

# Komplikationen mit arthroskopischen Implantaten in der rekonstruktiven Meniskus Chirurgie

**Arthroskopische Implantate haben seit den 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts kontinuierlich an Zuspruch gewonnen. Ihre einfache Anwendbarkeit, die minimal-invasive Vorgehensweise und die hohe Qualität der erzielten Rekonstruktionen haben zu einer breiten Verwendung dieser Produkte geführt. Insbesondere in der Kniegelenkchirurgie kommen arthroskopische Implantate jährlich tausendfach zur Anwendung.**

Nachdem zahlreiche Studien erwiesen hatten, dass der Erhalt des Meniskus der Meniskektomie nach Möglichkeit vorzuziehen sei, haben sich mehrere operative Alternativen ergeben. Die Meniskusnaht, entweder offen oder arthroskopisch assistiert, gilt bis heute als Goldstandard in der meniskuserhaltenden Chirurgie. Mit der Einführung des „Meniscus Arrow™“ Anfang der 1990er Jahre begann die Verbreitung der intraartikulären Techniken, welche rasch an Popularität gewannen. Die Vorteile hiervon waren eine einfache Handhabung, geringere Risiken für die neurovaskulären Leitungsbahnen im Vergleich zur offenen Chirurgie und eine bessere Erreichbarkeit verschiedener Regionen im Kniegelenk. Mit der zunehmenden Verwendung von Nähten und Implantaten traten allerdings auch spezifische Komplikationen gehäuft auf.

In der Literatur wird zwischen allgemeinen und prozedurspezifischen Komplikationen unterschieden. Die proze-

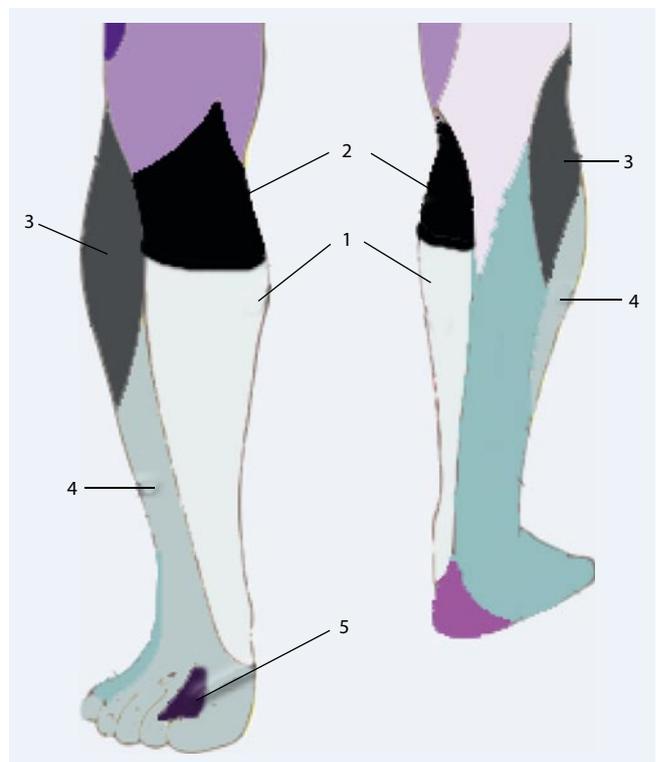
durspezifischen Komplikationen wiederum können in zugangsbedingte Komplikationen (Nerven- und Gefäßschäden) und implantatbedingte Komplikationen (Fehllage, Wanderung, Versagen, Fremdkörperreaktion) unterteilt werden.

Dieser Beitrag soll einen Überblick über die häufigsten Komplikationen mit arthroskopischen Implantaten in der rekonstruktiven Chirurgie der Menisken bieten.

## Zugangsbedingte Komplikationen

### Läsionen neurovaskulärer Strukturen

Die Äste des R. infrapatellaris des N. saphenus sind aufgrund ihres anatomischen Verlaufs bei den arthroskopischen Standardzugängen zum Kniegelenk am häufigsten gefährdet [1, 2]. Nervenläsionen treten daher insbesondere



**Abb. 1** ▶ Innervationsgebiete der Nn. saphenus und peroneus (1 N. saphenus, 2 R. infrapatellaris des N. saphenus, 3 N. peroneus communis, 4 N. peroneus superficialis, 5 N. peroneus profundus)

P. Wilmes · O. Lorbach · P. Brogard · R. Seil  
**Komplikationen mit arthroskopischen Implantaten  
in der rekonstruktiven Meniskus Chirurgie**

### Zusammenfassung

Die Verwendung arthroskopischer Implantate hat seit deren Einführung zu Beginn der 1990er Jahre einen festen Platz in der rekonstruktiven Meniskus Chirurgie gefunden. Auch wenn neuere klinische Studien die Überlegenheit der konventionellen arthroskopisch assistierten Nahttechniken zeigen, stellen die intraartikulär einzubringenden Implantate wegen ihrer geringen Zugangsmorbidität und ihrer einfachen Handhabung eine wichtige Alternative zur Behandlung von Meniskusrissen dar.

Im Laufe der Zeit haben sich die Berichte über spezifische Komplikationen im Zusammenhang mit Meniskusimplantaten multipliziert. Insbesondere Knorpelschäden, Implantatlockerungen und -wanderungen sowie Kapsel- und Nervenirritationen werden vielfach beschrieben. Des Weiteren schildern einige Autoren Fremdkörperreaktionen, Granulom- und Zystenbildungen nach Verwen-

dung von Implantaten. Erhöhte Infektionsraten oder spezifische Infektionen mit intraartikulären Implantaten wurden hingegen nicht beobachtet.

Die klinischen Komplikationsberichte sowie die biomechanischen Studien zu Meniskusimplantaten haben zur Modifikation bekannter Produkte und zur Neuentwicklung von Implantaten geführt. Die Zahl spezifischer Zwischenfälle scheint, zumindest nach Durchsicht der neuen Literatur, rückläufig zu sein. Intraartikuläre Implantate stellen in vielerlei Hinsicht eine interessante Alternative zu den bewährten Nahttechniken dar.

### Schlüsselwörter

Meniskus · Intraartikuläre Implantate · Komplikationen · Nahttechniken · Meniskus Chirurgie

beim anteromedialen (seltener beim anterolateralen) Zugang auf. Diese Läsionen führen meistens zu einem Sensibilitätsausfall im Versorgungsgebiet des betroffenen Nervs in einem unterschiedlich großen Areal distal der Verletzung (Abb. 1). Zur Prävention eines Nervenschadens sollte die Hautinzision bei den anterioren Zugängen streng auf die Haut beschränkt bleiben, während die weitere Präparation stumpf erfolgt, damit die in den tieferen Schichten verlaufenden Nervenäste ausweichen können. Die Inzisionsrichtung erfolgt zudem (nach Möglichkeit) parallel zum Nervenverlauf in der Ebene des Tibiaplateaus, um eine scharfe Durchtrennung der Nerven zu verhindern [3].

Verletzungen der Nn. peroneus und saphenus wurden hauptsächlich bei Refixationen des Meniskus beschrieben [4]. In der Publikation von Small [5] aus dem Jahr 1986 wurden 30 Verletzungen des N. saphenus, 6 Verletzungen des N. peroneus und auch 3 Gefäßverletzungen bei über 3000 Meniskusrefixationen angeführt, wobei es sich in den meisten Fällen um bleibende Läsionen handelte.

