

Ergebnisse der Meniskusrefixation mit Pfeilen

Die negativen Folgen der Meniskusresektion sind seit langem bekannt [24, 35, 49]. Von dem Ziel, nach Möglichkeit bei jedem Patienten mit einem refixations- und heilungsfähigen Riss den Meniskus zu erhalten, scheinen wir zurzeit noch weit entfernt zu sein [1, 9, 16]. Neue Implantate erleichtern die Refixation beträchtlich. Diese innovativen Techniken müssen sich am „Goldstandard“ – der Meniskusnaht – messen lassen. Dabei sind die Ergebnisse sowohl hinsichtlich der Heilungsrate als auch der Art und Häufigkeit der Komplikationen zu vergleichen.

Vor einem Jahrzehnt wurden Pfeile zur Meniskusrefixation experimentell untersucht und in die klinische Routine eingeführt [2, 4, 10, 11, 12, 38]. Es handelt sich in der Regel um starre, fadenfreie, resorbierbare Implantate, wobei die Fixationsfestigkeit im Wesentlichen aus der widerhakenartigen Oberflächengestaltung resultiert (■ **Abb. 1**). Diese Implantate werden aufgrund der einfachen Operationstechnik auch in schwerer zugänglichen Regionen wie am Innenmeniskushinterhorn häufig verwendet. Eine weitere Generation von Implantaten wie FasT-fix® oder Rapid-Loc®, die als Fadenankersysteme (FAS) zusammengefasst werden können, stehen für den klinischen Einsatz zur Verfügung. In einer ersten, systematischen Literaturanalyse zu den Meniskuspfeilen von Tingart et al. [68] aus dem Jahr 2001 konnte aufgrund der geringen Studienzahl und dem kurzen Nachbeobachtungszeitraum noch keine sichere Beurteilung dieser Technik erfolgen.

Nach einem Jahrzehnt der Anwendung von resorbierbaren Meniskuspfeilen werden in der vorliegenden Arbeit die Ergebnisse dieser Fixationstechnik beim Meniskusriss durch eine systematische Literaturübersicht überprüft.

Material und Methode

Literatursuche

Die Datenbank der US-amerikanischen „National Library of Medicine“ wurde systematisch nach Studien mit den Begriffen „meniscal repair“ und „meniscus arrow“ durchsucht. Die Suchbegriffe wurden mit einer „und“-Verknüpfung versehen und die Arbeiten nach Angaben zum klinischen Ergebnis analysiert [36]. Weitere Suchbegriffe waren „meniscal dart“, „meniscal fastener“, „clearfix screw“ und „biostinger“. Das „Versagen“ der Fixation bzw. die Heilungsstörung wurden nach Tuckman et al. [69] als Notwendigkeit einer sekundären Meniskusresektion am rekonstruierten Meniskus definiert, wobei die Differenz zu 100% als „Heilung“ angegeben wurde. Bei eindeutiger Angabe der Heilungsrate in einer Studie wurde diese Zahl berücksichtigt.

Der Beobachtungszeitraum umfasste Studien von August 2000–Januar 2009, da die Untersuchung direkt an die Literaturanalyse von Tingart et al. [68] angefügt werden sollte, deren Beobachtungszeitraum sich von 1966–August 2000 erstreckte.

Studien aus dem angegebenen Zeitraum zur Meniskusrefixation mit Pfeilen, die im Literaturverzeichnis der durchgesehenen Arbeiten gefunden wurden, konnten ebenfalls mit einbezogen werden.

Studienauswahl

Es wurden klinische Studien ausgewählt, die Angaben über den Erfolg der Meniskusrefixation mit Meniskuspfeilen (■ **Abb. 1**) enthielten. Studien über FAS-Implantate wie Rapid-Loc® und FasT-fix® wurden nicht mit einbezogen.

Aus den Arbeiten wurden Angaben zu

- Studientyp,
- Patientenzahl,
- Patientenalter,
- Fixationsmethode,
- Risslokalisierung,
- Risstyp,
- Kniestabilität,
- Nachuntersuchungszeitraum und
- Heilungsrate

erfasst. Die Beurteilung der Autoren zum Einsatz von Meniskuspfeilen wurde den Kategorien „positiv“, „differenziert“ und „unbefriedigend“ zugeordnet. Bei der Kategorie „positiv“ musste eine klare Empfehlung zur Verwendung der Pfeile als gleichwertig zur Naht vorhanden sein. Bei der Kategorie „unbefriedigend“ oder „negativ“ war eine kritische Beurteilung der Meniskuspfeile entweder aufgrund der Versagensrate oder wegen der Komplikationshäufigkeit enthalten. Bei einer „dif-



Abb. 1 ▲ Meniscal dart® (Foto: Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, TU Dresden)

ferenzierten“ Beurteilung konnte die Arbeit nicht in die 2 erstgenannten Kategorien eingeordnet werden.

