

# Die Osteonekrose des postarthroskopischen Kniegelenks

**Die Osteonekrose (ON) ist eine häufige Erkrankung des Knochen-Knorpel-Komplexes, die durch eine Vaskularisationsstörung unklarer Genese zum ischämischen Zelltod von Knochen und Knochenmark sowie zum Untergang des benachbarten Knorpels führt. Im Kniegelenk wurden bislang 2 Entitäten der ON unterschieden:**

Die idiopathische, primäre oder spontane Osteonekrose (spontane Osteonekrose des Kniegelenks, SPONK), bei der die Patienten keine Risikofaktoren für eine Vaskularisationsstörung aufweisen; diese Entität wurde erstmals von Ahlbäck et al. 1968 [1] im Bereich der medialen Femurkondyle beschrieben.

Die sekundäre Osteonekrose, die durch eine Reihe prädisponierender Erkrankungen und Therapien ausgelöst wird, die alle Einfluss auf die Knochendurchblutung nehmen können.

Brahme [2] prägte 1991 den bis dato unbekanntem Begriff der „postarthroskopischen Osteonekrose des Kniegelenks“ (PAON), nachdem er bei mehreren seiner Patienten nach arthroskopischer Teilmenishektomie eine Osteonekrose des Femurkondylus festgestellt hatte. Er vermutete, dass die zuvor durchgeführte Arthroskopie ursächlich für die Entstehung der Osteonekrose war. Als Synonym der PAON wurde auch der Begriff der „postmeniscectomy osteonecrosis“ geprägt [3, 4, 5].

Der forensisch bedeutsamen Ausdruck der „postarthroskopischen“ oder „postmeniscectomy“ Osteonekrose des Kniegelenks sollte aus den folgenden Gründen durch den unverfänglichen Begriff der „Osteonekrose des postarthroskopischen Kniegelenks“ (ONPK) ersetzt werden: Zum einen sind Osteonekrosen nicht nur nach Menishektomie sondern auch als Folge anderer arthroskopischer Techniken am Kniegelenk, wie nach Knorpeldébridement, nach OATS-Plastik und nach einer VKB-Ersatzplastik diagnostiziert worden [6, 7]. Zum anderen kann bei einer Vielzahl von vermuteten sog. PAON-Fällen der Literatur eine vorbestehende SPONK nicht sicher ausgeschlossen werden [8].

Dieser Beitrag soll einen Überblick über Epidemiologie, Ätiologie und die Differenzialdiagnostik der ONPK nach konventioneller arthroskopischer Menishektomie geben. Studien, bei denen es als Folge einer Laserbehandlung zu einer Osteonekrose kam, wurden bei der vorliegenden Auswertung der Literaturstellen nicht berücksichtigt, da die Pathomechanismen dieser laserinduzierten Osteonekrose (thermische Verletzung und photoakustischer Schock) als gesichert gelten können [9].

## Epidemiologische Daten der Osteonekrose des postoperativen Kniegelenks

In der Literatur finden sich bislang 9 klinische Studien mit insgesamt 47 Patienten, bei denen eine Osteonekrose des Kniegelenks nach arthroskopisch durchgeführter Meniskusteilresektion diagnostiziert wurde (■ **Tab. 1**; [2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14]). Alle Studien beschreiben retrospektiv ausgewertete Fallberichte. Die Lokalisation der Osteonekrose korrelierte geographisch mit der Lokalisation der Meniskusläsion bei allen Patienten. In den Fällen mit einer medialen Meniskusläsion zeigte das MRT ausschließlich Signalveränderungen im medialen Femurkondylus. Bei keinem Patienten entwickelte sich eine Osteonekrose im kontralateralen Kompartiment. Von den 6 Patienten mit einem lateralen Meniskusriss entwickelten 4 Patienten eine Osteonekrose des lateralen Femurkondylus und die anderen 2 eine Osteonekrose des lateralen Tibiaplateaus. In Relation zu der sehr hohen Anzahl an weltweit durchgeführten arthroskopischen Operationen scheint die Prävalenz dieser Osteonekrose sehr gering zu sein.

Bei allen 47 Patienten wies die postoperative MRT-Untersuchung Signalveränderungen auf, die mit einer Osteonekrose vereinbar waren. Auch bestand in allen Fällen zumindest ein zeitlicher Zusammenhang zwischen Arthroskopie und nachfolgend diagnostizierter Osteonekro-

**Tab. 1** Epidemiologische Daten der Studien, in denen die Entwicklung einer ON nach konventioneller arthroskopischer Menisekteomie (CM) mit Hilfe der MRT untersucht wurde (Altersdurchschnitt 58 Jahre)

