

## Klinische und sonographische Meniskusdiagnostik

J. Grifka<sup>1</sup>, J. Richter<sup>2</sup> und M. Gumtau<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Orthopädische Universitätsklinik im St. Josef-Hospital (Direktor: Prof. Dr. J. Krämer), Bochum

<sup>2</sup> Chirurgische Universitätsklinik „Bergmannsheil“ (Direktor: Prof. Dr. G. Muhr), Bochum

### Clinical and ultrasound examination in the diagnosis of meniscal tears

**Summary.** Clinical examination still plays an important role in diagnosing meniscal tears. The types of sensitive nerves in the knee joint are responsible for nonspecific pain, which is often correlated with too little specificity in meniscal tests. Ultrasound examination of meniscal structures of the knee joint has been debated extensively in recent years. Criticism of this noninvasive technique was due to small patient groups, improper technical and inaccurate manual standards. Since 1988 ultrasound of the tibial meniscus has become a standard technique in our Department of Orthopaedic Surgery with defined criteria of the intersecting plane and evaluation of ultrasound images. A prospective follow-up study during 6/1988 and 5/1993 including 1186 ultrasound examinations before arthroscopy, was performed. The sensitivity for ultrasound of the lateral meniscus was 58% and for the medial meniscus 83%. Specificity with 98% for the lateral and 90% for the medial meniscus was good. Sonographic detection of meniscal tears depends on the shape and location of meniscal tears. This has been shown by experimental studies in cadavers. A follow-up study including 113 knee joints was performed to prove the value of clinical and ultrasound examination in relation to arthroscopy. The sensitivity of sonography for medial meniscus was 81% and 40% for the lateral meniscus. Although the sensitivity of the clinical examination was 81% (medial) and 47% (lateral), the low specificity of 70% for medial meniscus tears indicated that it was because of false-positive clinical evaluation of meniscal disorders. In young patients with reflectory muscle spasm and those with acute trauma of the knee joint, clinical examination of the meniscal structures showed poor results. In these cases, too, ultrasound examination showed advantages. Ultrasound of the knee joint meniscus is noninvasive, reproducible and low cost. In cases of uncertain clinical results, ultrasound offers a good opportunity to visualize meniscal disorders.

**Key words:** Tibial meniscus – Ultrasound – Knee joint – Clinical examination – Nerve structures – Cadaver examination.

**Zusammenfassung.** Für die Diagnostik von Meniskusläsionen ist die klinische Untersuchung mit Durchführung sog. Meniskustests unverzichtbar. Gleichwohl sind die Besonderheiten der nervalen Versorgung und die daraus resultierende unzureichende Spezifität verschiedener Meniskustests in der klinischen Prüfung zu berücksichtigen. Die Meniskussonographie wird seit einigen Jahren kontrovers diskutiert. Kritiker verweisen oft auf Untersuchungen mit kleinen Fallzahlen, ohne definiertes Vorgehen und ohne stichhaltige Beurteilungskriterien für die Bildauswertung. Seit 1988 wird in der Orthopädischen Universitätsklinik, St. Josef-Hospital, Bochum, bei standardisierter Vorgehensweise und eindeutig festgelegten Beurteilungskriterien die präarthroskopische Meniskussonographie durchgeführt. Eine prospektive Studie mit 1186 Meniskussonographien (6/88–5/93) belegt bei einer guten Sensitivität (lateraler Meniskus: 58%; medialer Meniskus: 83%) und ausgezeichneten Spezifität (lateral: 98%; medial: 90%) eine gute Beurteilungsmöglichkeit für Rißläsionen. Dabei zeigen sich deutliche Unterschiede der Treffgenauigkeit in Abhängigkeit von der Rißart und -lokalisation. Dies hat sich durch experimentelle Untersuchungen bestätigt. Um eine vergleichende Betrachtung klinischer Untersuchungstests und der sonographischen Meniskusdiagnostik vornehmen zu können, wurden 113 Kniegelenke prospektiv, sowohl klinisch als auch sonographisch, befundet. Die Sensitivität der Ultraschalluntersuchung betrug medial 81%, lateral 40%. Obwohl die klinische Untersuchung eine Sensitivität von 81% (medial) und 47% (lateral) zeigte, resultierte wegen falsch-positiver klinischer Beurteilungen eine niedrige Spezifität von 70% für Risse des medialen Meniskus. Bei jungen Patienten mit schmerzhafter Bewegungseinschränkung und Patienten mit akuten Kniegelenktraumen war die klinische Untersuchung eingeschränkt. In diesen Fällen bestätigte sich ebenso der Vorteil der sonographischen Untersu-

schung. Aufgrund ihrer schnellen Verfügbarkeit, Nichtinvasivität und geringer Untersuchungskosten hat sich die Meniskussonographie mit definierten Vorgehens- und Beurteilungskriterien bei uns zum wertvollen, ergänzenden Diagnostikum entwickelt.

**Schlüsselwörter:** Meniskussonographie – klinische Untersuchung – Kapselinnervation – Beurteilungskriterien – experimentelle Untersuchungen.

## Klinische Diagnostik

### Anamnese

Während i. allg. die anamnestische Erhebung mit Ermittlung des Schmerzcharakters, bewegungs- und belastungsabhängiger Symptomatik und gegebenenfalls Rekonstruktion eines Unfallmechanismus für eine vorliegende Läsion richtungsweisend sind, ist die *anamnestische Erhebung bei Meniskusrissen nur eingeschränkt verwertbar*. Als Grund hierfür kann angesehen werden, daß echte traumatische Meniskusrisse selten sind [24] und somit kein typischer singulärer Verletzungsmechanismus angegeben werden kann [14]. Bei den üblicherweise degenerativ bedingten Läsionen kann eine große Variabilität der individuellen, parameniskalen Veränderungen vorliegen. Außerdem kann die subjektive Beschwerdesymptomatik recht unterschiedlich ausgeprägt sein [10].