Ergebnisse

Studienbeschreibung

Im Zeitraum August 2000–Februar 2009 konnten unter dem Suchbegriff „meniscal repair“ 763 Arbeiten identifiziert werden. Bei der „und“-Verknüpfung mit „arrow“ fanden sich noch 46 Publikationen. Unter Einbeziehung des Literaturverzeichnisses dieser Studien und von Übersichtsarbeiten wurden 19 weitere Arbeiten zu diesem Thema gefunden, sodass letztlich 65 Artikel ausgewertet wurden.

Nach Durchsicht dieser Publikationen wurden 15 Originalarbeiten gefunden, die über klinische Ergebnisse der Meniskusrefixation mit Pfeilen berichteten (■ **Tab. 1**). Eine Fallzahl unter 20 war ein Ausschlusskriterium [53]. Studien zu spezifischen Implantaten, die zwar ein ähnliches Funktionsprinzip haben, wie die Menikusschraube, wurden aufgrund der geringen Anzahl nicht einbezogen [13, 27]. Weitere 11 Arbeiten enthielten Berichte über implantatspezifische Komplikationen, wobei auch Kasuistiken über Implantate der FAS-Gruppe wie Rapid-Loc® und FasT-fix® gefunden wurden [5, 14, 18, 20, 30, 33, 34, 55, 56, 59, 63, 71]. Bei den übrigen Publikationen handelte es sich um experimentelle Arbeiten oder Über-

Zusammenfassung · Abstract

Trauma Berufskrankh 2009 · 11 [Suppl 2]: 130–135 DOI 10.1007/s10039-009-1481-6
© Springer Medizin Verlag 2009

M.H. Amlang · V. Betz · M. Gavlik · H. Zwipp

Ergebnisse der Meniskusrefixation mit Pfeilen

Zusammenfassung

Die US-amerikanische „National Library of Medicine“ wurde systematisch nach zwischen August 2000 und Januar 2009 veröffentlichten Studien mit den Suchbegriffen „meniscal repair“ und „meniscus arrow“ durchsucht. Die Beurteilung der Autoren zum Einsatz von Meniskuspfeilen wurde den Kategorien „positiv“, „differenziert“ und „unbefriedigend“ zugeordnet. Es wurden 15 Originalarbeiten gefunden, die über klinische Ergebnisse der Meniskusrefixation mit Pfeilen berichteten. Für den Zeitraum 2002–2004 wurden 6 Studien identifiziert, die alle den Einsatz von Meniskuspfeilen als gleichwertig zur Naht bewerteten. Unter den 9 Arbeiten im Zeitraum 2005–2009 befanden sich 5 mit kritischer, 3 mit differenzierter und 1 mit posi-

tiver Bewertung. Die Heilungsraten der Arbeiten vom Zeitraum 2002–2004 von 90% (87–97%) sanken im Zeitraum 2005–2009 auf 74% (59–95%). Das Follow-up der Studien betrug im Zeitraum 2002–2004 im Durchschnitt 34 Monate, in den Jahren 2005–2009 im Durchschnitt 47 Monate. Die Ergebnisse der Literaturlanalyse geben berechtigten Anlass für die Empfehlung, für eine Naht gut zugängliche Meniskusabschnitte nicht mit Meniskuspfeilen, sondern klassisch entweder mit Outside-in- oder Inside-out-Naht zu fixieren.

Schlüsselwörter

Meniskusriss · Meniskusrefixation · Meniskusnaht · Meniskuspfeil · Arthroskopie

Results of meniscal repair using arrows

Abstract

In the period between August 2000 and January 2009 articles were retrieved from the American “National Library of Medicine” in the framework of a systematic search for the key words “meniscal repair” and “meniscus arrow”. The authors’ opinions on the use of meniscus arrows were categorised as “positive”, “differentiated” and “unsatisfactory”. In all, 15 publications were found that reported clinical results of meniscal repair using arrows. Six studies were published between 2002 and 2004 which considered arrows and sutures to be equivalent. Of the nine studies published between 2005 and 2009 five studies fell into the category “unsatisfactory”, three studies into “differentiated” and one study into “pos-

itive”. The clinical success rate of 90% (87–97%) found in the studies published between 2002 and 2004 decreased to 74% (59–95%) as published between 2005 and 2009. The average follow-up in the studies published between 2002 and 2004 was 34 months compared to 47 months in the studies published between 2005 and 2009. The results of this literature review indicate that, if meniscal parts are accessible for suture, the conventional outside-in or inside-out suture techniques should be applied instead of arrows.

