Meniskustransplantation – experimentelle Chirurgie oder doch mehr?

Christian Mauch, Wolf Siepen, Niklaus F. Friederich
Klinik für Orthopädische Chirurgie und Traumatologie des Bewegungsapparates, Kantonsspital, Bruderholz

Hintergrund

Die Kniegelenksmenisken spielen eine wichtige Rolle in der Biomechanik des Kniegelenks. Neben einer Pufferfunktion vergrössern sie die Kontaktfläche zwischen Femur und Tibia, was sich günstig auf die Lastverteilung auswirkt. Daneben haben die Menisken eine unterstützende Wirkung auf die Stabilisierung des Kniegelenks und spielen eine Rolle in der Lubrikation des Knorpels. In der Meniskuschirurgie vermeidet man heutzutage, den gesamten Meniskus zu entfernen. Je nach Risslokalisation und Rupturmorphologie werden Meniskusverletzungen durch eine Naht refixiert, oder die lädierten Meniskusanteile werden sparsam herausgeschnitten. Eine meniskuserhaltende Operation ist allerdings lediglich in 5% der Fälle möglich. Bei komplexen Meniskusverletzungen oder Versagen einer Meniskusnaht kann es notwendig sein, grosse Teile oder sogar den gesamten Meniskus zu entfernen. Die komplette Entfernung eines Meniskus führt oft zu Dysfunktion und Schmerzen im Kniegelenk. Ausserdem führt der Verlust des Meniskus zu einer Stresskonzentration in den zentralen Anteilen des betroffenen tibiofemoralen Kompartiments. Längerfristig kommt es aufgrund der erhöhten Belastung zu degenerativen Veränderungen mit der Entwicklung einer Sekundärarthrose.
Vor allem bei jüngeren symptomatischen Patienten nach subtotaler oder totaler Meniskektomie steht man oft vor einem therapeutischen Dilemma. Auf der einen Seite haben diese Patienten therapierelevante Symptome, auf der anderen Seite sind sie für einen endoprothetischen Gelenkersatz zu jung. Aus diesem Dilemma heraus ist die Idee für den Einsatz von Meniskus-Allografts entstanden. Durch den transplantierten Meniskus sollen die normalen Kontaktkräfte im Kniegelenk wiederhergestellt werden und dadurch die Schmerzen gelindert und eine weitere Knorpeldegeneration verhindert werden.
Die ersten Meniskustransplantationen wurden bereits 1984 von Milachowski durchgeführt. Aktuell wurden weltweit über 800 Meniskus-Allografts transplantiert. Wir haben am Kantonsspital Bruderholz Anfang 2007 die ersten Meniskustransplantationen mit der Unterstützung von Prof. Dr. med. R. Verdonk, der in Europa die grösste Erfahrung auf diesem Gebiet aufweisen kann, durchgeführt.

Christian Mauch

Die Autoren erklären, dass sie keine Interessenkonflikte im Zusammenhang mit diesem Beitrag haben.

Indikation

Die Indikation zu einer Meniskustransplantation kann bei jungen aktiven Patienten (<50 Jahren) gestellt werden, die nach subtotaler oder totaler Meniskektomie im betroffenen Kniegelenkskompartiment lokalisierte Schmerzen unter Belastung aufweisen. Vorraussetzung sind stabile Verhältnisse, eine korrekte Beinachse sowie fehlende degenerative Knorpelveränderungen, wobei bis zu II-gradigen Knorpelschäden medial und III-gradigen Schäden lateral im Allgemeinen toleriert werden. Falls eine dieser Vorraussetzungen nicht erfüllt ist, müssen im Rahmen des Eingriffs zusätzlich eine Kreuzbandersatzplastik und/oder eine Korrekturostetomie erfolgen. Ansonsten ist die Meniskustransplantation kontraindiziert! Bei traumatischen Knorpelläsionen kann gleichzeitig eine Knorpelchirurgie wie beispielsweise eine Knorpelzelltransplantation durchgeführt werden.

Techniken

Die Meniskus-Allografts werden in der Regel tiefgefroren bei –80 °C aufbewahrt (fresh-frozen) und können bei sogenannten Allograft-Banken bestellt werden. Zur genauen Grössenbestimmung des benötigten Transplantats sind konventionelle Röntgenaufnahmen des Kniegelenks im antero-posterioren und lateralen Strahlengang notwendig. In der Literatur werden verschiedene Techniken für die Transplantation eines Meniskus-Allograft beschrieben. Manche Autoren bevorzugen die Transplantation mit einem Knochenblock am Vorder- und Hinterhorn des Transplantats, welche in entsprechend angelegte Bohrlöcher im Tibiakopf eingefügt werden. Bei dieser von Goble beschriebenen Technik ist akribisch auf eine anatomische Positionierung der Meniskushörner zu achten. Wir wenden die von Prof. Verdonk etablierte Technik ohne Knochenblöcke an. Zur besseren Einsicht in das Gelenk erfolgt eine Osteotomie des lateralen bzw. medialen Epikondylus. Der Restmeniskus wird unter Erhaltung der Randleiste reseziert. Das Allograft wird schliesslich an dieser Randleiste mit resorbierbaren Fäden fixiert. Diese Technik kann auch arthroskopisch durchgeführt werden.

