleiner, aber noch schneller und wilder ist als die raumhohe Maschine. Wilke gibt den Befehl für eine komplexere Bewegung – eine Mischung aus extremem Beugen und Drehen. „Für einen Menschen wäre das kaum möglich“, sagt er. Die Maschine knetet in Sekundenschnelle, als würde sie den Kern des weißen Diskus regelrecht herausdrücken wollen. Die Bandscheibe zittert. Nach 100 Zyklen gibt sie schließlich auf: Der Faserring reißt, und die gallertartige Masse quillt heraus wie bei einem Bonbon mit Füllung.

Wilke hat einen Bandscheibenvorfall provoziert, wie er Patienten mittleren Alters häufig trifft. Bei jahrelanger einseitiger Belastung und zu viel Druck reißen zunächst die inneren Fasern des Rings auf. Einer Laufmaschine ähnelnd, frant die Knorpelplatte weiter aus, bis nur noch wenige Fibrillen den gallertartigen Kern an Ort und Stelle halten. Kommt es dann zu einer ungewohnten und ruckartigen Bewegung, geben auch die letzten Schnüre nach, und die Masse des Kerns drückt auf den benachbarten Nerv, was stechende Schmerzen verursachen und bis auf die Beine ausstrahlen kann. „Die Laufmaschinen-Theorie ist nur eine von mehreren“, sagt Biomechaniker Wilke, „wie und bei welcher Bewegung ein Vorfall genau entsteht, wissen wir noch nicht.“

OPERIEREN | BANDSCHEIBENFORSCHUNG



Neuer Ansatz
Durch die 15
Zentimeter lange
Nadel spritzt
Claudius Thomé (l.)
seinem Patienten
das Biomaterial in
die Bandscheibe

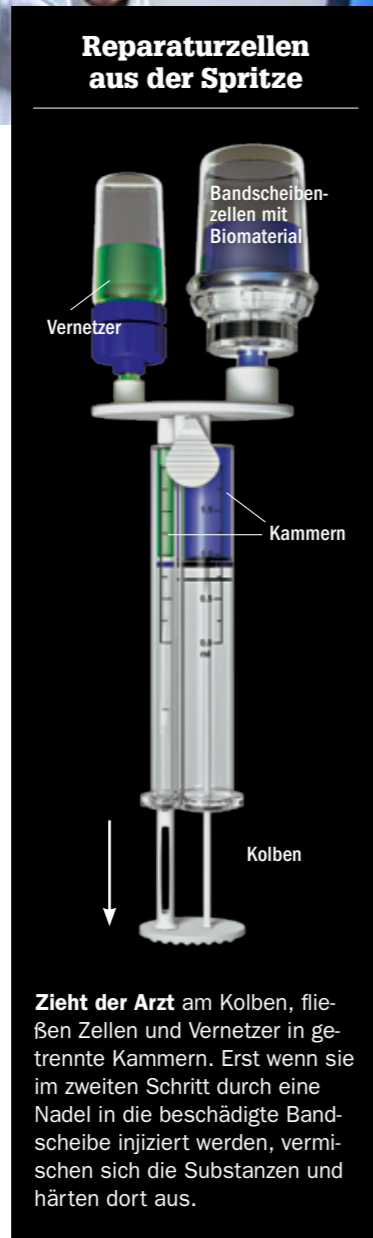
Besonders zerstörerisch auf die Bandscheibe wirkt sich nach ersten Befunden eine starke Beugung zusammen mit dem Drehen um die eigene Achse aus – eben wie das ungünstige Anheben einer schweren Getränkekiste und das seitliche Abstellen.

Die Portion Knorpel, die jahrelang treue Dienste leistet, wird im Alter verletzbar. Das knautschige Ding, das so lange unverdrossen schmatzt, wird müde und verursacht bei vielen Menschen starke Beschwerden.

Forscher versuchen daher, einen Ersatz für die kaputte Pufferzone zu finden. „Heute können Prothesen ähnlich wie künstliche Hüften eingesetzt werden“, sagt Chirurg Thomé. Das Implantat, das meist aus zwei Metallplatten und einem Plastikkern besteht, soll uns weiterhin ermöglichen, zu springen und zu rennen. Die Theorie ist simpel: Nach dem Konstruktionsplan der echten Bandscheibe bauen Forscher eine künstliche nach. Aber vermag eine Prothese ein dynamisches biologisches System zu ersetzen?

Biomechaniker Wilke baut eine künstliche Bandscheibe in den Simulator. Diese sollte die Aufgabe, das Heben eines Getränkekastens, genauso gut lösen können wie der natürliche Knorpel. Die Achsen arbeiten. Statt des dumpfen Geräuschs der Schafs-Bandscheibe ertönt ein mechanisches Klacken.

Tatsächlich streiten sich Experten über den Nutzen der Prothese. Patienten mit einer künstlichen Bandscheibe



Zieht der Arzt am Kolben, fließen Zellen und Vernetzer in getrennte Kammern. Erst wenn sie im zweiten Schritt durch eine Nadel in die beschädigte Bandscheibe injiziert werden, vermischen sich die Substanzen und härten dort aus.

im Rückgrat können sich besser bewegen und kehren früher an ihren Arbeitsplatz zurück. Ob der Ersatz aber ein ganzes Leben lang hält, weiß noch niemand. Bisher erfassen Studien meist nur den Zeitraum bis etwa fünf Jahre nach der OP. Kritiker befürchten, dass sich das Implantat im Laufe der Jahre lockert und verrutscht. Oder in die Wirbelkörper einsinkt. Das internationale Ärzte-Netzwerk Cochrane Collaboration empfiehlt Chirurgen daher, künstliche Bandscheiben zurückhaltend einzusetzen.