### Differentialdiagnostische Abgrenzung

Angesichts der unzureichenden anamnestischen Hinweise kommt der manuellen Untersuchung für die klinische Beurteilung um so größere Bedeutung zu. Klinisch ist zunächst die Beschwerdesymptomatik von einer *hypertrophen Plica mediopatellaris* abzugrenzen, die als derber Strang bei leichter Kniebeugung zu palpieren ist [9]. Eine *Kniegelenkinstabilität* kann durch die verschiedenen Provokationstests geprüft werden [4, 35]. Ebenso kann aber auch eine *Arthrose*, besonders in frühen Stadien, zu nicht eindeutig abgrenzbaren ähnlichen Auffälligkeiten führen, wie Meniskusläsionen [5]. Schließlich muß eine *Distorsion* des Kniegelenks mit Druckschmerhaftigkeit besonders im Verlauf und Ansatzbereich der Seitenbänder ausgeschlossen werden [13].

### Manuelle Testverfahren

In systematischer Unterteilung werden die üblichen klinischen und manuellen Prüfverfahren, einerseits nach Kompressionstests, andererseits nach Bewegungstests, unterschieden [11].

Der klassische *Kompressionstest* ist die Ab- und Adduktionsprüfung nach Böhler [6] mit Druckprovokation des Meniskus durch Aufeinanderpressen der tibiofemoralen Gelenkanteile bei gestrecktem Knie.

**Tabelle 1.** Sensitivität/positiver Vorhersagewert (in Prozent) von Meniskustests nach Steinbrück und Wiedemann [32]

Steinmann I:	42/51
Steinmann II:	13/76
Payr:	39/53
Apley:	46/55
McMurray:	35/55
Druckschmerz med Gelenkspalt	74/48

Bei dem Payr-Zeichen [25] sitzt der Patient im Schneidersitz. Bereits durch diese Position werden Hinterhorn und Pars intermedia des Innenmeniskus unter vermehrte Kompression gebracht. Zusätzlich kann das Kniegelenk noch mit der Hand in Richtung Unterlage gedrückt werden, wodurch die Kompression erhöht wird.

Ebenso kann durch maximale Beugung des Kniegelenks die resultierende Druckverstärkung auf die Hinterhörner von Innenmeniskus und Außenmeniskus als Kompressionstest genutzt werden oder auch eine maximale Überstreckung des Gelenks mit Druckvermehrung auf das Vorderhorn von Innen- und Außenmeniskus durchgeführt werden.

Mit *Bewegungstests* wird das Ziel verfolgt, Meniskusanteile durch Scherbewegungen zu verschieben. Beim Steinmann-I-Zeichen wird nach Angabe des Beschreibers [33] bei Außenrotation der Innenmeniskus und bei Innenrotation der Außenmeniskus unter Scherbeanspruchung gebracht.

Das Steinmann-II-Zeichen [33] provoziert einen wandernden Schmerz am Gelenkspalt bei Beugung und Streckung des Kniegelenks.

Beim Apley-Zeichen [1] kann zusätzlich zur Rotationsbewegung noch eine Druckkraft auf das Kniegelenk ausgeübt werden. Während der Patient in Bauchlage ruht und der Unterschenkel vertikal aufgestellt ist, wird der Unterschenkel unter Druckeinwirkung im Kniegelenk rotiert.

Das weniger gebräuchliche McMurray-Zeichen [22] wird als positiv gewertet, wenn aus maximaler Beugung bei passiver Streckung und Außenrotation ein Schnakeln provoziert werden kann.

### Aussagekraft der Meniskustests im Literaturvergleich

Die Verlässlichkeit dieser Tests ist verschiedentlich untersucht worden. Kotzlowski u. Majewski [19] geben bei einem Untersuchungsgang mit 5 verschiedenen Meniskustests eine beachtliche Quote von *Fehldiagnosen* an. Der Prozentsatz eines positiven Testbefunds bei vorliegender Meniskusläsion schwankte zwischen 42,5 und 82,7%. Falsch-positive Testergebnisse lagen in einem ebenso breiten Bereich von 46,6–83,3% vor.

Eine genauere Aufschlüsselung findet sich bei Steinbrück u. Wiedemann [32], die Prozentsätze für Sensitivität bzw. positiven Vorhersagewert angeben (Tabelle 1).

In Addition sämtlicher Testergebnisse mit zusätzlicher Berücksichtigung anderer Untersuchungsbefunde

werden schließlich 91%/55 % für eine Innenmeniskusläsion und 58%/61 % für eine Läsion des Außenmeniskus angegeben.

Fowler u. Lubliner [10] fanden für das unspezifische Zeichen einer Druckschmerhaftigkeit am Gelenkspalt bei Meniskusläsion eine Sensitivität von 85,5 %, bei einer Spezifität von nur 29,4 %. Schmerz bei forciertener Beugung zeigte eine Sensitivität von 50 % und eine Spezifität von 68,2 %. Bei geringerer Sensitivität des McMurray-Tests und eines Streckdefizits zeigte sich hierfür eine Spezifität von 95,3 und 84,7 %. Der Apley-Test wurde als sehr unzuverlässig beurteilt. Bei ihrer prospektiven Studie haben Fowler u. Lubliner [10] bereits diejenigen Patienten ausgeschlossen, die nach Distorsionstrauma eine akute Beschwerdesymptomatik des Kniegelenks zeigten. Explizit weisen Sie darauf hin, daß subjektive Beschwerdesymptomatik bei 2 maliger Untersuchung z. T. unterschiedlich angegeben wird.