Komplikationen

Immunreaktionen nach Meniskustransplantationen sind nicht beschrieben. Eine immunsuppressive Therapie wie bei Organtransplantation ist nicht notwendig. Beim Organspender erfolgen Tests auf die gängigen Infektionskrankheiten. Fälle von übertragenen Infektionskrankheiten wie Hepatitis C oder HIV sind bis heute nicht bekannt. Lediglich bei 4 von über 550 transplantierten Patienten, welche in Studien erfasst wurden, ist

es zu einer bakteriellen Infektion gekommen. Dies entspricht einer Rate von unter 0,5%.
Die am häufigsten beschriebene Komplikation ist eine Rissbildung im transplantierten Meniskus. In einer Metaanalyse wurde eine Rissrate von 8,2% errechnet. Die Behandlung entspricht derjenigen eines nativen Meniskus (Naht oder Teilresektion).

Ergebnisse

Die Literatur zeigt, dass die Meniskustransplantation in den ersten Jahren bei etwa 85% der Fälle zu einem guten oder hervorragenden Ergebnis mit deutlicher Verbesserung der Schmerzbelastung und Funktion führt. Interessanterweise korreliert dabei das klinische Ergebnis nicht mit dem MRI-Befund; hier wird immer wieder eine Extrusion des transplantierten Meniskus beobachtet. Schlechtere Ergebnisse sind in der Regel mit einer nichtkorrigierten Achsfehlstellung des Beins oder einem nichtstabilen Knie assoziiert. Selbst in Langzeitstudien sind gute Ergebnisse vor allem bezüglich der Schmerzsituation dokumentiert. Hier werden Überlebensraten von 70 bis 74% beschrieben.
Auf der anderen Seite muss man festhalten, dass Langzeitstudien fehlen, die einen tatsächlichen positiven Effekt auf die bereits in Gang gesetzte Knorpeldegeneration und damit eine Verzögerung der Arthroseentwicklung beweisen. Zwar konnten Verdonk et al. in einer Studie mit 41 Patienten nach 12 Jahren bei über 50% keine Progredienz der Verengung des Gelenkspalts unter Belastung finden, was die Autoren auf einen potentiell chondroprotektiven Effekt schliessen liess. Doch fehlte wie bei allen anderen Studien auch eine entsprechende Kontrollgruppe.

Zukunftsaussichten und Alternativen

Bis jetzt gibt es noch keine klinische Studie über einen komplett synthetischen und innerten Ersatz eines Meniskus, und es zeichnet sich in der Forschung ab, dass eher ein Scaffold zum Einsatz kommen wird.
Hierbei handelt es sich um ein poröses Grundgerüst, das entweder das Einwachsen von Gewebe ermöglicht, um einen biologischen Ersatz mit körpereigenem Gewebe zu erreichen, oder in dem in vitro gezüchtete, vorher entnommene, körpereigene Zellen angesiedelt werden können.
Für den partiellen Meniskusersatz sind erste klinische Multizenter-Studien mit einem Kollagen-Meniskus-Implantat (CMI) gestartet worden, welches als Scaffold eingesetzt wird. Dieses Kollagengerüst wird in partielle Meniskusläsionen implantiert und von körpereigenem Ersatzgewebe durchwachsen und langsam abgebaut.
Ebenfalls sind verschiedene Polycaprolactone, Polyurethane, Polyglykolsäure und weitere Substanzen als Scaffolds in experimentellen Tiermodellen untersucht worden.
Sogenannte Double-Network-Hydrogele (DN-Gele) sind auch ein potentielles Implantatmaterial. Es handelt sich um zwei unterschiedliche netzwerkbildende Komponenten, die in sich verknüpfen und untereinander verknüpft sind. Dadurch wird eine drastische Veränderung der physikalischen Eigenschaften erreicht, die durch die Auswahl der beiden Komponenten, ihre Konzentration und den Vernetzungsgrad in sich und miteinander variiert werden können, von abbaubar bis innert und elastisch bis hart. Es gibt nahezu eine unbegrenzte Anzahl von Kombinationseigenschaften, um verschiedenartige Transplantate herstellen zu können, auch ein Meniskus-Scaffold.
Erste Biokompatibilitätsversuche am Tiermodell mit einem Polyvinylalkohol-Hydrogel-Scaffold sehen vielversprechend aus, insgesamt bewegt man sich aber noch im Bereich der Grundlagenforschung.
In der Erforschung der physikalischen und biomechanischen Eigenschaften arbeitet das LOB (Laboratory of Orthopaedic Biomechanics) in Basel, mit der Hokkaido University in Sapporo, Japan, unter der Leitung von Frau Prof. J. P. Gong, zusammen, die verschiedene DN-Gele mit biomechanisch ähnlichen Eigenschaften von Meniskus- oder Knorpelgewebe entwickelt hat.
Entscheidende Vorraussetzungen für alle Implantate sind eine intakte Meniskusbasis, um eine stabile mechanische Verankerung zu gewährleisten. Das Scaffold muss stabil fixierbar sein und die mechanischen Eigenschaften eines Meniskus aufweisen, um den Regenerationsprozess sowie den Knorpel vor den mechanischen Beanspruchungen zu schützen, und es muss selbstverständlich biokompatibel und abbaubar sein.