Keywords

Meniscus tear · Meniscal repair · Meniscal suture · Meniscus Arrow · Arthroscopy

Tab. 1 Ergebnisse der Meniskusrefixation mit Pfeilen, Studien von 2002–2009

Erstautor, Jahr	Evidenzgrad	Anzahl	Implantat	Follow-up (Monate)	Nachuntersuchung	Heilung [%]	Beurteilung	Bemerkungen
Al-Othman [3], 2002	4	32	Bionx Arrow®	25 (10–40)	Klinik	87	Positiv	6-mal Re-ASK mit 2-mal Heilungsstörung + 2-mal partieller Heilungsstörung
Ellermann et al. [23], 2002	4	105	Bionx Arrow®	22 (24–43)	Klinik	80	Positiv	66% mit VKB-Ersatz, alle 21 Patienten mit Symptomen hatten Heilungsstörungen, Außenmeniskus heilte signifikant schlechter
Gill u. Diduch [29], 2002	4	32	Bionx Arrow®	28 (18–39)	Klinik	91	Positiv	Alle bei VKB-Ersatz, 3-mal Re-ASK mit 3-mal Heilungsstörungen
Jones et al. [40], 2002	4	38	Bionx Arrow®	>2 Jahre	Klinik	93	Positiv	32% Weichteilkomplikationen
Petschke et al. [57], 2002	4	29	Pfeile	24 (12–42)	Klinik	93	Positiv	Keine relevanten Weichteilprobleme
Steenbrugge et al. [66], 2004	4	35	Bionx Arrow®	6 Jahre	Klinik	97	Positiv	
Kurzweil et al. [46], 2005	4	57	Bionx Arrow®	54 (36–70)	Klinik+MRT	72	Unbefriedigend	80% Heilung bei VKB-Ersatz
Sarimo et al. [60], 2005	4	20	Bionx Arrow®	26 (6–38)	Klinik	90	Differenziert	13-mal Re-ASK, 7-mal Knorpelarthropathologie
Lee u. Diduch [47], 2005	4	32	Bionx Arrow®	6,6 Jahre	Klinik	72	Unbefriedigend	Gleichzeitig VKB-Ersatz, nach 2,3 Jahren 91% Heilung
Barber u. Coons [6], 2006	4	41	BioStinger®	39 (24–69)	Klinik	95	Positiv	6-mal Re-ASK mit 2-mal Heilungsstörung, 4-mal periphere Migration, 3-mal Entfernung der Pfeile
Tuckman et al. [69], 2006	4	133 (64)	Diverse Techniken, u. a. Bionx Arrow® (n=64)	>2 Jahre	Klinik	65	Unbefriedigend	Etwa 50% veraltete Risse, Außenmeniskus heilte signifikant schlechter
Siebold et al. [62], 2007	4	113	Bionx Arrow®	> 5 Jahre	Klinik	72	Unbefriedigend	66% der ASK gleichzeitig mit VKB-Ersatz, nach 2,8 Jahren nur 20% Heilungsstörung
Tielinen et al. [67], 2007	4	77	Bionx Arrow®	25 (5–56)	Klinik+MRT	66	Differenziert	Pfeile nicht für instabile Risse, Meniskus+VKB 79% Heilung
Bryant et al. [17], 2007	1	51	Bionx Arrow®	28 (20–36)	Klinik	78	Differenziert	5-mal intraoperativ Wechsel auf Naht, kein statistischer Unterschied zur Naht, aber Knorpelschäden und Fremdkörperreaktion
Gifstad et al. [28], 2009	4	118	Biofix Arrow®	4,7 (1,8–7,7) Jahre	ASK	59	Unbefriedigend	Zeit zwischen Erst-ASK und Re-ASK 17 (1–75 Monate)

Nach dem Jahr der Veröffentlichung geordnet ASK Arthroskopie, MRT Magnetresonanztomographie, VKB vorderes Kreuzband

sichten [4, 10, 11, 12, 15, 19, 21, 22, 25, 26, 37, 39, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 61, 64, 65, 70].

Unter den 15 Arbeiten, die in die Analyse einbezogen wurden, war nur eine Studie mit dem Evidenzgrad 1 für ein prospektiv-randomisiertes Design zu finden. Die übrigen Originalarbeiten hatten den Evidenzgrad 4, darunter 4 prospektive Studien.