Autor	Patienten mit ON nach arthroskopischer Meniskusteilresektion (n)	Männer / Frauen	Durchschnittliches Alter [Jahre]	Patienten mit Meniskusriss mit Lokalisation des Meniskus-schadens [n (medial/lateral)]	Patienten mit Chondromalazie (n)	Lokalisation der CM an den Femurkondylen [n medial/lateral]	Lokalisation der CM am Tibiaplateau [n medial/lateral]	Behandlungsart der Chondromalazie	Lokalisation der ON im MRT nach der Arthroskopie
Brahme et al. [2]	7	4/3	60,5 (42–72)	7 (6/1)	7	7/1	1/0	Knorpelglättung bei 7 Patienten	6 MFK/1 LFK/1 LTP
Johnson et al. [4]	7	3/4	60 (41–79)	7 (4/3)	6	7/2	3/4	Knorpelglättung bei 6 Patienten	4 MFK/1 LFK/1 MTP/1 LTP
Pruess-Latour et al. [13]	9	4/5	69 (58–82)	9 (8/1)	7	4/2	3/1	Knorpelglättung bei 1 Patient	8 MFK/1 LFK
Santori et al. [14]	2	1/1	34 (21–47)	2 (2/0)	0	0	0	-	2 MFK
DeFalco et al. [11]	1	1/0	48	1 (1/0)	0	0	0	-	1 MFK
Kusayama [12]	2	2/0	52	2 (2/0)	0	0	0	-	2 MFK
Al-Kaar et al. [10]	10	5/5	69 (55–81)	10 (9/1)	7	4/1	0	Knorpelglättung bei 1 Patient	9 MFK/1 LFK
Faletti et al. [3]	1	1/0	66	1 (1/0)	0	0	0	-	1 MFK
Musculo et al. [5]	8	3/5	65 (54–75)	8 (8/0)	4	4/0	0	-	8 MFK
Total	47	24/23		47 (41/6)	31 (65%)	26/6	7/5	15-mal Knorpelglättung	41 MFK (87,5%), 4 LFK (8,5%), 1 MTP (2,1%), 2 LTP (4,2%)

MFK medialer Femurkondylus, LFK lateraler Femurkondylus, MTP mediales Tibiaplateau, LTP laterales Tibiaplateau, ON Osteonekrose.

**Tab. 2** Zeitlicher Zusammenhang zwischen der bildgebenden Diagnostik und der Entwicklung einer vermuteten PAON

Autor	Patienten mit ON nach arthroskopischer Meniskusteilresektion (n)	Patienten mit präoperativem MRT (n)	Durchschnittliche Dauer zwischen Beschwerdebeginn und Zeitpunkt der präoperativen MRT-Untersuchung [Wochen]	Patienten, die potenziell innerhalb des diagnostischen Fensters der MRT untersucht wurden <sup>a</sup> oder ohne jegliche präoperative MRT-Diagnostik (n)	Durchschnittliche Dauer zwischen initialer Arthroskopie und „PAON-beweisender MRT“ [Wochen]
Brahme et al. [2]	7	7	Unklar	≤7	32 (8–56)
Johnson et al. [4]	7	7	42 (6–144)	0	16 (12–24)
Pruess-Latour et al. [13]	9	9	26 (0,4–72)	2	24 (5–48)
Santori et al. [14]	2	1	Unklar	1	4
DeFalco et al. [11]	1	1	3	1	9
Kusayama [12]	2	2	2,5 in 1 Fall	≤2	16
Al-Kaar et al. [10]	10	9	Unklar	≤10	27,5 (3–176)
Faletti et al. [3]	1	0	Unklar	1	16
Musculo et al. [5]	8	8	Unklar	4	18 (6–36)
Durchschnitt			18,3		18
Gesamt	47	44 (93,6%)		28 (59,5%)	

<sup>a</sup>4–6 Wochen nach Beginn der Knieschmerzen.

Hier steht eine Anzeige.



**Tab. 3** Aglietti et al. [27] beschreiben 5 radiologische Stadien der SPONK: Stadien 3–5 zeigen pathognomonische Veränderungen auf konventionellen Röntgenbildern. In den frühen Stadien der SPONK ist die Diagnosestellung erschwert, da die Röntgenbilder keine spezifischen Auffälligkeiten zeigen

Stadium	Pathologische Veränderungen auf konventionellen Röntgenbildern	Zeitspanne seit Beginn der Beschwerden
1	Normal	Mehrere Monate
2	Abflachung des betroffenen Femurkondylus in der Hauptbelastungszone („Rosenberg-Aufnahme“)	Mehrere Monate
3	Pathognomonische Veränderung einer subchondral gelegenen röntgendurchlässigen und sichelförmigen Läsion von variabler Größe und Tiefe, die proximal und distal von einer Sklerose umgeben sein kann („crescent sign“, Sichelzeichen)	≤1 Jahr
4	Röntgendurchlässige subchondrale Region umgeben von einem sklerotischen Halo, der subchondrale Knochen ist kollabiert und als „kalzifizierte Platte“ abgegrenzt	≤1 Jahr
5	Sekundäre Osteoarthritis des medialen Kompartments mit Verschmälerung des Gelenkspalts, subchondraler Sklerose und Osteophytenbildung	>2 Jahre

se (Tab. 2). Beide Geschlechter waren zu gleichen Teilen betroffen (24 Männer und 23 Frauen) mit einem mittleren Alter von 58 (21–82) Jahren (Tab. 1).

Von den 47 Patienten, die sich einer arthroskopischen Meniskusoperation unterzogen, wiesen 41 Patienten einen medialen (87%) und 6 Patienten einen lateralen Meniskusriss auf (13%). Bei der Lokalisation der postarthroskopisch diagnostizierten Osteonekrose war hauptsächlich der mediale Femurkondylus betroffen (n=41) gefolgt vom lateralen Femurkondylus (n=4). Nur ausnahmsweise war das laterale (n=2) und mediale (n=1) Tibiaplateau betroffen. Die Lokalisation der Osteonekrose korrelierte geographisch mit der Lokalisation der präexistierenden Pathologie. Bei Patienten mit einem medialen Meniskusriss waren dementsprechend die Signalveränderungen im MRT auf den medialen Femurkondylus begrenzt. Keiner der untersuchten Patienten entwickelte eine Osteonekrose des nicht behandelten Kniekompartments. Bei 4 von 6 Patienten mit einem lateralen Meniskusriss wurde nach Arthroskopie eine Osteonekrose des lateralen Femurkondylus diagnostiziert.