Kotzlowski u. Majewski [19] sehen außer der Zeitspanne der bestehenden Beschwerdesymptomatik auch die Art der Meniskusläsion und deren Lokalisation als Einflußgrößen für Fehldiagnosen.

So besteht also neben der differentialdiagnostischen Abgrenzung anderer pathologischer Veränderungen des Kniegelenks auch die Unsicherheit der Erhebung des richtigen Befunds durch sog. Meniskustests.

## Nervale Versorgung

Der entscheidende Grund für die nur unzureichende Korrelation zwischen meniskalen Läsionen und der Schmerzprovokation durch verschiedene Tests ist darin zu sehen, daß der Meniskus lediglich über seinen Basisanteil mit nervalen Strukturen der Kapselregion in Verbindung steht.

Im allgemeinen wird davon ausgegangen, daß die Schmerzperzeption über Mechanorezeptoren im perimeniskalen Kapselgewebe stattfindet [2]. Mikromorphologische Untersuchungen zeigen jedoch, daß die sensiblen Endstrecken der schwach myelinisierten *Gruppe III (A-Delta)-Fasern* und der nicht-myelinisierten *Gruppe-IV (C)-Afferenzen* für die Nozizeption eines Gelenks verantwortlich sind, wie am Beispiel der Kniegelenkkapsel nachgewiesen [17]. Diese mit 1,0–1,5  $\mu\text{m}$  (Gruppe III) und 0,3–0,6  $\mu\text{m}$  (Gruppe IV) extrem dünnen, nicht korpuskularen Nervenendigungen verlaufen in Afferenz zu kleinsten Kapillaren durch das Bindegewebe und sind mit Mitochondrien, Glykogenpartikeln und Vesikeln bestückt [16]. Gruppe-II-Afferenzen spielen dagegen keine Rolle für die Nozizeption, sondern dienen im Gegensatz dazu der Druck- und Bewegungssensation in normalen wie entzündlich veränderten Gelenken, wie experimentelle Untersuchungen zeigen [7]. Mechanorezeptoren und anderen korpuskularen Nervenendigungen wird nach diesen neueren ultrastrukturellen Untersuchungen keine Bedeutung für die Schmerzsensation beigemessen. Der nozizeptiven Funktion der freien Nervenendigungen wird die Wahrnehmung der akuten Gelenkschmerhaftigkeit wie auch der Hyperalgesie und schlechten Schmerzlokalisationen bei

J. Grifka et al.: Klinische und sonographische Meniskusdiagnostik  
synovialitischer Inflammation zugeschrieben. Darüber hinaus bestimmen sie die fortgeleitete Schmerzsymptomatik (referred pain), die die diffuse Schmerhaftigkeit des Gelenks mit Projektion in Hautareale wie auch tiefe Strukturen bedingt [29].

So können Meniskustests, die auf rein mechanische Vorstellungen basieren und die Menisken unter Kompression bringen oder Bewegungsempfindlichkeiten ausnutzen sollen, nur über einen unspezifischen, uniformen Wirkmechanismus der Befunderhebung dienen. Aufgrund der aufgezeigten nozizeptiven Verhältnisse, die im wesentlichen von der synovialitischen Begleitkomponente abhängig sind, wird bei sämtlichen Tests die Schmerzprovokation durch die zusätzliche Reizung des entzündlich veränderten läsionsnahen Kapselgewebes hervorgerufen. Die Schwelle der Irritation und damit der Empfindlichkeit kann individuell unterschiedlich sein, wird durch den Zeitraum beeinflußt, den die Läsion bereits besteht [34] und kann schließlich ebenso durch alle anderen Kniegelenkveränderungen hervorgerufen werden, die eine Reizung des Synovialis- bzw. Kapselgewebes verursachen. Außerdem ist die Schmerzzuordnung aufgrund anatomisch-physiologischer Gegebenheiten, Weiterleitung und diffuser Projektionen lediglich eingeschränkt möglich. Entsprechend besteht der Wunsch nach einer weitergehenden, differenzierenden Untersuchungstechnik, um einen eventuellen, operativen Eingriff auf eine möglichst zuverlässige Diagnostik zu stützen.

## Sonographische Technik und Befundung

Nach Veröffentlichungen von Dragonat u. Claussen [8], Selby et al. [27, 28] sowie Sohn et al. [30, 31] haben wir 1988 die Meniskussonographie aufgenommen und begleitend experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Seit Juni 1988 überprüfen wir die sonographischen Ergebnisse durch arthroskopische Befundung in einer prospektiven Studie.

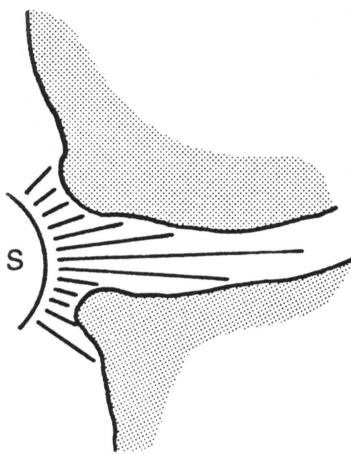
## Technische Voraussetzungen und Grundlagen

Auch bei allgemeiner Vertrautheit mit der Sonographie als diagnostischem Verfahren der Weichteilbeurteilung in der Orthopädie sind bei der Meniskusdarstellung einige Besonderheiten zu berücksichtigen.

Für die Meniskussonographie ist ein *Sektorschallkopf* unentbehrlich [3], um bei einer kleinen Auflagefläche des Transducers den Kniegelenkspalt mit Hilfe des divergierenden Strahlenverlaufs einsehen zu können (Abb. 1).