Studienergebnisse

Die 15 Arbeiten zur Meniskusrefixation mit Pfeilen erfassten insgesamt 844 Patienten. Die durchschnittliche Heilungsrate betrug 81%, das durchschnittliche Follow-up 42 Monate. Die Arbeit von Tuckman et al. [69] konnte hier nicht berücksichtigt

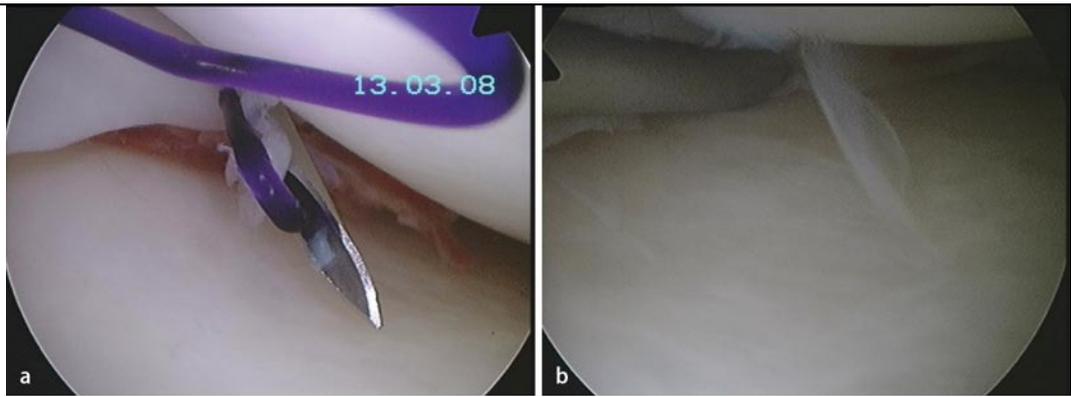
werden, da nur ein minimales Follow-up von 2 Jahren angegeben wurde. Über eindeutig positive Erfahrungen bei der Verwendung von Meniskuspfeilen berichteten 7 Studien [3, 6, 23, 29, 40, 57, 66]. Eine differenzierte Empfehlung für den Einsatz dieser Implantate gaben 3 Arbeiten [17, 60, 67]. Über unbefriedigende Erfahrungen mit Meniskuspfeilen berichteten 5 Studien [28, 46, 47, 62, 69].

Bei Unterteilung der Arbeiten entsprechend ihres Publikationsdatums in 2 Gruppen entfielen auf den Zeitraum 2002–2004 6 Studien [3, 23, 29, 40, 57, 66]. Alle bewerteten den Einsatz von Meniskuspfeilen als gleichwertig zur Naht. In der Arbeit von Ellermann et al. [23] wurde bereits ausdrücklich auf das Risiko der

Knorpelschädigung hingewiesen. Bei den 9 Arbeiten im Zeitraum 2005–2009 fanden sich 5 Studien mit kritischer [28, 46, 47, 62, 69], 3 mit differenzierter [17, 60, 67] und 1 Studie mit positiver Bewertung [6]. Die angegebenen Heilungsraten der Arbeiten vom Zeitraum 2002–2004 von 90% (87–97%) sanken im Zeitraum 2005–2009 auf 74% (59–95%). Das Follow-up war bei den Studien im Zeitraum 2002–2004 im Durchschnitt 34 Monate und betrug bei den Arbeiten aus den Jahren 2005–2009 im Durchschnitt 47 Monate.

Unter den 5 Arbeiten mit einem längeren Follow-up als 48 Monaten wies nur die Arbeit von Steenbrugge et al. [66] eine positive Bewertung bei einer Heilungsrate von 97% auf, wobei diese der ersten Peri-

Abb. 2 ► Hybridfixation bei Innenmeniskuskorbhenkelriss mit **a** Outside-in-Naht in der Intermediärzone, **b** Meniskuspfeilen im Hinterhornbereich



ode zuzuordnen war. Die 4 Arbeiten mit einem Follow-up von mehr als 48 Monaten aus dem Zeitraum 2005–2009 kamen zu einem unbefriedigenden Ergebnis mit einer durchschnittlichen Heilungsrate von 69% [46, 47, 62].

Diskussion

King [42] konnte bereits 1936 eindrucksvoll zeigen, dass die Heilung des Meniskusrisses v. a. von der Risslokalisierung und Rupturmorphologie abhängt. Da die Heilungspotenz eines Meniskusrisses intraoperativ nie absolut sicher zu beurteilen ist, kann auch eine technisch perfekte Fixation keine Garantie für eine Heilung sein. Der Wunsch nach einer sicheren, schnellen, leicht handhabbaren Fixation hat vor reichlich einem Jahrzehnt zur Entwicklung der Meniskuspfeile geführt. Waren die Beurteilungen in den ersten Jahren noch eindeutig positiv, setzte sich im Laufe der Zeit überwiegend eine differenzierte bis kritische Meinung zum Einsatz von Meniskuspfeilen durch. Eine Zäsur für die Einschätzung dieser Implantate waren offensichtlich die Arbeiten von Kurzweil et al. [46] und Lee u. Diduch [47] aus dem Jahr 2005. Eine Ursache für die z. T. unbefriedigenden Ergebnisse und die damit kritischere Einschätzung der Meniskuspfeile dürfte das längere Follow-up bei den Studien der 2. Periode sein. Besonders eindrücklich konnten dies Ellermann et al. [23] und Siebold et al. [62] an ihrem Patientengut zeigen. Die Versagensrate von 20% nach 2,8 Jahren stieg bei einem Beobachtungszeitraum von 6 Jahren auf 28,4% an. Die 4 Studien mit einem mittleren Follow-up von mehr als 48 Monaten von 2005–2009 zeigten vergleichbare Ergebnisse. So gaben Gifstad et al.