### ➤ Häufige Verletzung des N. saphenus bei medialen Meniskusrefixationen

Die häufigere Verletzung des N. saphenus bei medialen Meniskusrefixationen erklärt sich dadurch, dass dieser proximal unter den Sehnen der Mm. sartorius und gracilis verläuft, in Höhe des Gelenkspalts in die Subkutis eintritt und mit der V. saphena magna nach distal zieht. Der Verlauf ist variabel, der Nerv kann sowohl ventral als auch dorsal der Vene liegen. In 0–20° Streckstellung des Kniegelenks, in der die Meniskusrefixation meistens vorgenommen wird, liegt er also entweder knapp vor oder knapp hinter der dorsomedialen Gelenkecke und kann hier sowohl bei der Innen-Außen- als auch bei der Außen-Innen-Technik leicht durchspießt oder eingeknotet werden. Aufgrund dieser variablen Lageanatomie kann keine sog. sichere Zone definiert werden, in der man, wie auf der lateralen Seite, durch kleine Stichinzisionen Knoten bis auf die Gelenkkapsel vorbringen könnte [3].

Jurist et al. [6] beschrieben im Jahr 1989 eine komplette Lähmung des N. pe-

## Complications with all-inside devices used in reconstructive meniscal surgery

### Abstract

All-inside devices have become increasingly popular in reconstructive meniscal surgery since their introduction at the beginning of the 1990s. Although the latest clinical investigations show better results for conventional suture techniques, meniscal devices are an important alternative because of the low risk of neurovascular injury and the easy handling of the instruments.

Over the years, many reports on specific complications related to all-inside devices have been published. Especially chondral injuries, implant loosening, device migration and capsular or neural irritations have been described. Furthermore, some authors reported on foreign body reactions and cystic granulomas after the use of meniscal fixation devices. However, there is no evidence for a higher infection rate or for specific infections after the use of intra-articular techniques.

Clinical reports on complications along with biomechanical studies on meniscal repair devices have led to the enhancement of all-inside techniques through substantial modifications of established products as well as to the development of new implants. After reviewing the latest literature, the complication rate seems to be decreasing. In many ways, all-inside devices are an interesting alternative to conventional suture techniques. A precise knowledge of their potential complications and the pitfalls during surgery however is crucial to make a risk evaluation in the choice of the right technique for meniscal reconstruction.

### Keywords

Meniscus · All-inside devices · Complications · Suture techniques · Meniscal reconstruction

Hier steht eine Anzeige.



roneus nach Außenmeniskusnaht in der Innen-Außen-Technik. Die Exploration ergab eine Einschnürung des N. peroneus durch zwei der posterioren Meniskusnähte. Nach Entfernung der Nähte kam es innerhalb kurzer Zeit zu einer vollständigen Rückbildung der Lähmungserscheinungen. Eine im Anschluss an dieses Ereignis von den Autoren durchgeführte anatomische Untersuchung ergab insbesondere bei der Innen-Außen-Naht des Außenmeniskushinterhornes eine gefährliche Lagebeziehung zum Peronealnerven.

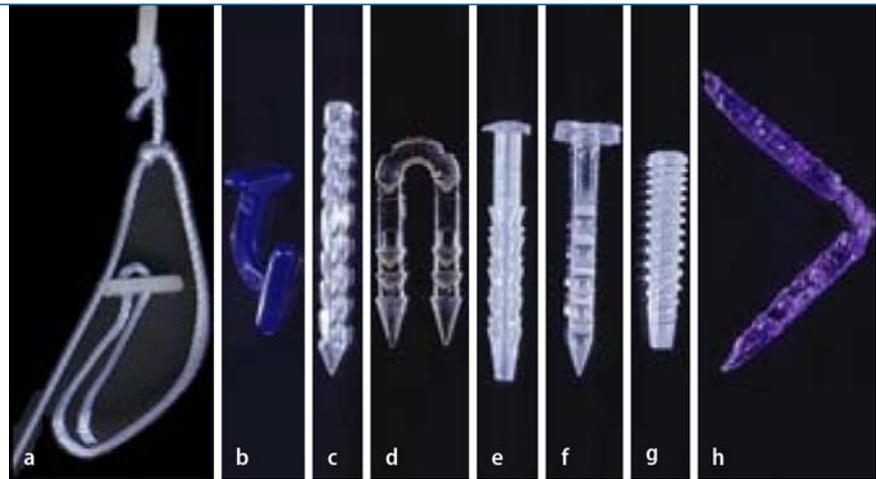
### Implantatbedingte Komplikationen

Um die Meniskusrefixation technisch zu vereinfachen, kam es in den vergangenen 15 Jahren zur Entwicklung mehrerer neuartiger Fixationstechniken. Es handelt sich hierbei um spezifische Implantate, welche z. T. mit vereinfachten Nahttechniken kombiniert sind. Die Implantate unterscheiden sich in Form (Pfeile mit Widerhaken, mit und ohne Kopf; Schrauben, Klammern) und im Material (biodegradierbar, permanent) voneinander. Sie werden ausschließlich intraartikulär eingebracht (■ Tab. 1, ■ Abb. 2).

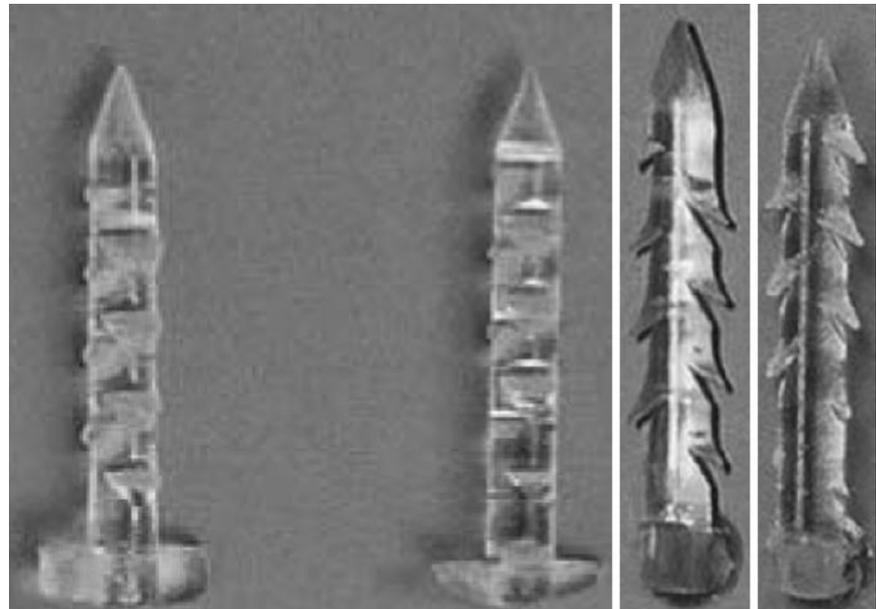
Um die verschiedenen Komplikationen nachvollziehen zu können, ist es notwendig, die Befestigungsprinzipien der jeweiligen Implantattypen und ihre Versagensmechanismen zu verstehen.