Ein grundsätzlicher technischer Unterschied ist zwischen mechanischen und elektronischen Sektorschallköpfen zu sehen:

- Bei einem mechanischen Sektorscan pendelt ein Piezokristall ständig über die schallaktive Fläche des Scanners. Nach der Impuls-Echo-Methode werden dabei repetitiv Schallwellen ausgesendet und empfangen. Der frequenzabhängige Fokusbereich mit maximalem Auflösungsvermögen kann nicht entsprechend zu den vorgelagerten oder fehlenden Weichteilen verändert werden.
- Bei elektronischen Schallköpfen werden durch eine Vielzahl konvex angeordneter ortsständiger Schallelemente vergleichbar zum Linearschallkopf an jedem Punkt der schallaktiven Auflagefläche ständig Impulse ausgesandt und empfangen. Aufgrund der elektronischen Verschaltung ist der Fokusbereich variierbar.



**Abb. 1.** Der divergierende Strahlenverlauf beim Sektorschallkopf ermöglicht einen guten Einblick in den Gelenkspalt

Diese völlig unterschiedlichen technischen Voraussetzungen sind der Grund dafür, daß nicht allein die MHz-Zahl eines Sektorschallkopfes für die Strukturauflösung des Meniskusgewebes bedeutsam ist. So kann nach unserer Erfahrung beispielsweise mit einem elektronischen 5-MHz-Sektorschallkopf eine vergleichbare Abbildungsqualität zur Meniskussonographie erreicht werden wie bei einem 7,5-MHz-Sektorscan auf mechanischer Grundlage.

Die physikalischen Grundlagen der Ausbreitung von Ultraschallwellen im Gewebe können Phänomene bedingen, die zu Fehlbeurteilungen führen, wenn man sich nicht dessen bewußt ist [21]. Im allgemeinen werden diese auf physikalischen Gesetzmäßigkeiten basierenden Phänomene als *Artefakte* bezeichnet.

Hierzu gehören Wiederholungsechos, zu denen es kommt, wenn Ultraschallwellen zwischen 2 verschiedenen Grenzschichten pendeln. Dabei entstehen Mehrfachreflektionen, so daß die Schallwellen mit jeweils gleichmäßiger Verzögerung zum Schallkopf zurückkommen. Daraus entsteht schallkopffern ein sich in konstantem Abstand wiederholendes Echomuster.

Durchlaufen Schallimpulse Strukturen mit niedriger Schalldämpfung (z.B. Flüssigkeit), so erfolgt nur eine geringe Abschwächung der Schallwellen in diesem Medium. Aufgrund der dadurch geringeren Schallabsorption wird die Folgestruktur relativ echoreich dargestellt, was wie eine Schallverstärkung anmutet.

Ankopplungsfehler entstehen dadurch, daß der Schallkopf nicht genügend anliegt oder bei unzureichender Gelauftragung Luft vor dem Schallkopf zur Totalreflektion führt, so daß kein Echoimpuls in das Gewebe geleitet wird.

Sogenannte Bogenartefakte entstehen nur bei Verwendung eines Linearscans an der Eingangsebene des Gelenkspalts. Anstatt eines punktförmigen Echos kann dann an einer stark reflektierenden Grenzfläche eine bogenförmige Sichel entstehen.

### Untersuchungstechnik

Im Gegensatz zu der aufwendigeren Meniskussonographie beim liegenden Patienten mit Umwenden des Patienten und Lagerungskorrekturen kann eine einfachere Meniskusdarstellung am „hängenden Knie“ durchgeführt werden. Dazu sitzt der Patient leicht erhöht mit freischwebendem Unterschenkel. Der Untersucher sitzt vor dem Kniegelenk, das in dieser Position unmittelbar aus allen Richtungen zugänglich ist. Das Eigengewicht des Unterschenkels bewirkt einen Distensionseffekt auf das Kniegelenk. Die gewünschte Beugestellung oder auch Rotation des Unterschenkels, einschließlich dynamischer Untersuchung, kann beliebig vom Arzt durch Handführung eingestellt werden, ohne daß der Patient zu Positionsänderungen aufgefordert werden müßte oder die Lageung erklärmungsbedürftig wäre.

Um den Meniskus von der Basis bis zum inneren Rand überblicken zu können, ist eine *patientenbezogene Grundeinstel-*

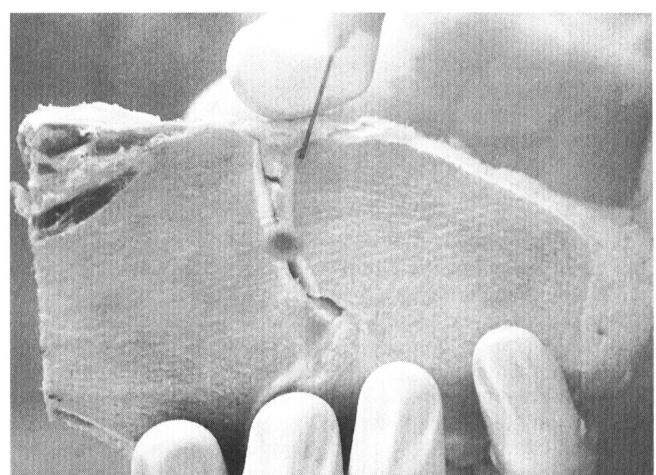
*lung des Geräts* hinsichtlich Schallintensität, Kontrasteinstellung und Fokusbereich erforderlich. Der in Unterschenkellängsrichtung ausgerichtete Schallkopf wird dann sukzessive am Gelenkspalt entlang geführt, um die Menisken in allen ihren Anteilen orthograd durchzumustern. In der klinischen Routine empfiehlt es sich, jeweils im Hinterhornbereich anzufangen. Hier ist auch für den Anfänger die schnellste Orientierung möglich. Stets sollte darauf geachtet werden, daß die Schnittebene mit der gewünschten Darstellung des Meniskus in Bildmitte bzw. in Richtung der Schallausbreitung übereinstimmt, da so der beste Einblick in den Kniegelenkspalt gegeben ist und so die gesamte Durchschallung des dreieckförmigen Meniskusquerschnitts gegeben ist.