[28] eine Heilungsrate von 59%, Kurzweil et al. [46] von 72%, Lee u. Diduch [47] von 72% und Siebold et al. [62] ebenfalls von 72% an. In der einzigen Untersuchung mit einem vergleichbaren Follow-up aus der ersten Periode berichteten Steenbrugge et al. [66] bei ihrem Patientengut über eine Heilungsrate von 97%.

Eine Arbeitsgruppe mit einer Publikation im Zeitraum 2005–2009 mit positiver Bewertung der Meniskuspfeile publizierte noch im gleichen Jahr eine Arbeit mit eher kritischer Beurteilung des Rapid-Loc® und 2 Jahre später eine Studie mit positiver Bewertung des FasT-fix® [6, 7, 8].

Unabhängig von der Zeitperiode wurden durch mehrere Studien bessere Heilungsraten bei Versorgung des Innenmeniskus und gleichzeitigem Ersatz des vorderen Kreuzbandes bestätigt (■ Tab. 1, [23, 47, 67, 69]). Auf die Bedeutung der Rupturmorphologie für eine erfolgreiche Refixation gingen mehrere Studien ein. In der Arbeit von Tielinen et al. [67] wurden besonders schlechte Ergebnisse mit einer Heilungsrate von nur 38% bei großen, luxierten Vertikalrissen beobachtet. Allerdings betrug die Heilungsrate insgesamt nur 66%. Bei gleichzeitigem Ersatz des vorderen Kreuzbandes stieg sie auf 79%.

Eine weitere Ursache für die zunehmend differenzierte Beurteilung des Einsatzes von Meniskuspfeilen ist die Zahl der Berichte über implantatspezifische Komplikationen. Dabei verdienen die Beobachtungen von Knorpelschäden an den korrespondierenden Gelenkflächen besondere Aufmerksamkeit [17, 23, 56, 59]. Kasuistiken über derartige Schäden finden sich auch für die Verwendung von fadenbasierten Implantaten der FAS-Gruppe wie dem FasT-fix® [5, 20, 30], wobei jedoch das Risiko geringer zu sein scheint

[31]. Es sollte aber auch berücksichtigt werden, dass selbst eine Meniskushinterhornresektion aufgrund der anatomischen Gegebenheiten zu einer Knorpelschädigung führen kann [1, 16].

Ein implantatspezifisches Problem scheinen Implantatbruch und Pfeilmigration zu sein [14, 33, 34]. Es gibt aber auch für diese Komplikation einzelne Berichte mit Implantaten der FAS-Gruppe [30]. Weitere, mögliche Komplikationen sind die aseptische Synovitis des Kniegelenks und die Ausbildung eines Fremdkörpergranuloms [45, 55, 63, 71].

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass für die Beurteilung von Innovationen in der Medizin ein ausreichend langer Nachuntersuchungszeitraum erforderlich ist. Die Einführung der Meniskuspfeile ist experimentell und klinisch ausreichend vorbereitet und begleitet worden. Offensichtlich ist ihre Beurteilung sowohl durch die Langzeitergebnisse als auch wegen der Berichte über Fremdkörperreaktionen und Knorpelschäden deutlich kritischer geworden. Ob die neuen Fixationstechniken der FAS-Gruppe langfristig bessere Ergebnisse bringen werden, kann wiederum erst durch die Analyse einer größeren Anzahl von Studien mit ausreichend langem Nachbeobachtungszeitraum beurteilt werden [32, 41, 44, 50]. Das Fazit der Untersuchung ist aber nicht die generelle Ablehnung dieser Implantate. Durch die Möglichkeit, diese Technik auch im schlecht zugänglichen Hinterhornbereich einfach, schnell und sicher einzusetzen, ist eine Hybridtechnik mit Fixation der Intermediärzone mit Naht und Fixation des Hinterhorns mit Pfeilen ein guter Kompromiss (■ Abb. 2, [16]). Die Ergebnisse der Literaturanalyse geben aber berechtigten Anlass für die Empfehlung, für die

Naht gut zugängliche Meniskusabschnitte nicht mit Meniskuspfeilen zu fixieren, sondern klassisch entweder in Outside-in- oder Inside-out-Technik zu nähen.