### Implantattypen

Der Biofix™ „Meniscus Arrow™“ wurde von Albrecht-Olsen et al. [7] im Jahr 1993 als erstes intraartikuläres Implantat zur Meniskusrekonstruktion eingeführt. Er besteht aus einem mit Widerhaken besetzten Stiel (10, 13 und 16 mm Länge) zur Verankerung im Meniskusgewebe und einem T-förmigen Kopf zur Befestigung am gelenknahen Meniskusanteil. Als Implantatmaterial wurde selbstverstärktes Poly-L-Lactat (SR-PLLA) verwendet. Auf dem gleichen Funktionsprinzip basieren auch der „Meniscal Dart™“ und der „BioStinger™“. Ersterer besteht aus Poly-L-D-Lactat (PLDLA), ohne Kopf aber mit Widerhaken entlang eines Stiels (10, 12 und 14 mm Länge), letzterer aus Poly-L-Lac-



**Abb. 2** ▲ Die gebräuchlichsten Implantate: **a** FasT-Fix™ (Smith & Nephew), **b** Meniscal Fastener™ (Mitek), **c** Meniscal Dart™ (Arthrex), **d** Meniscal Stapler™ (Arthrotek), **e** BioStinger™ (Linvatec), **f** Meniscus Arrow™ (Linvatec), **g** Clearfix Screw™ (Mitek), **h** SD Sorb Staple™ (Surgical Dynamics)



**Abb. 3** ▲ Links abgebildet der Biofix™ „Meniscus Arrow™“, rechts der Contour™ „Meniscus Arrow™“

tat (PLLA) mit Kopf und Haken entlang eines Stiels (10, 13 und 16 mm Länge). Alle 3 Implantate werden mit pistolen- oder bogenartigen Instrumenten in den Meniskus eingebracht. Der Befestigungsmechanismus kann mit dem Dübel- oder Widerhakenprinzip beschrieben werden [8].

Die in der Literatur aufgeführten Versagensmechanismen sind die Lockerung der Implantate im Gewebe, der Bruch der Implantate, wobei der Übergang zwischen Kopf und Hals als Predilektionsstelle gilt, sowie hierdurch bedingt die Wanderung der Implantate oder von Implantatanteilen [9, 10, 11]. Als Konsequenzen hiervon findet man häufig korrespondierende Knorpel-

pelschäden am Femurkondylus und Synovialirritationen [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30].

Durch zu tief eingebrachte Implantate kann es zu einer Kapselreizung bzw. zu einer Nervenreizung kommen, zu weit nach intraartikulär hervorstehende Implantatköpfe können femorale Knorpelschäden hervorrufen [13, 16, 27, 28, 31, 32, 33, 34]. Infolge des verzögerten Materialabbaus kann es bei resorbierbaren Implantaten zu einer Lockerung und/oder Wanderung der Implantate mit oben genannten Folgeschäden kommen, mitunter werden Fremdkörperreaktionen beschrieben ([21, 35, 36, 37, 38, 39, 40]; ■ Tab. 2).

**Tab. 1** Auflistung der gebräuchlichsten Implantate zur Meniskusrefixation

Implantat	Material	Hersteller
Biofix™ Meniscus Arrow™	Poly-L-Lactat	Bionx, Tampere, Finland
Contour™ Meniscus Arrow™	Poly-L-Lactat	Linovatec, Largo, FL
Biostinger™	Poly-L-Lactat	Linovatec, Largo, FL
Meniscal Dart™	Poly-L-Lactat-co-D, Poly-L-Lactat	Arthrex, Naples, FL
Clearfix Screw™	Poly-L-Lactat	Mitek, Westwood, MA
Meniscal Staple™	Poly-L-Lactat, Polyglycat	Biomet, Warsaw, IN
SD Sorb Staple™	Poly-L-Lactat, Polyglycat	Surgical Dynamics, Malaga, WA
Meniscal Fastener™	Polypropylen	Mitek, Westwood, MA
T-Fix™	2-0 Polyester, Polyacetat	Acufex Microsurgical, Mansfield, MA
FasT-Fix™	2-0 Polyester, Poly L-Lactat/ Polyacetat	Smith and Nephew, Memphis, TN
RapidLoc™	Polypropylen, Poly-L-Lactat	Mitek, Westwood, MA

**Tab. 2** Versagensmechanismen und Komplikationen der verschiedenen Implantate

Implantat	Form und Material	Versagensmechanismen	Komplikationen
1. Biofix™ Meniscus Arrow™,	1. T-Kopf, Stiel, Widerhaken SR-PLLA, resorbierbar	Ausreißen, Lockerung [9], Brechen und Verbiegen der Widerhaken [10], Brechen der Implantate [11], verzögerter Materialabbau, in der Folge Bruch, Lockerung, Wanderung [35, 36, 37, 38, 39, 40]	Wanderung von Implan- taten oder Implantatei- len mit Gelenkiritation und Knorpelschädigung, Hervorstehen von Implantaten oder -teilen, zum Gelenk hin mit Knorpelschädigung, zur Kapsel hin mit Kapsel- oder Nervenirritation, Fremdkörperreaktion, Granulombildung, Zystenbildung
2. Biostinger™,	2. Kopf, Stiel, Widerhaken PLLA, resorbierbar		
3. Clearfix Screw™	3. Stiel mit Gewinde PLLA, resorbierbar		
Meniscal Fastener™	2 Stäbe an einem ge- krümmten Schaft resorbier- bare und nicht-resorbierbare Form	Ausreißen und Bruch des Implan- tats [50, 51]	Mangelnde Primärfestigkeit
1. Meniscal Staple™, 2. SD Sorb Staple™	Klammern PLLA und Polyglycat, resorbierbar	Ausreißen und Bruch des Implan- tates [50]	Mangelnde Primärfestigkeit
RapidLoc™	Hut, Faden, Anker, PLLA-Hardware, resorbierbar, Faden resorbierbar oder nicht-resorbierbar	Hervorstehen des PLLA-Hutes, Ruptur der Naht am Anker, Ausreißen des PLLA-Hutes [52]	Femorale Knorpelschä- digung
T-Fix™	Anker, Faden, Polyacetat, nicht resorbierbar	Ruptur der Naht, Ausreißen der Naht, Brechen der Implan- tate [9, 52]	Reizung der Gelenk- kapsel, Zystenbildung
FasT-Fix™	2 Anker, Faden, vorgeknottet, resorbierbare und nicht- resorbierbare Form	Ruptur der Naht, Ausreißen der Naht [52]	Mangelnde Primärfestigkeit

Der Biofix™ „Meniscus Arrow™“ (Bionx Implants, Malvern, PA) erfreut sich bei vielen Operateuren großer Beliebtheit, nicht zuletzt wegen seiner einfachen Handhabung und der initial guten Ergebnisse. Durch die breite Verwendung dieses Implantats wurde dementsprechend häu-

fig das Auftreten diverser Komplikationen beobachtet. Bei der Durchsicht der Literatur stellen die Berichte über Komplikationen mit dem Arrow den weitaus höchsten Anteil dar ([12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38]; **Tab. 3**). Aus diesem

Grund wurde, nach Übernahme von Bionx Inc. durch Linovatec Inc., der Contour™ „Meniscus Arrow™“ in zweiter Generation entwickelt. Sein Kopf ist flacher und abgerundet (Minimierung der Knorpelschäden), das Material ein weiterentwickeltes Polylactat mit höherer Stabilität; die Neuordnung der Widerhaken verleiht dem Implantat eine höhere Ausreißkraft (**Abb. 3**; [41]). Es liegen derzeit keine Berichte über Komplikationen mit den Implantaten der 2. Generation vor.