Von allen 47 Patienten mit einer Osteonekrose wiesen 65% eine begleitende Chondromalazie unterschiedlichen Ausmaßes auf. Das mediale Kompartiment war bei 33 von den 47 Patienten betroffen, in 26 Fällen der mediale Femurkondylus und in 7 Fällen das mediale Tibiaplateau (s. Tab. 1).

## Ätiologie

Die Ätiologie der ONPK ist unklar. In der Mehrzahl der Studien werden vorbestehende degenerative Schäden von Meniskus und Knorpel für die postarthroskopische Entwicklung einer Osteonekrose verantwortlich gemacht [2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14].

### Die Ätiologie der ONPK ist unklar

Auch die veränderte Kniebiomechanik nach Menishektomie wird als prädisponierender Faktor für die Entwicklung einer Osteonekrose des Kniegelenks gesehen [15]. Ein erhöhter tibiofemorale Kontaktdruck soll zu einer Insuffizienz des subchondralen Knochens mit nachfolgendem Eindringen von Synovialflüssigkeit in den subchondralen Knochen führen. Die dadurch verursachte intraossäre Druckerhöhung soll die Entstehung einer Osteonekrose begünstigen [16].

Kobayashi et al. [17] korrelierten das Ausmaß der Menishektomie mit dem Entstehen der ONPK. Nach partieller Menishektomie zeigte sich in 25% der Fälle eine juxtaartikuläre Osteonekrose, nach totaler Menishektomie stieg der Anteil auf 50% an.

Die Degeneration des Meniskusgewebes scheint auch dann mit einer Osteonekroseentwicklung assoziiert zu sein, wenn keinerlei Arthroskopie durchgeführt wird.

So berichtete Musculo et al. [18] von insgesamt 5 Patienten mit einem Lebensalter >60 Jahren, bei denen im Abstand von mehreren Monaten sequentielle MRT-Untersuchungen des Kniegelenks durchgeführt wurden. Alle Patienten wiesen im MRT einen degenerativen medialen Meniskusschaden auf. Bei allen Patienten entwickelte sich unter konservativer Therapie eine spontane Osteonekrose im medialen Kompartiment, obwohl in keinem der Fälle eine Arthroskopie durchgeführt wurde.

Patel et al. [19] stellten daher die Frage, ob es sich bei den Erkrankungsbildern der SPONK und ONPK nicht um ein und dieselbe Krankheit handelt, die lediglich zu verschiedenen perioperativen Zeitpunkten diagnostiziert wird. Ob ein ursächlicher Zusammenhang zwischen degenerativem Meniskus- und Knorpelschaden und der Entwicklung einer Osteonekrose besteht oder ob Degeneration und Osteonekrose lediglich zeitlich zusammentreffen, bleibt unklar. Bei älteren Patienten ist sowohl die Prävalenz degenerativer Kniebinnenschäden als auch die Prävalenz der Osteonekroseentwicklung erhöht [20].

Yammamoto u. Bullough [21] vermuteten, dass den postarthroskopischen Läsionen nach Menishektomie eine subchondrale Stressfraktur zugrunde liegt, nachdem Knie- und Hüftgelenkbiopsien diese Vermutung histologisch bestätigt haben. Setzt man voraus, dass die Biopsien von Patienten stammen, die an einer fortgeschrittenen und irreversiblen Osteonekrose gelitten haben, wird durch diese Vermutung die Existenz von SPONK und ONPK per se in Frage gestellt.

Auch die Arthroskopie selber, die Anwendung der Rollenpumpentechnik, verschiedene Instrumente für das arthroskopische Débridement, die intraoperative Blutsperrung mittels Tourniquet und die Anwendung von perioperativen Lokalanästhetika mit und ohne Adrenalinzusatz wurden verdächtigt, die Entstehung einer Osteonekrose zu begünstigen [3, 4, 5, 13, 17, 22]. Ausreichende Daten, die diese Vermutungen unterstützen, existieren zur Zeit nicht.

## Klinik und Differenzialdiagnose der ONPK

Bei älteren Patienten ist die Prävalenz degenerativer Meniskussschäden hoch [23]. Häufig wird ein plötzlich einsetzender Knieschmerz beklagt, der ohne äußere Ursache auftritt. Bei der klinischen Untersuchung findet sich nicht selten ein intraartikulärer Erguss wechselnder Ausprägung und ein Druckschmerz über dem medialen Kompartiment. Einige Patienten klagen über Einklemmungserscheinungen im Kniegelenk. Die Standardröntgenbilder des Kniegelenks zeigen häufig einen mehr oder weniger erhaltenen Gelenkspalt ohne pathognomonische Zeichen einer Osteonekrose [24]. Wenn die konservative Therapie mit intraartikulären Injektionen, oraler NSAR-Gabe und physikalischer Therapie keine Beschwerdebesserung gebracht hat, wird in einigen Fällen eine Arthroskopie des Kniegelenks empfohlen. Im Rahmen der Arthroskopie wird die Diagnose bestätigt und der degenerative Meniskussschaden mit Meniskusstanze und Shaver fachgerecht reseziert [3, 4, 5, 13, 17, 22]. In der Mehrzahl der Fälle sind die klinischen Beschwerden rückläufig, da ihre mechanische Ursache beseitigt wurde. Einige wenige Patienten klagen jedoch über persistierende oder sogar exazerbierende Knieschmerzen. In diesen Fällen wird häufig ein postoperatives MRT durchgeführt, das sehr häufig ein Knochenmarködem im operierten Kniekompartiment zeigt.