### Experimentelle Prüfung

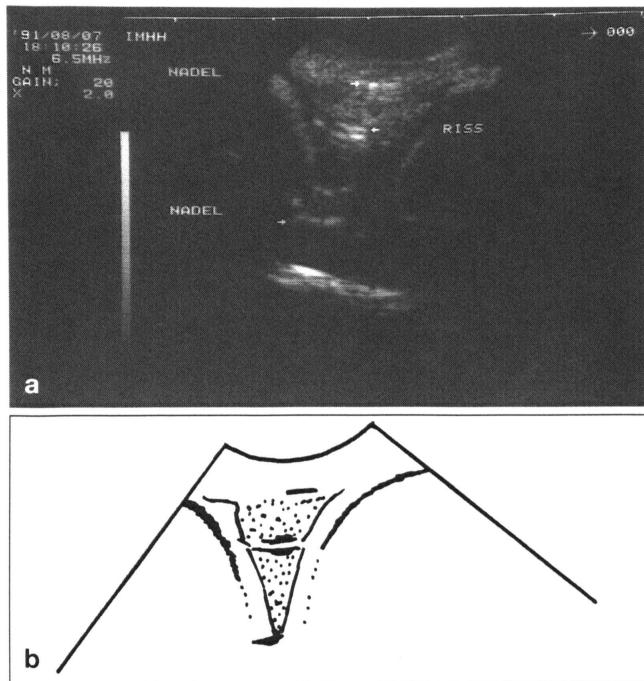
Um die Darstellbarkeit verschiedener Rißformen sowie degenerativer Veränderungen zu überprüfen, wurden isolierte Menisken als auch Kniegelenkpräparate mit Kapselstrukturen im Wasserbad geschallt. Diese Untersuchungen zeigen, daß die Menisken in *vollem Querschnitt* abgebildet werden können. Besondere Beachtung ist dem transversalen Meniskusdurchmesser zu schenken. Gerade bei homogenen, nur wenig echoreichen Meniskusinnenstrukturen besteht für den Ungeübten die Gefahr, den Meniskus nicht bis zum freien Rand im Schallbild darzustellen und zu beurteilen. Auch sei darauf hingewiesen, daß von Ungeübten leicht echoreiche Kapselanteile als Veränderungen der Meniskusinnenstruktur verkannt werden können. Für die Beurteilung des gesamten Meniskusauschnitts und Schlußfolgerung aus der sonographischen Abbildung ist es wichtig, sich über die Lokalisation der Basis, mit der oftmals femoralseitig vorgelagerten Umschlagfalte klar zu sein und die gesamte Ausdehnung des Meniskus abzuschätzen (Abb. 2, 3).

Eine Darstellung *iatrogen gesetzter Risse* im Wasserbad bestätigt die echoreichen Reflektionslinien bei Rißverläufen, die orthograd zur Schallausbreitung liegen. In dieser Weise sind komplett Längs-, Korbhenkel- und Zungenrisse problemlos als Strich- oder Doppelstrichreflektion zu erkennen. Auch ein iatrogener, inkompletter Längsriß von 1–2 mm Tiefe kann gut erfaßt werden. Ein genau quer zum Meniskuskörper verlaufender Quer- oder Radärriß kann nur bei schrägem Einfallsinkel der Schallwellen zur Darstellung gebracht werden. Dieser Riß zeigt sich dann als echogener Strich. Auch Horizontalrisse können wegen ihres Verlaufs parallel zur Ausbreitungsrichtung der Schallwellen nur durch ein Kippen des Schallkopfes, und zwar nach femoral oder tibial, als echogene Struktur dargestellt werden.

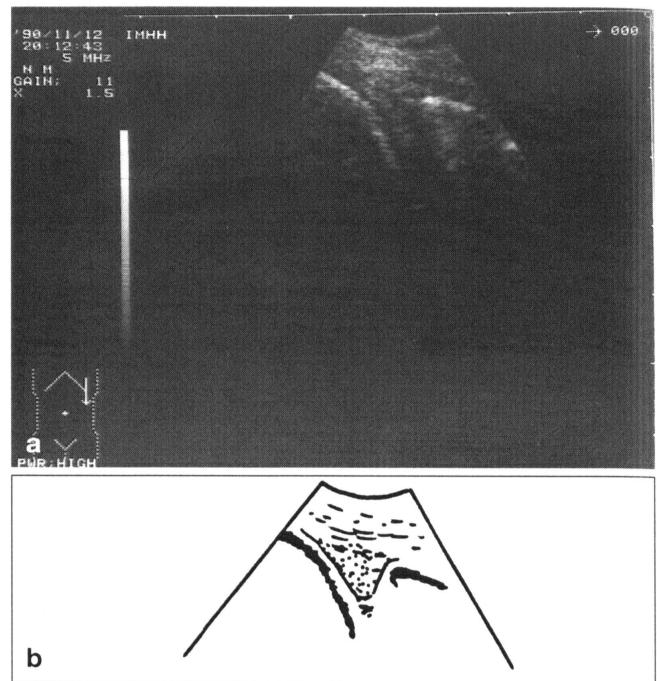
Um die Ultraschalldarstellung von Meniskusdegenerationen zu beurteilen und eine Abgrenzung zu Rißechogenitäten vorzu-