Die „Clearfix Screw™“ wird nach dem Schraubenprinzip in den verletzten Meniskus eingebracht. Sie besteht aus Poly-L-Lactat (PLLA) und wird über eine Nadelvorrichtung mit Kompressionseffekt in den Meniskus eingedreht.

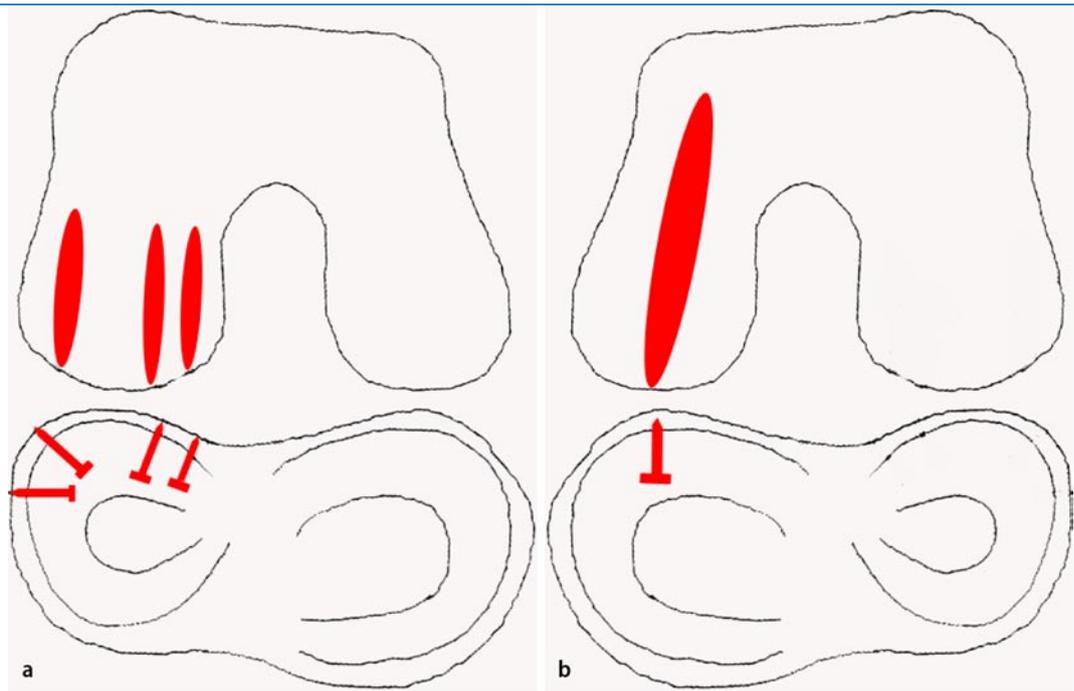
### Komplikationen

Die wichtigsten Versagensmechanismen der Dübel- und Schraubenimplantate sind Ausreißen, Lockerung, Bruch und verzögerter Abbau (**Tab. 2**). Die hierdurch bedingten Komplikationen können z. T. verheerende Folgen für das betroffene Gelenk haben. Insbesondere die Knorpelschäden durch hervorstehende Implantate oder gewanderte Implantate sind für die Entwicklung einer Früharthrose von Bedeutung.

Im Zusammenhang mit der Implantation des „Meniscus Arrow™“ werden intraoperative Schwierigkeiten geschildert, welche trotz der scheinbaren Einfachheit des Systems wiederkehrend auftraten. In 7 Fällen rutschte die Kanüle, welche zur Reduktion des Meniskusrisses eingesetzt wird, während der Implantation des Arrows über den Meniskus hinweg. Dies führte dazu, dass der „Meniscus Arrow™“ gegen die Kapsel gedrückt wurde und brach. Die Fragmente mussten entfernt und ein neues Implantat verwendet werden, was zu einer Erhöhung der Operationsdauer und der -kosten führte [26].

Eine Lockerung von „Meniscus Arrows™“ wurde erstmals 1999 von Hutchinson et al. [36] beschrieben. Fünf Monate nach Außenmeniskusnaht mit dem „Meniscus Arrow™“ kam es bei einem Patienten zu Schmerzen im Bereich des lateralen Gelenkspalts. Die Rearthroskopie ergab eine Lockerung aller eingesetzten Arrows bei geheiltem Meniskusriss. Die

**Abb. 4** ▶ Knorpelfurchen an der lateralen (a rechtes Knie) bzw. medialen (b linkes Knie) Femurkondyle wie von Seil et al. [20] und Ménétrey et al. [24] beschrieben. In beiden Fällen waren aus dem Meniskusgewebe hervorstehende T-Köpfe von „Meniscus Arrows™“ mit korrespondierenden Schäden am Femurkondylus zu beobachten



Hypothese der Autoren war, dass mit zunehmendem Abbau des Implantatmaterials die Festigkeit im behandelten Gewebe ebenfalls abnimmt.

Kurzweil et al. [26] haben 60 Kniegelenke von 57 Patienten bei entsprechender Indikation ausschließlich mit dem „Meniscus Arrow™“ behandelt. Bei 6 Meniskusrekonstruktionen wurden Knorpelfurchen im femoralen Knorpel des betroffenen Kompartiments beschrieben, die Tiefe der Knorpelschäden reichte von oberflächlichen Läsionen bis zu Defekten, welche die ganze Dicke des Gelenkknorpels betrafen. Die Patienten beklagten insbesondere persistierende intraartikuläre Ergüsse, diffuse Gonalgien und Druckschmerzen im Verlauf des Gelenkspalts, während keine mechanischen Symptome wie Blockierungen oder Fremdkörpergefühl geschildert wurden. In 3 dieser Kniegelenke wurde bei der Rearthroskopie ein gebrochener „Meniscus Arrow™“ gefunden und entfernt, wohin gegen in den übrigen Gelenken keine Implantatreste nachgewiesen werden konnten. Interessanterweise konnten die arthroskopisch diagnostizierten Knorpeldefekte in der MRT nicht dargestellt werden.

Die Arbeitsgruppe um Seil [20] schildert den Fall eines 37-jährigen Patienten, bei welchem ein lateraler Meniskusris mit 4 „Meniscus Arrows™“ behandelt wurde. Wegen rezidivierender postopera-

tiver intraartikulärer Ergussbildung wurde die Indikation zur Rearthroskopie 8 Monate nach Rekonstruktion gestellt. Hierin zeigten sich ein nicht geheilter Meniskusris sowie ein femoraler Knorpelschaden, welcher mit der Position der Arrows im posterioren Meniskusanteil übereinstimmte (■ **Abb. 4**).

Ähnliche Komplikationen im Zusammenhang mit dem „Meniscus Arrow™“ wurden ebenfalls von Ross et al. [19], Ménétrey et al. [24] und Otte et al. [39] geschildert. Insbesondere in der Arbeit von Ménétrey et al. [24] wird eine ausgedehnte Knorpelfurche zentral über der gesamten kraniokaudalen Ausdehnung der Femurkondyle beschrieben.