Folgende Differenzialdiagnosen müssen nun in Erwägung gezogen werden:

- aktivierte Gonarthrose,
- Ruptur des Meniskus,
- transientes postoperatives Knochenmarködem (MRT) [25],
- präoperativ nicht diagnostizierte, vorbestehende SPONK,
- durch die Arthroskopie induzierte ONPK.

Das Stellen der korrekten Diagnose wird in dieser Situation durch die folgenden Sachverhalte verkompliziert:

- Der mediale Knieschmerz kann durch eine Ruptur des Meniskus, durch das postoperative Knochenmarködem oder durch beide Faktoren verursacht werden.

## Zusammenfassung · Abstract

Orthopäde 2008 · 37:1099–1107 DOI 10.1007/s00132-008-1303-8  
© Springer Medizin Verlag 2008

D. Pape · O. Lorbach · K. Anagnostakos · D. Kohn

### Die Osteonekrose des postarthroskopischen Kniegelenks

#### Zusammenfassung

Die Manifestation einer Osteonekrose nach Arthroskopie des Kniegelenks ist eine seltene postoperative Komplikation. Ihre genaue Ätiologie ist unklar. Die wichtigste Differenzialdiagnose dieser postarthroskopisch diagnostizierten Osteonekrose ist die präarthroskopisch bestehende, nicht diagnostizierte spontane Osteonekrose des Kniegelenks. Dies ist von forensischer Bedeutung, denn die Arthroskopie könnte fälschlicherweise für eine erst postoperativ diagnostizierte Osteonekrose verantwortlich gemacht werden. Die Differenzialdiagnostik zur Unterscheidung der beiden Osteonekrosearten kann schwierig sein. Sowohl die postarthroskopisch diagnostizierte als auch die spontane Osteone-

krose des Kniegelenks weisen hinsichtlich der bildgebenden Befunde und des phasenhaften klinischen Verlaufs große Gemeinsamkeiten auf.

Zur Beschreibung einer Osteonekrose nach Arthroskopie sollte der unverfängliche Begriff „Osteonekrose des postarthroskopischen Kniegelenks“ statt des forensisch bedeutsamen Ausdrucks der „postarthroskopischen Osteonekrose des Kniegelenks“ verwendet werden.

#### Schlüsselwörter

Osteonekrose · Morbus Ahlbäck · Kniegelenk-arthroskopie · MRT · Diagnostisches Fenster

### Osteonecrosis in the postarthroscopic knee

#### Abstract

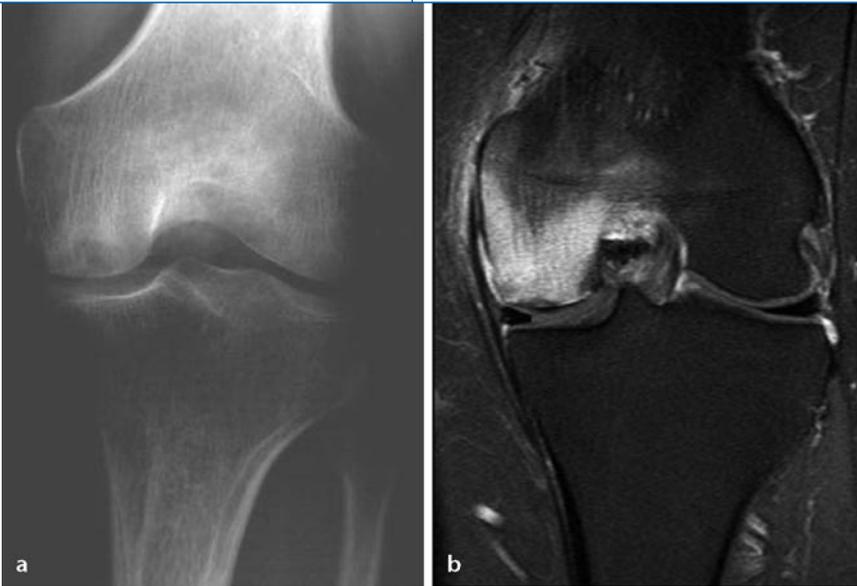
Osteonecrosis of the knee is a rare complication following arthroscopic surgery. Little is known about its etiology. The most important differential diagnosis is preexisting and undiagnosed early-stage spontaneous osteonecrosis of the knee. Medicolegally, arthroscopic surgery could be wrongly regarded as the primary cause for postarthroscopic osteonecrosis. Orthopedic surgeons need to

be aware of the diagnostic pitfalls in differentiating between these entities.

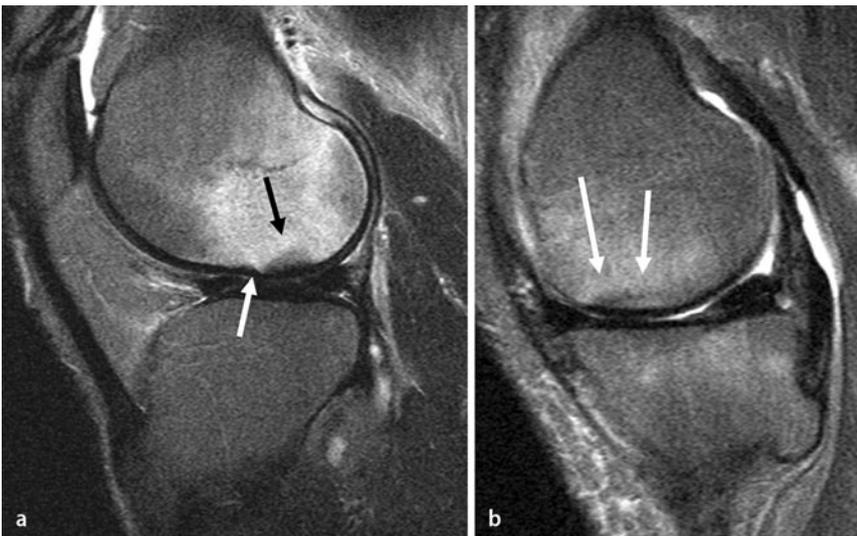
We suggest that the descriptive term “osteonecrosis in the postoperative knee” should be used rather than the captious term “postarthroscopic osteonecrosis.”