„Die Prothese kann immer nur ein Kompromiss sein“, sagt Wilke. Die komplexe Struktur des Wunderwerks zwischen den Wirbeln, der Bauplan, den Wissenschaftler noch nicht entschlüsseln können, ist in der künstlichen Bandscheibe nicht berücksichtigt. Damit ist sie auch kein vollwertiger Ersatz.

Ein neuer Ansatz, der Forscher gerade antreibt, ist die Reparatur mit Biomaterialien. Biologen am Naturwissenschaftlichen und Medizinischen Institut (NMI) der Universität Tübingen haben zusammen mit der Tissue-Engineering-Firma Tetec ein Verfahren entwickelt, bei dem der Bandscheibenkern durch eine Zellmischung wieder aufgepöppelt wird.

Chirurg Thomé am Uniklinikum Innsbruck ist einer der Ärzte, die diese Methode in einer klinischen Studie für die Tetec testen. Seine Patienten mit einem Bandscheibenvorfall behandelt er dafür mit der Doppelkammerspritze. So wie Walter Enthofer (s. Foto): Der 53-Jährige erlitt einen Vorfall in seinem Lendenwirbelbereich und hatte trotz Schmerzmittel und Wärmerotherapie große Probleme. „Die Muskeln in meinem linken Bein waren angespannt, und ich konnte meinen Fuß nicht mehr richtig spüren“, erklärt Enthofer. Er konnte sich nur noch humpelnd fortbewegen.

Sein Arzt Thomé entnahm ihm das Gewebe, das auf seinen Nerv drückte. Anstatt die Masse in den Krankenhausmüll

zu geben, schickte er sie nach Tübingen. Die Mitarbeiter der Tetec isolieren dort die Zellen und vermehren sie in der Petrischale. „In der Zwischenzeit heilt der Faserring des Patienten aus“, sagt Thomé. Das Tübinger Team reichert die gezüchteten Zellen mit Nährstoffen an, die in der Lage sind, Wasser zu binden – ähnlich wie der gesunde Diskus. Ist der Mix fertig, schicken die Forscher die flüssige Zelllösung zurück nach Innsbruck. Dort spritzt Chirurg Thomé das Zellmaterial in die betroffene Bandscheibe. Erst hier verfestigt sich die Masse zusammen mit einem Vernetzer wie Pudding.

Der Nährstoffmix soll dem Knorpel dazu verhelfen, sich zu regenerieren. Das Konzept scheint aufzugehen: „Die Bandscheibe erreicht wieder ihre ursprüngliche Höhe“, sagt Thomé. „Blut- und Urintests zeigen, dass das Material für den Körper ungefährlich ist.“ Walter Enthofer ist bislang ebenfalls zuversichtlich. „Ich habe keine Schmerzen mehr“, sagt er heute – eineinhalb Jahre nachdem die Spritze gesetzt wurde. Endlich kann er wieder normal laufen und zur Arbeit gehen. „Das entlastet mich enorm“, sagt Enthofer. Bis zur Zulassung des Verfahrens sind aber weitere Studien nötig. Die Markteinführung für Deutschland plant das Tübinger Team für 2016.

Voraussetzung für die Behandlung ist aber, dass der Faserring intakt ist. „Auch für Patienten mit verkalkten Deckplatten kommt der biologische Ersatz nicht infrage“, sagt Biomechaniker Wilke. Wenn die Nährstoffe der Spritze vertilgt sind, muss sich die Bandscheibe wieder selbst versorgen. Gelangt aber durch die Deckplatten keine Nahrung in den Diskus, wird er wieder zusammensacken.

Hans-Joachim Wilke legt den Schalter des Simulators um. „Die Ideen für den biologischen Ersatz sind sehr kreativ. Bis er sicher eingesetzt werden kann, wird es aber noch eine Weile dauern“, meint der Biomechaniker. Die Achsen werden langsamer, bleiben stehen. Das rhythmische Surren und Klacken verstummt. Die Schafs-Bandscheibe friert Wilke für spätere Analysen wieder ein.

„Solange wir unsere natürliche Bandscheibe nicht verstehen“, so die Prognose des Forschers, „werden wir auch keinen vollwertigen Ersatz finden.“ ■

KATRIN EWERT

ORTHOPÄDISCHE PRIVATPRAXIS

DR. MED. THEODOROS THEODORIDIS



Facharzt für Orthopädie
Spezielle Orthopädische Chirurgie
Sportmedizin - Chirotherapie



Ihr Wirbelsäulenspezialist

Exzellente medizinische
Behandlung auf höchstem Niveau

- Schmerztherapie
ambulant und stationär
- Strahlenfreie Injektionstherapie
- Minimalinvasive
Wirbelsäulenthherapie
- Mikrochirurgische OP bei
Spinalkanalstenose und
Bandscheibenvorfall

**VIKTORIA KLINIK
BOCHUM**

PRIVATE FACHKLINIK FÜR ORTHOPÄDIE
UND ORTHOPÄDISCHE CHIRURGIE

SPORTKLINIK VIKTORIA

Dr. med. Theodoros Theodoridis

Ltd. Arzt - Abt. für minimalinvasive u. operative Wirbelsäulenthherapie

Viktoriastraße 66-70 • 44787 Bochum • Tel. 0234 3389878
info@dr-theodoridis.de • www.dr-theodoridis.de