**Abb. 2.** Distanzbestimmung des transversalen Meniskusquerschnitts vom äußeren Basisanteil bis zur Spitze am Präparat



**Abb. 3a,b.** Sonographisches Bild analog zu Abb. 2. Der Riß stellt sich als Doppelstrichreflex dar



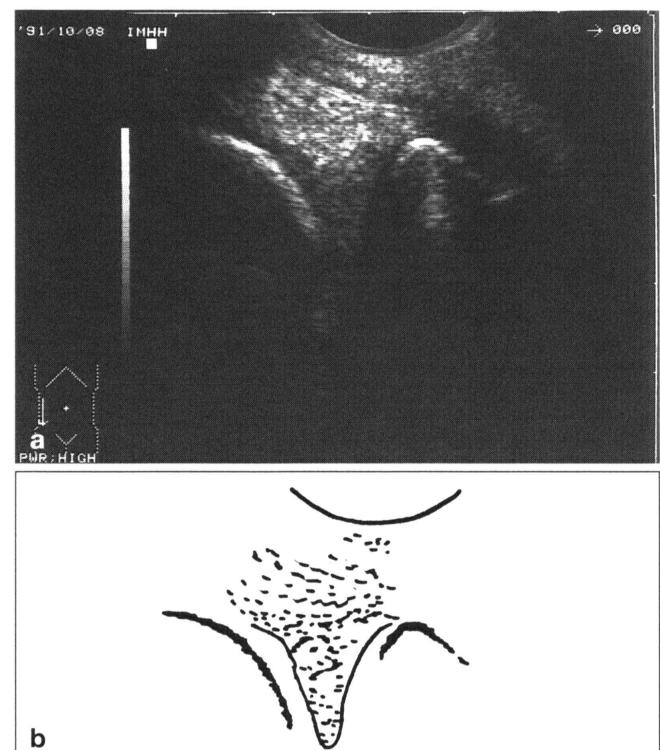
**Abb. 4a,b.** Sonographisches Bild eines 34jährigen Patienten. Geleinkspalt und Meniskus zentriert. Meniskuskontur gut abgrenzbar. Zur Meniskusspitze Doppelstrichecho bei Lappenriß bei sonst homogener Binnenstruktur

nehmen, wurden Menisken Verstorbener verschiedenen Alters sonographiert und anschließend histologisch aufgearbeitet. Hierbei zeigt sich, daß jüngere Erwachsene mit nur geringfügigen Degenerationen eine insgesamt homogene Echobinnenstruktur des Meniskusgewebes aufweisen. Dagegen findet sich bei älteren Menschen mit *degenerativen Gewebeveränderungen* der Meniskusbinnenstruktur eine zunehmend unregelmäßige Struktur mit vermehrten *echoarmen Arealen*.

Diese echoarmen Areale entsprechen gering schallreflektierenden, muzinösen Einlagerungen im Meniskusgewebe, die das histologische Zeichen der Degeneration darstellen. Diese sonographisch-histologischen Ergebnisse stehen im völligen Gegensatz zu den Angaben von Sohn u. Casser [31], die als Ultraschallkorrelat für degenerative Veränderungen diffuse, wolkige Reflektionsmuster vermehrter Echogenität angeben.

#### Beurteilungskriterien

Das sonographische Bild eines Meniskusrisses ist wie auch sonst in der Sonographie das Ergebnis eines Impedanzunterschieds, wodurch es bei orthograde Anschallung der Grenzfläche zu echoreichen Reflektionen kommt [15, 18]. In Abhängigkeit von der Anschallrichtung und der Dehiszenz der beiden getrennten Meniskusanteile zeigt sich die Reflektionsebene als *Strich- oder Doppelstrich* mit echoarmem Spalt (Abb. 4). Bei schrägen, nicht orthograd dargestellten oder unregelmäßigen, also gezackten oder leicht ausgefransten Grenzflächen (z. B. ältere Meniskusrisse), resultiert eine unregelmäßige Brechung der Ultraschallwellen und es treten vermehrt Streustrahlen auf. Dadurch ist die Reflektionsebene eines solchen Risses im Ultraschallbild weniger echoreich. Durch ein entsprechendes Verkippen des Schallkopfes gelingt auch bei prima vista nicht klar zu beurteilenden Rißreflektionen in der Regel eine orthograde Anschallung, die zur Rißdetection im Ultraschallbild verhilft. Eine Rißstruktur ist grundsätzlich *reproduzierbar*, von der Lokalisation her klar *intrameniskal* gelegen – zumeist in Meniskusmitte oder im Basisbereich. Die mit zunehmendem Alter auftretenden echoärmeren Areale mit ihrer

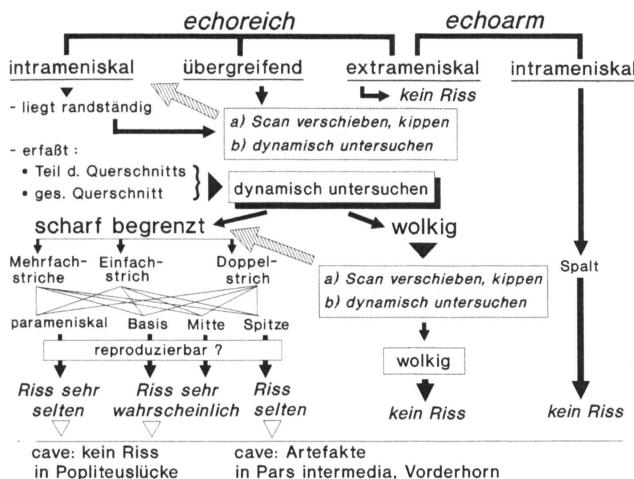


**Abb. 5a,b.** Sonographisches Bild eines 69jährigen Patienten. Geleinkspalt mit Meniskus zentriert. Inhomogenes Meniskusbinnenecho mit stellenweise deutlich verminderter Echogenität als Zeichen für degenerative intrameniskale Umbauvorgänge