#### Keywords

Osteonecrosis · Ahlbäck's disease · Knee arthroscopy · MRI · Diagnostic window



**Abb. 1** ▲ **a** Manifestation einer Osteonekrose Stadium 3 im Bereich der medialen Femurcondyle (Morbus Ahlbäck). **b** Osteonekrose des medialen Femurcondylus nach arthroskopischer medialer Teilmisektomie mit begleitendem Knochenmarködem in der koronaren T2-gewichteten MRT-Sequenz



**Abb. 2** ▲ MRT-Kriterien zur Diagnostik einer irreversiblen SONK im Frühstadium nach Lecouvet et al. [29]: Typisch sind ein ausgedehntes, ödemähnliches Signal mit einem subchondralen Areal niedriger Signalintensität auf den T2-gewichteten Sequenzen (**a**, schwarzer Pfeil), eine fokale Unterbrechung der Epiphysenkontur (**a**, weißer Pfeil) und Linien niedriger Signalintensität, die in die befallene Region hineinlaufen (**b**, weiße Pfeile)

- Die Assoziation von degenerativem Meniskusschaden und der SPONK ist in diesem Patientengut häufig.
- Klinik, phasenhafter Verlauf mit der Neigung zur Progression und Signalveränderungen im MRT sind für SPONK und ONPK identisch. Die arthroskopische Menisektomie im Rahmen einer nicht diagnostizierten sich entwickelnden Osteonekrose kann die Gelenkerstörung beschleunigen.
- Das Knochenmarködem der MRT ist ein häufiger, jedoch unspezifischer Befund, der durch Ischämie (ON, OD), mechanische („bone bruise“, Mikrofrakturen) oder reaktive Faktoren (postoperatives Ödem, Gonarthrose) ausgelöst werden kann.
- Das diagnostische Fenster vom Beginn klinischer Symptome bis zur zweifelsfreien Darstellbarkeit eines ischämischen Markraumödems durch

eine beginnende spontane Osteonekrose beträgt ca. 6 Wochen [4, 29].

In Abhängigkeit der Qualität der präoperativen Bildgebung können sich nun die folgenden diagnostischen Konstellationen ergeben:

- Findet sich schon präoperativ eine Knochenmarködem im MRT, ist die Diagnose einer vorbestehenden SPONK wahrscheinlich.
  - Findet sich präoperativ kein Knochenmarködem im MRT, ist die Diagnose einer ONPK wahrscheinlich, obwohl auch eine SPONK nicht sicher ausgeschlossen werden kann, wenn das diagnostische Fenster der MRT-Methode nicht berücksichtigt wurde.
  - Existiert keinerlei präoperative MRT-Diagnostik, müssen SPONK, ONPK und alle transienten und reaktiven Erkrankungen in die Differenzialdiagnose eingeschlossen bleiben. Eine definitive Diagnose kann in diesen Fällen, wenn überhaupt, nur retrospektiv gestellt werden.
- Die wichtigste Differenzialdiagnose zur ONPK stellt die SPONK dar.

Von den 47 publizierten angeblichen ONPK-Fällen der 9 relevanten klinischen Studien wurde nur in 44 Fällen (93,6%) eine präoperative MRT-Untersuchung zur Diagnosesicherung durchgeführt [2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14]. Nur in 4 der 9 Studien wurde der Beschwerdebeginn vor der initialen MRT-Diagnostik dokumentiert. In den verbleibenden 5 Studien wurde das diagnostische Fenster der MRT nicht beachtet, da <6 Wochen zwischen Auftreten der Beschwerden und MRT-Untersuchungstermin lagen. Somit wurde bei bis zu 28 der 47 potenziellen ONPK-Patienten (59,5%) eine vorbestehende spontane Osteonekrose nicht sicher ausgeschlossen (■ Tab. 2).

### Diagnose der ONPK

Ein neu aufgetretenes Knochenmarködem im MRT kann durch eine sich entwickelnde Osteonekrose des Kniegelenks verursacht werden. Da in der Frühphase der Osteonekrose nur Knochenmarkstrukturen betroffen sind, zeigen andere Verfah-

**Tab. 4** Eine modifizierte Klassifikation der SPONK nach Soucacos et al. [26] berücksichtigt den phasenhaften Verlauf der Osteonekrose und kombiniert die pathologischen Veränderungen verschiedener Bildgebungsverfahren, um die für das jeweilige Stadium am besten geeignete Methode anzuwenden

Stadium	Morphologische Veränderungen in der Bildgebung	Bildgebung, die am ehesten Diagnosestellung erlaubt	Zusätzliche Bildgebung	Zeitintervall seit dem Beginn der Symptome [Monate]	Progression zu nächstem Stadium der Krankheit	Empfohlene Behandlung
I	Keine	Knochen-szintigraphie	MRT (frühestens 6 Monate nach Beginn der Symptome)	1–2	Wahrscheinlich, potenziell reversibel	Konservativ
II	Abflachung des Kondylus	Röntgen, MRT	Knochen-szintigraphie	2–4	Wahrscheinlich, potenziell reversibel	Größen-abhängig
III	Sichelzeichen	Röntgen	-	3–6	Irreversibel	Chirurgisch
IV	Kollaps des subchondralen Knochens, Knorpelschaden	Röntgen	-	9–12	Irreversibel	Chirurgisch

ren wie das konventionelle Röntgen, die CT oder die Arthroskopie zunächst keine pathognomonischen Veränderungen.