Korrespondenzadresse

M.H. Amlang

Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, TU Dresden, Fetscherstraße 74, 01309 Dresden
Michael.Amlang@uniklinikum-dresden.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Agneskirchner JD, Lobenhoffer P (2004) Arthroscopic meniscus surgery: technical-operative methods. *Unfallchirurg* 107(9):795–801
2. Albrecht-Olsen P, Lind T, Kristensen G, Falkenberg B (1997) Failure strength of a new meniscus arrow repair technique: biomechanical comparison with horizontal suture. *Arthroscopy* 13(2):183–187
3. Al-Othman AA (2002) Biodegradable arrows for arthroscopic repair of meniscal tears. *Int Orthop* 26(4):247–249
4. Arnoczky SP, Lavagnino M (2001) Tensile fixation strengths of absorbable meniscal repair devices as a function of hydrolysis time. An in vitro experimental study. *Am J Sports Med* 29(2):118–123
5. Barber FA (2005) Chondral injury after meniscal repair with RapidLoc. *J Knee Surg* 18(4):285–288
6. Barber FA, Coons DA (2006) Midterm results of meniscal repair using the BioStinger meniscal repair device. *Arthroscopy* 22(4):400–405
7. Barber FA, Coons DA, Ruiz-Suarez M (2006) Meniscal repair with the RapidLoc meniscal repair device. *Arthroscopy* 22(9):962–966
8. Barber FA, Schröder FA, Oro FB, Beavis RC (2008) Fast-Fix meniscal repair: mid-term results. *Arthroscopy* 24(12):1342–1348
9. Becker R, Fink C (2008) Epidemiologie und Konsequenz von Meniskusverletzungen. *Arthroskopie* 21:221–222
10. Becker R, Schröder M, Stärke C et al (2001) Biomechanical investigations of different meniscal repair implants in comparison with horizontal sutures on human meniscus. *Arthroscopy* 17(5):439–444
11. Becker R, Wirz D, Wolf Wolf C et al (2005) Measurement of meniscofemoral contact pressure after repair of bucket-handle tears with biodegradable implants. *Arch Orthop Trauma Surg* 125(4):254–260
12. Bellemans J, Vandenuecker H, Labey L, Van Audekercke R (2002) Fixation strength of meniscal repair devices. *Knee* 9(1):11–14
13. Billante MJ, Diduch DR, Lunardini DJ et al (2008) Meniscal repair using an all-inside, rapidly absorbing, tensionable device. *Arthroscopy* 24(7):779–785
14. Bonshahi AY, Hopgood P, Shepard GJ (2004) Migration of a broken meniscal arrow: a case report and review of the literature. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 12(1):50–51
15. Borden P, Nyland J, Caborn DN et al (2003) Biomechanical comparison of the Fast-Fix meniscal repair suture system with vertical mattress sutures and meniscus arrows. *Am J Sports Med* 31(3):374–378
16. Bosch U (2005) Stage-based treatment by partial meniscectomy, meniscal refixation and transplantation. *Zentralbl Chir* 130(4):314–320
17. Bryant D, Dill J, Lichfield R et al (2007) Effectiveness of bioabsorbable arrows compared with inside-out suturing for vertical, reparable meniscal lesions: a randomized clinical trial. *Am J Sports Med* 35(6):889–896
18. Calder SJ, Myers PT (1999) Broken arrow: a complication of meniscal repair. *Arthroscopy* 15(6):651–652
19. Chang HC, Nyland J, Caborn DN, Burden R (2005) Biomechanical evaluation of meniscal repair systems: a comparison of the meniscal viper repair system, the vertical mattress Fast-Fix Device, and vertical mattress ethibond sutures. *Am J Sports Med* 33(12):1846–1852
20. Cohen SB, Anderson MW, Miller MD (2003) Chondral injury after arthroscopic meniscal repair using bioabsorbable Mitek Rapidloc meniscal fixation. *Arthroscopy* 19(7):E24–E26
21. Cohen SB, Boyd L, Miller MD (2007) Vascular risk associated with meniscal repair using Rapidloc versus Fast-Fix: comparison of two all-inside meniscal devices. *J Knee Surg* 20(3):235–240
22. Durselen L, Schneider J, Galler M et al (2003) Cyclic joint loading can affect the initial stability of meniscal fixation implants. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 18(1):44–49
23. Ellermann A, Siebold R, Buelow JU, Sobow C (2002) Clinical evaluation of meniscus repair with a bioabsorbable arrow: a 2- to 3-year follow-up study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 10(5):289–293
24. Fairbank TJ (1948) Knee joint changes after meniscectomy. *J Bone Joint Surg Am* 30B(4):664–670
25. Farg E, Sherman O (2004) Meniscal repair devices: a clinical and biomechanical literature review. *Arthroscopy* 20(3):273–286
26. Fisher SR, Markel DC, Koman JD, Atkinson TS (2002) Pull-out and shear failure strengths of arthroscopic meniscal repair systems. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 10(5):294–299