**Tabelle 2.** Abgrenzung des sonographischen Erscheinungsbilds bei Meniskusrissen, -degenerationen und Artefakten. (Aus Grifka u. Richter [12])

Differentialdiagnose echoreicher Reflektionen bei der Meniskussonographie		
RiBchos	Degeneration	Falsch-positive Befunde
Scharf begrenzte, strichförmige, echoreiche, Reflektionsebenen	Echoarme Areale mit vergleichsweise echoreichen Umgebungsstrukturen	Teils scharf begrenzte, teils unscharfe echoreiche Reflektionsmuster
Echostärke entsprechend Kortikalisreflex	Geringere Echogenität als Kortikalis	Echogenität von unterschiedlicher Stärke
Zumeist als Doppelstrichfigur, z. T. als Einfachstrichecho, selten in Form mehrerer Striche	Nicht als helles Doppelstrichecho	Zumeist als Strichfigur
Bei erneuter Einstellung reproduzierbar	Reproduzierbar	Reproduzierbar, durch Schwenken des Scans zu identifizieren
Zumeist in Meniskusmitte oder -basis	Meist in basisnaher Lokalisation	Meniskusspitze, Meniskusbasis, außerhalb der Meniskusfigur

### Analyse von Reflektionsphänomenen



**Abb.6.** Die einzelnen Schritte des Flußdiagramms zeigen schematisch Vorgehen und Beurteilung von Echostrukturen bei der Meniskussonographie. (Aus Grifka u. Richter [12])

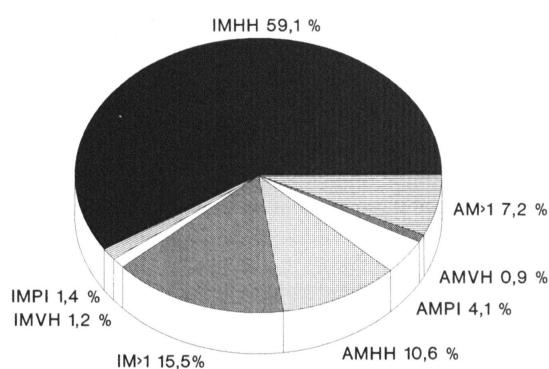
hierzu relativ echoreichen Umgebungsstrukturen sind meist basisnah lokalisiert und durch ein unregelmäßiges Reflektionsmuster gekennzeichnet (Abb.5).

Eine besondere Schwierigkeit besteht darin, Risse in überwiegend degenerativ veränderten Bereichen zu erkennen, die selbst eine ausgefranste RiBebene besitzen. Eine *dynamische Untersuchung* (geringe Bewegung des Unterschenkels in Rotation oder Flexion/Extension) erleichtert die Darstellung durch Dehiszenz der RiBanteile. Auch wenn eine Läsion des Meniskus bereits gerale Zeit zurückliegt – erfahrungsgemäß mehr als 6 Monate – erheblichen zeitlich abgelaufene, reparative Vorgänge die sonographische RiBdetektion. Grundsätzlich hilft für die RiBdetektion die Orientierung an sonographischen Kriterien, um eine Abgrenzung zu Degenerationsphänomenen oder sog. Artefakten vorzunehmen, die zu falsch-positiven Befunden führen können (Tabelle 2). Die Vorgehensweise zur RiBbeurteilung im Einzelfall wird durch die Schrittfolge der Untersuchung und Beurteilung, wie im nachfolgenden Flußdiagramm (Abb.6) erleichtert.

### Resultate und Diskussion

Von Juni 1988 bis Mai 1993 haben wir prospektiv ohne Kenntnis des klinischen Befunds präarthroskopisch bei 1186 Kniegelenken eine Meniskussonographie durchgeführt.

Die Darstellung erfolgte zunächst mit einem elektronischen 5-MHz-, ab Mitte 1990 mit einem 6,5-MHz-Sektorschallkopf (Fa. Picker). Das Alter der Patienten lag zwischen 12 und 89 Jahren (672 männlich, 514 weiblich; 613 rechts, 573 links) und war mit einem Altersdurchschnitt von 43,1 Jahren relativ hoch, wie es dem Patientenkollektiv für arthroskopische Eingriffe einer orthopädischen Klinik entspricht. Für mehr als die Hälfte der Patienten zeigte sich arthroskopisch auch eine Chondromalazie des medialen Kompartments und ebenso fand sich bei mehr als 50 % eine retropatellare Chondropathie. Bei 838 Patienten fand sich eine Meniskusläsion und zwar in 699 Fällen ein Innenmeniskusriss, in 206 Fällen ein Außenmeniskusriss; 67 Patienten zeigten sowohl einen Innenmeniskus- wie Außenmeniskusriss, so daß insgesamt 905 Meniskusrisse vorlagen. Die Verteilung zeigt eine deutliche Häufung der RiBlokalisation im Bereich des Innenmeniskushinterhorns (59,1 %) sowie eine Läsi-



**Abb.7.** Häufigkeitsverteilung der Meniskusrisslokalisierungen bezogen auf die Meniskussektoren ( $n = 905$ ) ( $>1$ : mehr als ein Meniskussektor vom RiB betroffen)