Korrespondenz:
Christian Mauch
Klinik für Orthopädische Chirurgie und Traumatologie
des Bewegungsapparates
Kantonsspital
CH-4101 Bruderholz
christian.mauch@ksbh.ch

Empfohlene Literatur

– Buma P, van Tienen TG, Veth RP. The collagen meniscus implant. Expert Rev Med Devices. 2007;4(4):507–16.
– van Tienen TG, Hannink G, Buma P. Meniscus replacement using synthetic materials. Clin Sports Med. 2009;28(1):143–56.
– Verdonk PCM, Verstraete KL, Almqvist KF, et al. Meniscal allograft transplantation: long-term clinical results with radiological and magnetic resonance imaging correlations. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2006;14:694–706.

Die vollständige Literaturliste finden Sie unter www.medicalforum.ch.

Bewegungsanalyse: Wichtige Informationen für Sport und Alltag /

Analyse du mouvement: des informations importantes pour la pratique sportive et les activités dans la vie de tous les jours

Weiterführende Literatur (Online-Version) / Références complémentaires (online version)

1 Mitchell L. The man who stopped time. Stanford Magazine. 2001;May/June.

2 Abdel-Aziz YI, Karara HM. Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. ASP Symposium on Close Range Photogrammetry. Falls Church: American Society of Photogrammetry; 1971. p 1–18.

3 Nigg BM, Herzog W, editors. Biomechanics of the musculo-skeletal system. 3rd ed. West Sussex UK: Wiley; 2006.

4 Konrad P. ABC of EMG – A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography. Scottsdale: Noraxon Inc.; AZ USA, 2005.

5 von Tscharner V. Intensity analysis in time-frequency space of surface myoelectric signals by wavelets of specified resolution. J Electromyogr Kinesiol. 2000;10(6):433–45.

6 Nüesch C, Göpfert B, Fischer M, Frère J, Wirz D, Friederich NF. Wavelet-EMG-analysis of the leg muscles in fencing during a flèche attack. In Proceedings of the 17th Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology: Ontario, Canada, 2008.

7 Frère J, Huber C, Nüesch C, Fischer M, Göpfert B, Wirz D, et al. Electromyographic analysis of three shoulder muscles using wavelet transformation and spherical separation. Archivos de Medicina del Deporte. 2008;25:439.

8 Frère J, Nüesch C, Fischer M, Göpfert B, Wirz D, Friederich NF. Shoulder muscles coordination of the weapon side during a fencing attack: The Flèche. J Biomech. 2008;41:58.

9 Romkes J, Rudmann C, Brunner R. Changes in gait and EMG when walking with the Masai Barefoot Technique. Clin Biomech. 2006;21:75–81.

10 Romkes J. Statische Gleichgewichtskontrolle mit dem MBT-Schuh. Schweiz Z Sportmedizin und Traumatologie. 2008;56:61–5.

11 Göpfert B, Huber C, Lüthi A, Wirz D. Analysis of muscular coordination in different jumping elements in aerial freestyle skiing. In Proceedings of the World Congress of Performance Analysis of Sport VIII: Magdeburg, Germany, Sept. 3–6. 2008.

12 von Tscharner V, Goepfert B. Gender dependent EMGs of runners resolved by time/frequency and principal pattern analysis. J Electromyogr Kinesiol. 2003;13:253–72.

13 Lüthi A, Böttinger G, Theile T, Rhyner HU, Ammann W. Freestyle aerial skiing motion analysis and simulation. J Biomech. 2006;39:186.