27. Frosch KH, Fuchs M, Losch A, Stürmer KM (2005) Repair of meniscal tears with the absorbable clearfix screw: results after 1–3 years. *Arch Orthop Trauma Surg* 125(9):585–591
28. Gifstad T, Grontvedt T, Drogset JO (2007) Meniscal repair with biofix arrows: results after 4.7 years' follow-up. *Am J Sports Med* 35(1):71–74
29. Gill SS, Diduch DR (2002) Outcomes after meniscal repair using the meniscus arrow in knees undergoing concurrent anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 18(6):569–577
30. Gliatis J, Kouzelis A, Panagopoulos A, Lambouris E (2005) Chondral injury due to migration of a Mitek RapidLoc meniscal repair implant after successful meniscal repair: a case report. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 13(4):280–282
31. Haas AL, Schepsis AA, Hornstein J, Edgar CM (2005) Meniscal repair using the Fast-Fix all-inside meniscal repair device. *Arthroscopy* 21(2):167–175
32. Hantes ME, Zachos VC, Varitimidis SE et al (2006) Arthroscopic meniscal repair: a comparative study between three different surgical techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14(12):1232–1237
33. Hartley RC, Leung YL (2002) Meniscal arrow migration into the popliteal fossa following attempted meniscal repair: a report of two cases. *Knee* 9(1):69–71
34. Hechtman KS, Uribe JW (1999) Cystic hematoma formation following use of a biodegradable arrow for meniscal repair. *Arthroscopy* 15(2):207–210
35. Hede A, Larsen E, Sandberg H (1992) Partial versus total meniscectomy. A prospective, randomised study with long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Br* 74(1):118–121
36. Hinterwimmer S, Engelschalk M, Sauerland S et al (2003) Operative or conservative treatment of anterior cruciate ligament rupture: a systematic review of the literature. *Unfallchirurg* 106(5):374–379
37. Hospodar SJ, Schmitz MR, Golish SR et al (2009) Fast-Fix versus inside-out suture meniscal repair in the goat model. *Am J Sports Med* 37(2):330–333
38. Hurel C, Mertens F, Verdonk R (2000) Biofix re-sorbable meniscus arrow for meniscal ruptures: results of a 1-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 8(1):46–52
39. Jani MM, Silva MJ, Gregush RV, Matava MJ (2004) Mechanical properties of bioabsorbable meniscal arrows as a function of tear location: an ex vivo experimental study. *Am J Sports Med* 32(3):666–674
40. Jones HP, Lemos MJ, Wilk RM et al (2002) Two-year follow-up of meniscal repair using a bioabsorbable arrow. *Arthroscopy* 18(1):64–69
41. Kalliakmanis A, Zourntos S, Bousgas D, Nikolaou P (2008) Comparison of arthroscopic meniscal repair results using 3 different meniscal repair devices in anterior cruciate ligament reconstruction patients. *Arthroscopy* 24(7):810–816
42. King D (1936) The healing of semilunar cartilages. *Clin Orthop* 252:4–7
43. Kocabey Y, Chang HC, Brand JC Jr et al (2006) A biomechanical comparison of the Fast-Fix meniscal repair suture system and the RapidLoc device in cadaver meniscus. *Arthroscopy* 22(4):406–413
44. Kotsovolos ES, Hantes ME, Mastrokalos DS et al (2006) Results of all-inside meniscal repair with the Fast-Fix meniscal repair system. *Arthroscopy* 22(1):3–9
45. Kumar A (2001) Re: Aseptic synovitis after meniscal repair using the biodegradable meniscus arrow in the January 2001 issue by Song et al. *Arthroscopy* 17(7):792–793
46. Kurzweil PR, Tifford CD, Ignacio EM (2005) Unsatisfactory clinical results of meniscal repair using the meniscus arrow. *Arthroscopy* 21(8):905
47. Lee GP, Diduch DR (2005) Deteriorating outcomes after meniscal repair using the meniscus arrow in knees undergoing concurrent anterior cruciate ligament reconstruction: increased failure rate with long-term follow-up. *Am J Sports Med* 33(8):1138–1141
48. McDermott ID, Richards SW, Hallam P et al (2003) A biomechanical study of four different meniscal repair systems, comparing pull-out strengths and gapping under cyclic loading. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 11(1):23–29
49. Miller MD, Hart JA (2005) All-inside meniscal repair. *Instr Course Lect* 54:337–340
50. Miller MD, Kline AJ, Gonzales J, Beach WR (2002) Pitfalls associated with Fast-Fix meniscal repair. *Arthroscopy* 18(8):939–943
51. Naqui SZ, Thirayai WA, Hopgood P, Ryan WG (2005) A biomechanical comparison of the Mitek RapidLoc, Mitek meniscal repair system, clearfix screws and vertical PDS and Ti-Cron sutures. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 91(58):73