Um die Diagnose einer ONPK zu ermöglichen, müssen die beiden folgenden Bedingungen erfüllt sein:

- kein Nachweis einer beginnenden Osteonekrose auf den präoperativen MRT-Bildern, die frühestens 4–6 Wochen nach Beginn der Knieschmerzen angefertigt wurden;
- ein zeitlicher Zusammenhang zwischen der Arthroskopie und einem verdächtigem Knochenmarködem auf den postoperativen MRT-Bildern.

Kann eine vorbestehende SPONK anhand der präoperativen MRT-Untersuchung soweit als möglich ausgeschlossen werden, sollte eine der folgenden Bedingungen erfüllt sein, um eine zweifelsfreie Diagnose zu ermöglichen:

- pathognomonische Zeichen der manifesten Osteonekrose (Sichelzeichen, subchondraler Kollaps) auf konventionellen Röntgenbildern, im CT oder MRT;
- histologische Bestätigung der Osteonekrose nach Resektion der Läsion im Rahmen eines gelenkerhaltenden oder -ersetzenden Revisionseingriffs.

### Gemeinsamkeiten und Unterschiede von spontaner und postarthroskopischer Osteonekrose

Musculo et al. [18] berichteten von insgesamt 5 Patienten, die >60 Jahre alt waren, bei denen im Abstand von mehreren Monaten sequentielle MRT-Untersuchungen

des Kniegelenks durchgeführt wurden. Bei allen Patienten zeigte sich ein degenerativer medialer Meniskusriss mit anschließender Ausbildung einer SPONK, obwohl in keinem der Fälle eine Arthroskopie durchgeführt wurde. Dementsprechend wurde von Patel et al. [19] gemutmaßt, ob es sich bei dem Erkrankungsbild der SPONK und der ONPK um eine identische Krankheit handelt, die lediglich zu verschiedenen perioperativen Zeitpunkten diagnostiziert wird. Beiden Erscheinungsformen der Osteonekrose ist die Assoziation mit einem degenerativen Meniskusschaden gemeinsam.

### Die klinischen und bildmorphologischen Befunde von SPONK und ONPK sind nahezu identisch.

Auch zeigen sowohl SPONK als auch ONPK häufig einen vergleichbaren phasenhaften Verlauf, der in späteren Krankheitsphasen irreversibel ist. Dementsprechend wurde für frühe Stadien der SPONK eine konservative, für spätere Stadien eine operative Behandlung empfohlen [26].

ONPK unterscheidet sich von SPONK nicht in Bezug auf die Lokalisation der Läsion. Die simultane Mitbeteiligung von medialem Femurkondylus und dem gleichseitigem Tibiaplateau oder dem kontralateralen Kompartiment stellt bei beiden Erscheinungsformen die Ausnahme dar.

In Bezug auf die Geschlechterverteilung und den Altersgipfel zeigen sich Unterschiede zwischen SPONK- und ONPK-Patienten, da SPONK-Patienten in der Regel >60 Jahre und weiblichen Ge-

schlechts waren (Männer:Frauen im Verhältnis 1:5 [20]). Die ONPK scheint dagegen Patienten jeden Alters unabhängig ihres Geschlechts zu betreffen [2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14].

### Klassifikation der ONPK

Es gibt keine Klassifikation für die ONPK. Klinik, bildgebende Befunde und die Neigung zur Progression zu einem irreversiblen Stadium sind für SPONK und ONPK identisch. Daher scheinen die bestehenden Klassifikationen der spontanen Osteonekrose auch für die Beschreibung der ONPK zu passen. Aglietti et al. [27] teilten den Verlauf der spontanen Osteonekrose anhand von Veränderungen auf konventionellen Röntgenbildern in 5 Stadien ein (■ Tab. 3, ■ Abb. 1a). Die Progression der Erkrankung – von der initialen Osteonekrose bis hin zur destrukturierenden sekundären Gonarthrose – ist häufig, sie kann aber in jedem Stadium spontan sistieren. Nur die frühen Stadien der Erkrankung können reversibel sein.

Eine modifizierte Klassifikation der SPONK nach Soucacos et al. [26] berücksichtigt den phasenhaften Verlauf der Osteonekrose kombiniert die pathologischen Veränderungen verschiedener Bildgebungsverfahren, um die für das jeweilige Stadium am besten geeignete Methode anzuwenden. Deshalb ist die stadiengerechte präoperative Diagnostik zur Diagnose einer SPONK wichtig (■ Tab. 4).