In der neueren Literatur finden sich ebenso zahlreiche Fallberichte von persistierenden Beschwerden nach Meniskusrekonstruktion mit intraartikulären Implantaten durch unvollständigen Abbau der Grundsubstanz; in manchen Fällen werden gar mehr oder weniger ausgeprägte Knorpelschäden beschrieben, welche durch Wanderung der insufficient resorbierten Implantate verursacht wurden.

Asik et al. [40] schildern 3 Fälle von verzögerter Resorption des „Biostinger™“, wobei die Patienten 7 bis 9 Monate nach Meniskusrekonstruktion über Schmerzen im Bereich des behandelten Kompartiments klagten. In allen 3 Fällen wur-

den Rearthroskopien durchgeführt, wobei sich die Meniskusrisse als geheilt darstellten, die Meniskusimplantate jedoch nicht vollständig resorbiert waren. Nach Entfernung des verbliebenen Implantatmaterials verschwanden die Symptome und die Patienten erlangten wieder eine normale Kniefunktion.

Die verzögerte Resorption der biodegradierbaren Implantate kann eine ganze Reihe von Komplikationen mit unterschiedlicher Bedeutung für die weitere Prognose des betroffenen Gelenks hervorrufen. Entgegen der Angaben der verschiedenen Hersteller von resorbierbaren Meniskusimplantaten hat sich in Einzelfällen gezeigt, dass auch Jahre nach dem Eingriff relevante Mengen an Implantatmaterial im Kniegelenk vorhanden sein und hier zu mechanischen Konflikten mit entsprechenden Schäden führen können. Die chromatographische Analyse einer „Clearfix™-Meniskusschraube“ 32 Monate nach Meniskusrekonstruktion, welche sich infolge einer Wanderung als subkutane Prominenz am Gelenkspalt manifestiert hatte, ergab, dass 64,7% des ursprünglichen Molekulargewichts erhalten geblieben waren [42].

Diese verzögert abgebauten und gewanderten Implantate können z. B. zur Reizung der Gelenkschleimhaut und diverser Nerven führen. Schneider et al. [43] beschrieben 2003 die Wanderung einer

**Tab. 3 Zusammenfassung der Komplikationen mit arthroskopischen Implantaten in der Kniegelenkchirurgie**

Autor	Jahr	Implantat	Komplikationen
Whitman et al. [12]	1998	Biofix™ Meniscus Arrow™	4/13 Fällen: lokalisierter posteriorer Knieschmerz im Bereich der Arrows
Albrecht-Olsen et al. [13]	1999	Biofix™ Meniscus Arrow™	2/34 Fällen: Nervenirritation durch Arrow-Spitze, 1/34 Fällen: femorale Knorpelimpression durch Arrow-Kopf bei intaktem Knorpel
Calder u. Meyers [14]	1999	Biofix™ Meniscus Arrow™	1 Fall: subkutane Migration von Arrow-Fragmenten
Hechtmann u. Uribe [35]	1999	Biofix™ Meniscus Arrow™	1 Fall: zystisches Hämatom infolge Implantatwanderung
Hutchinson u. Ash [36]	1999	Biofix™ Meniscus Arrow™	1 Fall: Lockerung des Arrows infolge zunehmenden Implantatabbaus
Menche et al. [37]	1999	Biofix™ Meniscus Arrow™	1 Fall: inflammatorische Fremdkörperreaktion auf Implantatkomponenten
Anderson et al. [15]	2000	Biofix™ Meniscus Arrow™	1 Fall: femorale Knorpelfurchen, mit der Implantatlage korrespondierend
Ganko u. Engebretsen [16]	2000	Biofix™ Meniscus Arrow™	2 Fälle: subkutane Migration von Implantaten, in 1 Fall Irritation des N. saphenus
Hurel et al. [17]	2000	Biofix™ Meniscus Arrow™	2/26 Fällen: subkutane Migration von Implantaten mit Kapselirritation
Oliverson u. Lintner [18]	2000	Biofix™ Meniscus Arrow™	5 Fälle: subkutane Migration von Implantaten oder Implantatteilen
Ross et al. [19]	2000	Biofix™ Meniscus Arrow™	1 Fall: femorale Knorpelfurche nach Bruch zweier Implantate
Schultz u. Carr [31]	2000	Biofix™ Meniscus Arrow™	1 Fall: femoraler Knorpelschaden durch hervorstehende Arrow-Köpfe
Seil et al. [20]	2000	Biofix™ Meniscus Arrow™	1 Fall: femoraler Knorpelschaden, mit der Arrow-Position korrespondierend
Song et al. [38]	2001	Biofix™ Meniscus Arrow™	1 Fall: aseptische Synovitis nach Rekonstruktion
Tingstad et al. [21]	2001	Biofix™ Meniscus Arrow™	4 Fälle: rezidivierende Zystenbildung am Gelenkspalt mit z. T. palpierbarem Inhalt (Verdacht auf Implantatfragmente), 1 Fall: femoraler Knorpelschaden nach Implantatbruch
Hartley u. Leung [22]	2002	Biofix™ Meniscus Arrow™	2 Fälle: Migration von Arrows in die Fossa poplitea
Jones et al. [23]	2002	Biofix™ Meniscus Arrow™	1/38 Fällen: transkutane Migration von Arrow-Fragmenten, 1/38 Fällen: subkutane Migration von Arrow-Fragmenten
Ménétreay et al. [24]	2002	Biofix™ Meniscus Arrow™	3 Fälle: femorale Knorpelfurchen, mit der Implantatlage korrespondierend
Otte et al. [39]	2002	Biofix™ Meniscus Arrow™	1 Fall: femoraler Knorpelschaden, Lockerung unvollständig resorbierter Arrows, 1 Fall: Fremdkörperreaktion mit Granulombildung
Petsche et al. [32]	2002	Biofix™ Meniscus Arrow™	5/30 Fällen: Hautirritation durch hervorstehende Arrow-Spitzen
Bonshahi et al. [25]	2004	Biofix™ Meniscus Arrow™	1 Fall: subkutane Migration von Implantatteilen nach Implantatbruch
Steenbrugge et al. [33]	2004	Biofix™ Meniscus Arrow™	2/25 Fällen: subkutane Irritation durch Arrow-Spitzen
Kurzweil et al. [26]	2005	Biofix™ Meniscus Arrow™	6/81 Fällen: femorale Knorpelschäden, in 3 dieser Fälle Implantatbrüche, 7/81 Fällen: Schwierigkeiten bei der Implantation
Gifstad et al. [27]	2007	Biofix™ Meniscus Arrow™	4/123 Fällen: subkutane Migration von Arrows, 1/123 Fällen: femoraler Knorpelschaden durch hervorstehenden Arrow-Kopf
Koukoulis et al. [34]	2007	Biofix™ Meniscus Arrow™	2/11 Fällen: Verdacht auf Arrow-induzierte Knorpelveränderungen im MRT, 1/11 Fällen: Verdacht auf Arrow-induzierte Früharthrose
Siebold et al. [28]	2007	Biofix™ Meniscus Arrow™	2/113 Fällen: femorale Knorpelschäden durch hervorstehende Arrow-Köpfe, 1/113 Fällen: Bruch des Implantats am Kopf-Hals-Übergang, kein Knorpelschaden, 1/113 Fällen: Implantatmigration
Sims u. Simonian [44]	2001	Clearfix Screw™	1 Fall: verzögerter Abbau der Schraube mit Implantatlockerung
Bohnsack et al. [48]	2003	Clearfix Screw™	1/60 Fällen: intraoperativer Bruch der Spitze des Einführinstruments, 1/60 Fällen: subkutane Implantatmigration
Schneider et al. [43]	2003	Clearfix Screw™	1 Fall: Implantatwanderung mit Irritation des infrapatellaren Astes des N. saphenus
Tsai et al. [45]	2004	Clearfix Screw™	1/18 Fällen: Implantatwanderung in das posterolaterale Kniegelenkkompartiment, 1/18 Fällen: Verdacht auf subkutane Implantatwanderung
Willcox u. Roberts [42]	2004	Clearfix Screw™	1 Fall: verzögerter Abbau, Implantatbruch und subkutane Wanderung
Asik u. Atalar [40]	2002	Biostinger™	3/18 Fällen: verzögerte Implantatresorption mit Schmerzsymptomatik
Barber et al. [29]	2005	Biostinger™	2/89 Fällen: Implantatmigration in das periphere Weichteilgewebe