52. Naqui SZ, Thiryayi WA, Hoppood P, Ryan WG (2006) A biomechanical comparison of the Mitek RapidLoc, Mitek Meniscal repair system, clearfix screws and vertical PDS and Ti-Cron sutures. *Knee* 13(2):151–157
53. Nierenberg G, Rothem D, Falah M et al (2005) The treatment of meniscal tear with bio-absorbable arrow – 3 years follow-up. *Harefuah* 144(8):540–543, 599
54. Nyland J, Chang H, Kocabay Y et al (2008) A cyclic testing comparison of FasT-Fix and RapidLoc devices in human cadaveric meniscus. *Arch Orthop Trauma Surg* 128(5):489–494
55. Oliverson TJ, Lintner DM (2000) Biofix arrow appearing as a subcutaneous foreign body. *Arthroscopy* 16(6):652–655
56. Otte S, Klinger HM, Beyer J, Baums MH (2002) Complications after meniscal repair with bio-absorbable arrows: two cases and analysis of literature. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 10(4):250–253
57. Petsche TS, Selesnick H, Rochman A (2002) Arthroscopic meniscus repair with bioabsorbable arrows. *Arthroscopy* 18(3):246–253
58. Rankin CC, Lintner DM, Noble PC et al (2002) A biomechanical analysis of meniscal repair techniques. *Am J Sports Med* 30(4):492–497
59. Ross G, Grabill J, McDevitt E (2000) Chondral injury after meniscal repair with bioabsorbable arrows. *Arthroscopy* 16(7):754–756
60. Sarimo J, Rantanen J, Tarvainen T et al (2005) Evaluation of the second-generation meniscus arrow in the fixation of bucket-handle tears in the vascular area of the meniscus. A prospective study of 20 patients with a mean follow-up of 26 months. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 13(8):614–618
61. Seil R, Rupp S, Jurecka C et al (2003) Biodegradable meniscus fixations: a comparative biomechanical study. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 89(1):35–43
62. Siebold R, Dehler C, Boes L et al (2007) Arthroscopic all-inside repair using the meniscus arrow: long-term clinical follow-up of 113 patients. *Arthroscopy* 23(4):394–399
63. Song EK, Lee KB, Yoon TR (2001) Aseptic synovitis after meniscal repair using the biodegradable meniscus arrow. *Arthroscopy* 17(1):77–80
64. Staerke C, Bochwitz C, Groebel KH et al (2004) The effect of meniscus compression on the biomechanical properties of repaired meniscal lesions. Winner of the AGA-DonJoy Award 2003. *Arch Orthop Trauma Surg* 124(4):221–225
65. Staerke C, Kopf S, Becker R (2008) The extent of laceration of circumferential fibers with suture repair of the knee meniscus. *Arch Orthop Trauma Surg* 128(5):525–530
66. Steenbrugge F, Verdonk R, Hürel C, Verstraete K (2004) Arthroscopic meniscus repair: inside-out technique vs. Biofix meniscus arrow. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 12(1):43–49
67. Tielinen L, Lindahl J, Koskinen S, Hirvensalo E (2007) Clinical and MRI evaluation of meniscal tears repaired with bioabsorbable arrows. *Scand J Surg* 96(3):252–255
68. Tingart M, Höher J, Bouillon B, Tiling (2001) Meniscus refixation: suture or anchor? *Unfallchirurg* 104(6):507–512
69. Tuckman DV, Bravman JT, Lee SS et al (2006) Outcomes of meniscal repair: minimum of 2-year follow-up. *Bull Hosp Jt Dis* 63(3–4):100–104
70. Walsh SP, Evans SL, O'Doherty DM, Barlow IW (2001) Failure strengths of suture vs. biodegradable arrow and staple for meniscal repair: an in vitro study. *Knee* 8(2):151–156
71. Yoo JH, Yoon JR, Lee SJ (2008) Parameniscal cyst formation after arthroscopic meniscal repair with biodegradable meniscal arrow: a case report. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 16(9):815–817
72. Zantop TE, Eggers Ak, Musahl V et al (2005) Cyclic testing of flexible all-inside meniscus suture anchors: biomechanical analysis. *Am J Sports Med* 33(3):388–394