### Bildgebung der Osteonekrose

Die konventionelle Röntgendiagnostik ist bei spontan aufgetretenen Knieschmerzen

# Hier steht eine Anzeige.



die Methode der Wahl. Das betroffene Kniegelenk sollte in a.-p.- und seitlicher Projektion geröntgt werden. Darüber hinaus sollte bei Verdacht auf ein degeneratives Geschehen eine beidseitige p.-a.-Aufnahme der Kniegelenke in 30° Beugung durchgeführt werden (sog. Rosenberg-Aufnahme), mit der die Gelenkspalthöhe im lasttragenden Gelenkanteil im Seitenvergleich beurteilt werden kann. Auf konventionellen Röntgenbildern kann eine Klassifizierung der SPONK vorgenommen werden (■ **Tab. 3**). Nachteil des konventionellen Röntgens ist der Umstand, dass es in der frühen Phase der Erkrankung keine pathologischen Veränderungen zeigt.

Die *MRT* erlaubt bei schmerzhaften Gelenkerkrankungen eine simultane Evaluierung von Knorpel, subchondralem Knochen, Knochenmark, Kapsel, Ligamenten und umgebenden Weichteilen. Sie ist als einziges bildgebendes Verfahren in der Lage, das Knochenmark mit hoher Genauigkeit darzustellen und kann zwischen Knochennekrose und lebendem Knochenmark mit hoher Spezifität unterscheiden. Auch die potenzielle Vorstufe der Knochennekrose, das Knochenmarködem, kann außer im MRT mit keinem anderen bildgebenden Verfahren ausreichend genau dargestellt werden. Zwar erzeugt die Ischämie des Knochenmarks im Rahmen einer Osteonekrose charakteristische Signaländerungen im MRT [geringe Signalintensität im Vergleich zum gesundem Knochenmark in der T<sub>1</sub>-Sequenz und hohe Signalintensität der gleichen Region in der T<sub>2</sub>-Sequenz (■ **Abb. 1b**)]. Jedoch können diese Signaländerungen nicht nur ischämisch bedingt sein, sondern auch durch reaktive und mechanische Ursachen ausgelöst werden. Darüber hinaus weist die MRT-Methode ein diagnostisches Fenster auf, während dessen spezifische Zeichen einer frühen SPONK fehlen können.

## ► Pathognomonische Signalveränderungen im MRT

In einem Tiermodell demonstrierten Nakamura et al. [28], dass die MRT frühestens nach 4 Wochen Signalveränderungen im Sinne einer Osteonekrose zeigen kann. Lecouvet et al. [29] beschrieben in einer

klinischen MRT-Studie ein durchschnittliches diagnostisches Fenster von 8 Wochen. Ihnen gelang es erstmals, pathognomonische Signalveränderungen im MRT als Zeichen einer irreversiblen SPONK zu definieren (■ **Abb. 2**):

- eine subchondrale Region niedriger Signalintensität im T<sub>2</sub>-gewichteten Bild,
- eine umschriebene epiphysäre Konturumkehr und
- Linien niedriger Signalintensität in der Tiefe des Kondylus.

Weitere klinische Studien müssen zeigen, ob diese MRT-Kriterien eine bessere diagnostische Abgrenzung der SPONK zu ihren Differenzialdiagnosen ermöglicht.

Zur Zeit ist die genaue Dauer des diagnostischen MRT-Fensters zur Diagnostikstellung der SPONK im klinischen Alltag nicht exakt bekannt. Eine Zeitspanne von 6 Wochen zwischen Beschwerdebeginn und MRT-Diagnostik wird jedoch empfohlen [4].

Die *Skelettszintigraphie* in Dreiphasentechnik zeigt üblicherweise bei der SPONK eine Mehranreicherung im Bereich des betroffenen Kondylus, bevor pathognomonische Veränderungen im konventionellen Röntgenbild auszumachen sind. Ein diagnostisches Fenster zwischen Beschwerdebeginn und Nachweis der Mehranreicherung ist nicht bekannt. Die Sensitivität für Veränderungen des Knochenstoffwechsels ist hoch, ihre Spezifität für Osteonekrosen gering.

## Fazit für die Praxis

**Die Osteonekrose des postarthroskopischen Kniegelenks (ONPK) ist eine seltene Komplikation. Ihre Ätiologie ist unklar. Die wichtigste Differenzialdiagnose der ONPK ist eine vorbestehende, nicht diagnostizierte spontane Osteonekrose des Kniegelenks (SPONK). Aus forensischer Sicht sollte sich der arthroskopische Operateur der diagnostischen Schwierigkeiten zur Unterscheidung der beiden Erscheinungsformen der Osteonekrose bewusst sein. Bei spontan aufgetretenen Kniebeschwerden sollte vor einer geplanten Arthroskopie eine sich entwickelnde Osteonekrose ausgeschlossen werden. Soll präoperativ eine MRT**

**durchgeführt werden, ist das diagnostische Fenster der MRT-Methode zwischen Beschwerdebeginn und pathognomonischen Signaländerungen zu beachten. Da beide Nekroseformen einen ähnlich progredienten Verlauf aufweisen, sind ihre Spätfolgen häufig unabwendbar. Zur Beschreibung einer Osteonekrose nach Arthroskopie sollte der unverfängliche Begriff „Osteonekrose des postarthroskopischen Kniegelenks“ statt des forensisch bedeutsamen Ausdrucks der „postarthroskopischen Osteonekrose des Kniegelenks“ verwendet werden.**

## Korrespondenzadresse

**Dr. D. Pape**

Centre de l'Appareil Locomoteur,  
de Médecine du Sport et de Prévention,  
Centre Hospitalier de Luxembourg –  
Clinique d'Eich,  
78, Rue d'Eich, 1460 Luxembourg  
Luxembourg  
dietrichpape@yahoo.de