Fortsetzung auf der folgenden Seite

biodegradierbaren „Clearfix™-Meniskus-schraube“ mit medialem Gelenkschmerz und Irritation des infrapatellaren Astes des N. saphenus.

### ➤ Wanderung intraartikulärer Implantate

Neben dem verzögerten Abbau gibt es diverse andere Gründe für die Wanderung intraartikulärer Implantate. Sowohl Fehler bei der Implantation als auch mechanische Ursachen infolge der Belastung des Gelenks (Implantatbrüche und -lockerungen) werden hier diskutiert. Sims u. Si-

monian [44] beschreiben 18 Monate nach Meniskusrekonstruktion mit der „Clearfix™-Schraube“ die Entfernung zweier instabiler Implantate im posterioren Anteil des medialen Meniskus. Knorpelschäden konnten, soweit von den Autoren beurteilbar, nicht identifiziert werden. In einer

**Tab. 3 Fortsetzung**

Autor	Jahr	Implantat	Komplikationen
Barber u. Coons [30]	2006	Biostinger™	4/41 Fällen: Implantatmigration in das subkutane Gewebe, in 1 Fall hiervon femorale Knorpelschäden
Cohen et al. [53]	2003	RapidLoc™	1 Fall: femoraler Knorpelschaden und Rezidiv des Risses
Gliatis et al. [54]	2005	RapidLoc™	1 Fall: femoraler Knorpelschaden und Implantatmigration
Barber et al. [55]	2006	RapidLoc™	1 Fall: Durchschneiden der Naht während des Einbringens aufgrund der schwierigen Manipulation des Instrumentariums, 1 Fall: femorale Knorpelfurche
Hantes et al. [56]	2006	RapidLoc™	1 Fall: Implantatimpingement gegen die Femurkondyle
Kalliakmanis et al. [57]	2008	RapidLoc™	2/88 Fällen: femorale Knorpelfurchen
Lombardo u. Eberly [58]	1999	T-Fix™	1 Fall: Bildung einer Meniskuszyste
Haas et al. [59]	2005	FasT-Fix™	5 Fälle: intraoperativ Neupositionierung eines FasT-Fix notwendig wegen mangelnder Festigkeit des Ankers

Falls von Tsai et al. [45] wird von der Wanderung einer „Clearfix™-Schraube“ in den posterolateralen Bereich des lateralen Kniegelenkkompartiments berichtet. Die Rearthroskopie zeigte die Heilung des Meniskusrisse. Manifeste Knorpelschäden konnten nicht nachgewiesen werden. Die Beschwerden des Patienten verschwanden nach Entfernung der Schraube vollständig. Bei einem weiteren Patienten dieser Serie trat 8 Wochen nach medialer Meniskusrekonstruktion eine schmerzlose Prominenz am medialen Gelenkspalt auf. Es wurde vermutet, dass es sich hierbei um eine sekundäre Migration eines der Implantate handelte. Da sich nach 6 Monaten die Schwellung vollständig zurückgebildet hatte, war ein weiterer chirurgischer Eingriff nicht notwendig.

Die Durchsicht der Literatur ergibt eine Vielzahl von Berichten über lose Implantate mit persistierenden Schmerzen in der frühen Nachbehandlungsphase bzw. über die Wanderung von Implantaten ins subkutane Fettgewebe oder in die Fossa poplitea [16, 18, 22, 25, 46, 47, 48].

Angesichts der geschilderten Komplikationen mit den Dübel- bzw. Schraubenimplantaten untersuchten Seil et al. [49] die meniskofemorale Kontaktflächen und Anpressdrücke vor und nach Einbringen intraartikulärer Implantate in einer biomechanischen Studie an Leichenkniegelenken. Sowohl die statischen als auch die dynamischen Werte für beide Parameter stiegen durch die Implantate, wobei die höchsten Werte für den „Meniscus Arrow™“, gefolgt von der „Clearfix Screw™“ und dem „Meniscal Dart™“ erreicht wurden. Dies wurde von den Autoren als biomechanischer Beleg für die

klinischen Beobachtungen der femoralen Knorpelschäden mit besagten Implantaten gewertet.

Der „Meniscal Staple™“ und der „SD Sorb Staple™“ basieren auf einem Klammermechanismus und bestehen aus resorbierbaren Kopolymeren aus Poly-L-Lactat und Poly-Glycol. Der „Meniscal Fastener™“ existiert sowohl in nicht-resorbierbarer Form aus Polypropylen als auch als resorbierbares Implantat aus Polydioxanon (PDS). Es handelt sich hierbei um einen gekrümmten Schaft, an dessen Enden jeweils 2 senkrechte Stäbe zur Verankerung im Gewebe angebracht sind [8]. Die Versagensmodi dieser Implantate sind jenen der weiter oben angeführten Produkte ähnlich [50, 51]; klinische Arbeiten mit der Beschreibung von Komplikationen im Zusammenhang hiermit liegen unseres Wissens nach nicht vor.

### Hybridimplantate

Der „T-Fix™“ und der „FasT-Fix™“ sind Hybridimplantate, welche als Nahtankersysteme konzipiert wurden. Beim „T-Fix™“ wird der Nahtanker über eine Nadel durch das Meniskusgewebe geschoben und durch Zurückziehen des Fadens nach dem Kippknopfprinzip basisnah befestigt. Mehrere nebeneinander gelegte Anker können so in arthroskopischer Knotentechnik miteinander verknüpft werden. Der Anker besteht aus nichtresorbierbarem Polyacetat, der Faden aus Polyester. Der „FasT-Fix™“, in einer resorbierbaren Form verfügbar, stellt eine Weiterentwicklung dieses Systems dar. Zwei Anker, welche mit einem vorgeknöteten Faden verbunden sind, werden nachein-

ander durch Nadeln platziert, dann wird der Knoten angespannt [8]. Häufig treten intraoperativ Schwierigkeiten bei der Positionierung der Anker an der Kapsel auf. Liegen diese nicht vollständig hinter der Kapsel, kann es beim Kippmanöver zu einem Zurückrutschen nach intraartikulär kommen, was eine Nahtinsuffizienz zur Folge haben kann.