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

## Literatur

1. Ahlbäck S, Bauer GCH, Bohné WH (1968) Spontaneous osteonecrosis of the knee. *Arthritis Rheum* 11: 705–733
2. Brahma SK, Fox JM, Ferkel RD et al. (1991) Osteonecrosis of the knee after arthroscopic surgery: diagnosis with MR imaging. *Radiology* 178: 851–853
3. Faletti C, Robba T, de Petro P (2002) Postmeniscectomy osteonecrosis. *Arthroscopy* 18: 91–94
4. Johnson TC, Evans JA, Gilley JA, DeLee JC (2000) Osteonecrosis of the knee after arthroscopic surgery for meniscal tears and chondral lesions. *Arthroscopy* 16: 254–261
5. Muscolo DL, Costa-Paz M, Makino A, Ayerza MA (1996) Osteonecrosis of the knee following arthroscopic meniscectomy in patients over 50-years old. *Arthroscopy* 12: 273–279
6. Athanasian EA, Wickiewicz TL, Warren RF (1995) Osteonecrosis of the femoral condyle after arthroscopic reconstruction of a cruciate ligament. Report of two cases. *J Bone Joint Surg Am* 77: 1418–1422
7. Herber S, Runkel M, Pitton MB et al. (2003) Indirect MR-arthrography in the follow up of autologous osteochondral transplantation. *Rofo* 175: 226–233
8. Pape D, Seil R, Anagnostakos K, Kohn D (2007) Postarthroscopic osteonecrosis of the knee. *Arthroscopy* 23: 428–438
9. Fink B, Schneider T, Braunstein S et al. (1996) Holmium: YAG laser-induced aseptic bone necroses of the femoral condyle. *Arthroscopy* 12: 217–223
10. al Kaar M, Garcia J, Fritschy D, Bonvin JC (1997) Aseptic osteonecrosis of the femoral condyle after meniscectomy by the arthroscopic approach. *J Radiol* 78: 283–288
11. DeFalco RA, Ricci AR, Balduini FC (2003) Osteonecrosis of the knee after arthroscopic meniscectomy and chondroplasty: a case report and literature review. *Am J Sports Med* 31: 1013–1016
12. Kusayama T (2003) Idiopathic osteonecrosis of the femoral condyle after meniscectomy. *Tokai J Exp Clin Med* 28: 145–150
13. Prues-Latour V, Bonvin JC, Fritschy D (1998) Nine cases of osteonecrosis in elderly patients following arthroscopic meniscectomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6: 142–147
14. Santori N, Condello V, Adriani E, Mariani P (1995) Osteonecrosis after arthroscopic medial meniscectomy. *Arthroscopy* 11: 220–224
15. Yao L, Stanczak J, Boutin RD (2004) Presumptive subarticular stress reactions of the knee: MRI detection and association with meniscal tear patterns. *Skeletal Radiol* 33: 260–264
16. Fukuda Y, Takai S, Yoshino N et al. (2000) Impact load transmission of the knee joint-influence of leg alignment and the role of meniscus and articular cartilage. *Clin Biomech* 15: 516–521
17. Kobayashi Y, Kimura M, Higuchi H et al. (2002) Juxta-articular bone marrow signal changes on magnetic resonance imaging following arthroscopic meniscectomy. *Arthroscopy* 18: 238–245
18. Muscolo DL, Costa-Paz M, Ayerza M, Makino A (2006) Medial meniscal tears and spontaneous osteonecrosis of the knee. *Arthroscopy* 22: 457–460
19. Patel DV, Breazeale NM, Behr CT et al. (1998) Osteonecrosis of the knee: current clinical concepts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6: 2–11
20. Pape D, Seil R, Fritsch E et al. (2002) Prevalence of spontaneous osteonecrosis of the medial femoral condyle in elderly patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 10: 233–240
21. Yamamoto T, Bullough PG (2000) Spontaneous osteonecrosis of the knee: the result of subchondral insufficiency fracture. *J Bone Joint Surg Am* 82: 858–866
22. Green LM, King JS, Bianski BM et al. (2006) In vitro effects of 3 common arthroscopic instruments on articular cartilage. *Arthroscopy* 22: 300–307
23. Christoforakis J, Pradhan R, Sanchez-Ballester J et al. (2005) Is there an association between articular cartilage changes and degenerative meniscus tears? *Arthroscopy* 21: 1366–1369
24. Pape D, Seil R, Kohn D, Schneider G (2004) Imaging of early stages of osteonecrosis of the knee. *Orthop Clin North Am* 35: 293–303
25. Hofmann S, Kramer J, Vakil-Adli A et al. (2004) Painful bone marrow edema of the knee: differential diagnosis and therapeutic concepts. *Orthop Clin North Am* 35: 321–333
26. Soucacos PN, Xenakis TH, Beris AE et al. (1997) Idiopathic osteonecrosis of the medial femoral condyle. Classification and treatment. *Clin Orthop* 8: 82–89
27. Aglietti P, Insall JN, Buzzi R, Deschamps G (1983) Idiopathic osteonecrosis of the knee. Aetiology, prognosis and treatment. *J Bone Joint Surg Br* 65: 588–597
28. Nakamura T, Matsumoto T, Nishino M et al. (1997) Early magnetic resonance imaging and histologic findings in a model of femoral head necrosis. *Clin Orthop* 334: 68–72
29. Lecouvet FE, van de Berg BC, Maldague BE et al. (1998) Early irreversible osteonecrosis versus transient lesions of the femoral condyles: prognostic value of subchondral bone and marrow changes on MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 170: 71–77