Auch der „RapidLoc™“ besteht aus Faden- und Verankerungskomponenten und wird zu den intraartikulären Implantaten der zweiten Generation gezählt. Ein Polylactatanker zur Befestigung an der Meniskusbasis ist über einen resorbierbaren oder nichtresorbierbaren Faden mit einem Polylactathut verbunden, welcher durch Anspannen Kompression auf den Meniskusrisse ausüben vermag. Durch den ins Gelenk hervorstehenden Hut kann es zu femoralen Knorpelschädigungen kommen, die Ruptur der Naht am Anker oder das Ausreißen des Hutes können zur Bildung freier Gelenkkörper führen [8, 52]. Mehrere Autoren berichten über femorale Knorpelfurchen, Implantatimpingement und Implantatmigration im Zusammenhang mit dem „RapidLoc™-System“ [53, 54, 55, 56, 57]. Die Berichte über Komplikationen mit dem „T-Fix™“ und dem „FasT-Fix™“ sind hingegen spärlich [58, 59].

### Fremdkörperreaktionen

Als Fremdkörperreaktion bezeichnet man eine Reaktion des Immunsystems auf körperspezifische Gebilde, welche entweder kristallin oder metallisch sind oder aus Polymerisaten bestehen, die vom Organismus schlecht abgebaut werden können.

Hier steht eine Anzeige.



Die Folgen sind Granulombildung, Osteolyse, Fistelbildung und Synovitis.

In einem Fallbericht schilderten Menche et al. [37] eine inflammatorische Fremdkörperreaktion auf einen „Meniscus Arrow“ nach fehlgeschlagener Meniskusrekonstruktion. Der „Meniscus Arrow“ besteht aus kristallinen, selbstverstärkten Polylactatketten, welche über hohe mechanische Eigenschaften, gepaart mit einer hohen Biokompatibilität und einer langsamen Abbauphase verfügen. In der Literatur werden Fälle beschrieben, in denen die kristallinen Implantate vor ihrer vollständigen Zersetzung in kleine Partikel zerfallen und eine mechanische Irritation der Gelenkschleimhaut mit reaktiver Synovitis hervorrufen können [60]. Eine große Studie über bioabsorbierbare Implantate zur Fixierung von Frakturen ergab eine Inzidenzrate von 2,3% klinisch relevanten inflammatorischen Fremdkörperreaktionen bei Polyglycolidimplantaten, während solche Reaktionen nicht im Zusammenhang mit der Verwendung von Polylactatimplantaten beobachtet wurden [61]. Eine tierexperimentelle Studie an Schafen von Weiler et al. [62] ließ ähnliche Schlussfolgerungen zu; die Verwendung von Polyglycolidimplantaten führte in einer signifikanten Zahl der Fälle zu Fremdkörperreaktionen mit Osteolyse, Fisteln und Synovitis. Zum Zeitpunkt der Beschreibung von Menche et al. [37] war dies der erste Bericht einer Fremdkörperreaktion auf Polylactatimplantate.

Weitere Berichte solcher Reaktionen folgten. So beschreiben Song et al. [38] eine aseptische Synovitis 13 Monate nach Meniskusrekonstruktion mit dem „Meniscus Arrow“. Die histologische Untersuchung ergab eine unspezifische Synovitis mit birefringentem Material. Die immunhistochemischen Tests waren positiv für Lysozym,  $\alpha_1$ -Antitrypsin und  $\alpha_1$ -Antichymotrypsin. Nach arthroskopischer Synovektomie kam es zu einer Regredienz der Schmerzen und des Schwellungszustands, die Beweglichkeit normalisierte sich. Auch Otte et al. [39] beobachteten 9 Wochen nach medialer Meniskusrefixation mit Implantaten eine Fremdkörperreaktion mit Granulombildung.

Kimura et al. [63] beschrieben eine Zyste nach Naht im medialen Meniskus, während Hechtman et al. [35] ein zysti-

sches Hämatom im Bereich der Semimembranosussehne nach medialer Meniskusrekonstruktion mit dem „Meniscus Arrow“ behandelten.

## Infektionen

Infektionen nach arthroskopischen Eingriffen sind seltene Ereignisse. Diagnostische Arthroscopien ohne zusätzliche Eingriffe haben eine sehr geringe Infektionsrate, die in der Literatur zwischen 0,04 und 3,40% angegeben wird [64]. Die Infektionsrate nach operativen Eingriffen nimmt in Abhängigkeit von Operationsdauer, Anzahl der vorhergehenden Eingriffe, Ausmaß des operativen Vorgehens sowie insbesondere nach einer vorhergehenden Steroidinjektion zu. Das Infektionsrisiko nach arthroskopischen Eingriffen am Kniegelenk einschließlich Kreuzbandrekonstruktionen wird mit 0,04–1,00% angegeben [65].

### ■ Infektionen nach arthroskopischen Eingriffen sind seltene Ereignisse.

Spezifische Zusammenhänge zwischen arthroskopischen Meniskusimplantaten und postoperativen Infektionen werden nicht beschrieben. Barber et al. [55] schildern eine postoperative Infektion nach Meniskusrekonstruktion mit dem „RapidoLoc“-System“, die Arbeitsgruppe um Hürel [17] beobachtete bei 26 Eingriffen mit dem „Meniscus Arrow“ eine Infektion. Auch nach Meniskusnähten kommt es gelegentlich zur Manifestation von Infektionen, die Zahlen liegen aber im Rahmen der oben angeführten Raten [13, 64, 66, 67, 68].

## Fazit für die Praxis

**Intraartikuläre Implantate stellen in mancherlei Hinsicht eine interessante Alternative zur klassischen Meniskusnaht in der rekonstruktiven Meniskus Chirurgie dar. Die unterschiedlichen Funktionsprinzipien ermöglichen die adäquate Therapie der meisten Meniskusläsionen, wobei dank ausgeklügelter Instrumentarien auch schwer erreichbare Lokalisationen im Kniegelenk über arthroskopische Zugänge behandelt werden können. Die Zugangsmorbidität hat durch die Ent-**

**wicklung der Implantate deutlich abgenommen, eine Reihe spezifischer Komplikationen hingegen hat sich nach Einführung der intraartikulären Techniken gehäuft manifestiert. Die implantatbedingten Kniebinnenschäden können z. T. weitreichende Konsequenzen, sowohl medizinischer als auch forensischer Natur ([http://findarticles.com/p/articles/mi\\_pwwi/is\\_200412/ai\\_n8581955](http://findarticles.com/p/articles/mi_pwwi/is_200412/ai_n8581955)), für den Operateur und den Patienten haben. Da in der neueren Literatur nach wie vor die klassische Naht als Goldstandard zur Behandlung rekonstruierbarer Meniskusrisse angegeben wird, empfehlen wir vor dem Hintergrund der möglichen Komplikationen die Entscheidung für eine rein intraartikuläre Vorgehensweise von Fall zu Fall abzuwägen.**

## Korrespondenzadresse

### Dr. P. Wilmes

Service d'Orthopédie et de Traumatologie,  
Centre de l'Appareil Locomoteur,  
de Médecine du Sport et de Prévention,  
Centre Hospitalier de Luxembourg –  
Clinique d'Eich,  
4, Rue Barblé, 1210 Luxembourg,  
Luxembourg  
p\_wilmes@yahoo.com

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

## Literatur (Auswahl)

1. Mochida H, Kikuchi S (1995) Injury to infrapatellar branch of saphenous nerve in arthroscopic knee surgery. Clin Orthop 320: 88–94
2. Portland GH, Martin D, Keene G, Menz T (2005) Injury to the infrapatellar branch of the saphenous nerve in anterior cruciate ligament reconstruction: comparison of horizontal versus vertical harvest site incisions. Arthroscopy 21(3): 281–285
3. Bernhard M (2006) Nerven- und Gefäßläsionen bei arthroskopischen Meniskusoperationen. Arthroscopie 19: 123–128
5. Small NC (1986) Complications in arthroscopy: the knee and other joints. Arthroscopy 4: 253–258
6. Jurist KA, Greene PW 3rd, Shirkhoda A (1989) Peroneal nerve dysfunction as a complication of lateral meniscus repair: a case report and anatomic dissection. Arthroscopy 5(2): 141–147
7. Albrecht-Olsen P, Kristensen G, Törmälä P (1993) Meniscus bucket-handle fixation with an absorbable Biofix tack: development of a new technique. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 1(2): 104–106
9. Rankin CC, Lintner DM, Noble PC et al. (2002) A biomechanical analysis of meniscal repair techniques. Am J Sports Med 30(4): 492–497
12. Whitman TL, Diduch DR (1998) Transient posterior knee pain with the meniscal arrow. Arthroscopy 14: 762–763

14. Calder S, Myers PT (1999) Broken arrow: a complication of meniscal repair. *Arthroscopy* 15: 651–652

16. Ganko A, Engebretsen L (2000) Subcutaneous migration of meniscal arrows after failed meniscus repair. A report of two cases. *Am J Sports Med* 28(2): 252–253

20. Seil R, Rupp S, Dienst M et al. (2000) Chondral lesions after arthroscopic meniscus repair using meniscus arrows. *Arthroscopy* 16: 17

24. Ménétrey J, Seil R, Rupp S, Fritschy D (2002) Chondral damage after meniscal repair with the use of a bioabsorbable implant. *Am J Sports Med* 30(6): 896–899

26. Kurzweil PR, Tifford CD, Ignacio EM (2005) Unsatisfactory clinical results of meniscal repair using the meniscus arrow. *Arthroscopy* 21(8): 905

30. Barber FA, Coons DA (2006) Midterm results of meniscal repair using the BioStinger meniscal repair device. *Arthroscopy* 22(4): 400–405

35. Hechtman KS, Uribe JW (1999) Cystic haematoma formation following use of a biodegradable arrow for meniscal repair. *Arthroscopy* 15: 207–210

37. Menche DS, Phillips GI, Pitman MI, Steiner GC (1999) Inflammatory foreign-body reaction to an arthroscopic bioabsorbable meniscal arrow repair. *Arthroscopy* 15: 770–772

38. Song EK, Lee KB, Yoon TR (2001) Aseptic synovitis after meniscal repair using the biodegradable meniscus arrow. *Arthroscopy* 17: 77–80

41. Zantop T, Eggers AK, Musahl V et al. (2004) A new rigid biodegradable anchor for meniscus reattachment: biomechanical evaluation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 12(4): 317–324 (Epub 2003 Dec 19)

42. Willcox N, Roberts S (2004) Delayed biodegradation of a meniscal screw. *Arthroscopy* 20(Suppl 2): 20–22

48. Bohnsack M, Börner C, Schmolke S et al. (2003) Clinical results of arthroscopic meniscal repair using biodegradable screws. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 11(6): 379 (Epub 2003 Sep 11)

49. Seil R, Rupp S, Mai C, Kohn D (2001) The footprint of meniscus fixation devices on the femoral surface of the medial meniscus: a biomechanical cadaver study. *ISAKOS Congress, Montreux, May 14–18*

51. 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

53. Cohen SB, Anderson MW, Miller MD (2003) Chondral injury after arthroscopic meniscal repair using bioabsorbable Mitek Rapidloc meniscal fixation. *Arthroscopy* 19(7): 24–26

54. Gliatis J, Kouzelis A, Panagopoulos A, Lambiris 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 (Epub 2004 Oct 20)

58. Lombardo S, Eberly V (1999) Meniscal cyst formation after all-inside meniscal repair. *Am J Sports Med* 27(5): 666–667

59. Haas AL, Schepesis AA, Hornstein J, Edgar CM (2005) Meniscal repair using the FasT-Fix all-inside meniscal repair device. *Arthroscopy* 21(2): 167–175

60. Stähelin A, Weiler A, Rufenacht H et al. (1997) Clinical degradation and biocompatibility of different bioabsorbable interference screws: A report of six cases. *Arthroscopy* 13: 238–244

63. Kimura M, Hagiwara A, Hasegawa A (1993) Cyst of the medial meniscus after arthroscopic meniscal repair. *Am J Sports Med* 21: 755–757

64. Blevins FT, Salgado J, Wascher DC, Koster F (1999) Septic arthritis following arthroscopic meniscus repair: a cluster of three cases. *Arthroscopy* 15(1): 35–40

65. Jerosch J (2006) Erkennung und Behandlung von Infektionen nach arthroskopischen Eingriffen. *Arthroscopie* 19: 114–122

**Das vollständige Literaturverzeichnis ...**

... finden Sie in der html-Version dieses Beitrags im Online-Archiv auf der Zeitschriftenhomepage [www.DerOrthopaede.de](http://www.DerOrthopaede.de)

**Diagnostik von Knochenbrüchen bei Kindern**  
Sonografie oder Röntgen?

**Wenn es gilt, bei Kindern einen Knochenbruch zu untersuchen, greifen Ärzte immer häufiger zum Ultraschallgerät. Denn vor allem bei kleinen Patienten ersetzt die Sonografie die Röntgenuntersuchung und deren Strahlenbelastung sinnvoll.**

Wie eine Studie am Campus Kiel belegt, konnten von 653 der dort einbezogenen Fälle –welche mittels Ultraschall und Röntgenuntersuchung abgeklärt wurden – bei 308 Patienten ein Knochenbruch durch beide Analysemethoden nachvollzogen werden. 20 Brüche wurden lediglich mittels Ultraschall, 21 nur auf dem Röntgenbild nachgewiesen. Gerade bei Kleinkindern ist eine Fraktur oft schwer zu lokalisieren. Entsprechend hat es sich bewährt, zunächst via Ultraschall die gängigsten Bruchstellen abzusuchen. Einige häufig auftretende Brüche, etwa im Bereich der Rippen, werden sonografisch sogar besser detektiert.

Vorteil des Röntgens bleibt jedoch die schnelle Abklärung, während die Ultraschalluntersuchung ein langsames Abfahren des Knochens voraussetzt. Doch die Sonografie entwickelt sich stetig: So können mittels 3-D-Ultraschall auch komplizierte Knochenbrüche bestens visualisiert werden.

Originalliteratur:

Moritz JD, Berthold LD, Soenksen SF et al. (2008) Ultrasound in Diagnosis of Fractures in Children: Unnecessary Harassment or Useful Addition to X-ray. *Ultraschall Med* 29: 267-74

Quelle:  
*Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM)*