**Tabelle 3.** Häufigkeit der verschiedenen Rißformen (n = 905) (1 arthroskopisch verifizierte, 2 sonographisch erkannte, 3 Prozentsatz der sonographisch richtig erkannten Risse)

	Medial			Lateral			Gesamt		
	1	2	3 (in %)	1	2	3 (in %)	1	2	3 (in %)
Zungenrisse	184	171	93	42	39	93	226	210	93
Komplette Längsrisse	98	87	89	17	15	88	115	102	89
Inkomplette Längsrisse	56	39	70	15	7	47	71	46	65
Korbhenkelrisse	73	60	82	26	8	31	99	68	69
Degenerative Risse	202	167	83	39	23	59	241	190	79
Radiärriesse	42	28	67	46	19	41	88	47	53
Horizontalrisse	44	25	57	21	8	38	65	30	51
gesamt	699	577	83	206	119	58	905	996	77

**Tabelle 4.** Wertigkeit der Meniskussonographie bezogen auf die einzelnen Sektoren. Angaben zu Sensitivität, Spezifität, positivem Vorhersagewert (pVW) und negativem Vorhersagewert (nVW) aufgegliedert nach Meniskussektoren (HH, PI, VH, >1) sowie in Gesamtbetrachtung (ges.) für Innen- und Außenmeniskus (IM, AM) (n = 1186, alle Angaben in Prozent)

	Sensitivität	Spezifität	pVW	nVW
IMHH	88	97	97	91
IMPI	54	99	78	99
IMVH	64	99	70	99
IM>1	66	98	85	96
IM gesamt	83	90	91	79
AMHH	67	99	93	97
AMPI	43	99	80	98
AMVH	38	99	60	99
AM>1	55	99	80	97
AM gesamt	58	98	86	91

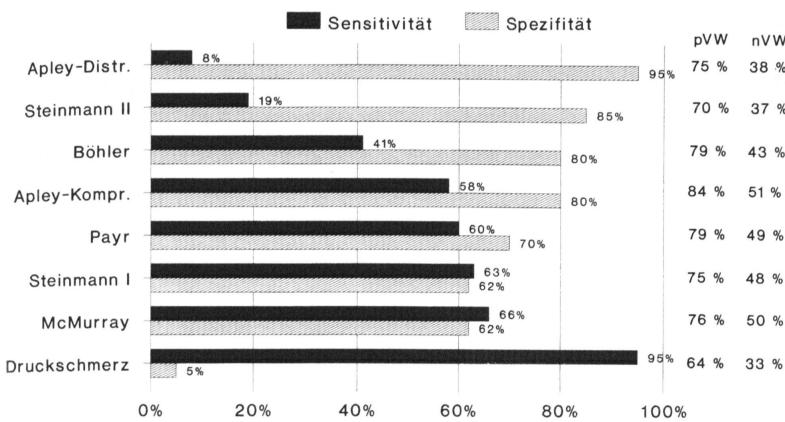
onsausdehnung, die mehr als einen Meniskussektor be traf (15,5%) (Abb. 7).

Eine Auflistung der sonographisch festgestellten Rißformen zeigt deutlich, daß entsprechend der Rißver laufsrichtung solche Risse besser erkannt werden, die orthograd zur Schallausbreitungsrichtung verlaufen (Tabelle 3). Grundsätzlich wurden Läsionen im Bereich des Innenmeniskus sonographisch deutlich besser erkannt. Anatomische Besonderheiten sind bei der sonographischen Darstellung des Außenmeniskus am Übergangsbereich zwischen Hinterhorn und Pars intermedia und am Vorderhorn zu berücksichtigen. Durch die Popliteuslücke entstehen doppelte Reflektionen, so daß der Meniskus in diesem Bereich oft nur unvollständig einge sehen werden kann. Der Einblick kann nur durch seitliche Kippung des Schallkopfes verbessert werden. Die Pars intermedia von Innen- wie Außenmeniskus kann aufgrund der Enge des Gelenkspalts mitunter nur un genügend eingesehen werden und die Schallkopfpositio nierung kann erschwert sein. Um Artefakte zu erkennen empfiehlt sich in diesen Fällen eine dynamische Untersuchung mit Anschallung des Meniskus bei Rotation des Unterschenkels. Hierbei können auch am ehesten durch chondromalazische Veränderungen bedingte Reflektionen an der femoralen und tibialen Begrenzung des

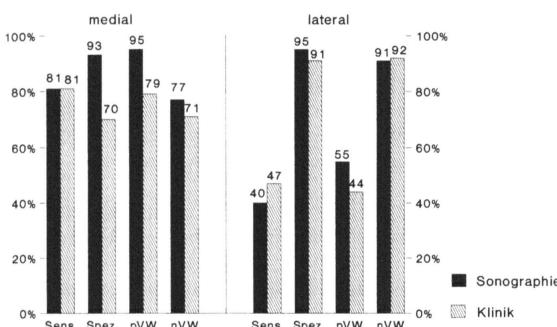
Meniskusdreiecks erkannt werden. Im Vorderhornbereich von Innen- wie Außenmeniskus bedingen die vor gelagerten Hoffa-Anteile Reflektionen bedingen, die die Beurteilung erschweren. Bei Hypertrophie des Hoffa-Fettkörpers zeigen sich teilweise Reflektionen, die bis über den Meniskusbasisanteil reichen. Zur Überprüfung bei Unklarheiten hilft eine leichte Verkipfung des Schallkopfes nach proximal oder distal sowie eine dyna mische Untersuchung mit geringer Flektions-/Extens ionsbewegung des Kniegelenks. Der Bereich des Innenmeniskushinterhorns ist sonographisch am besten darzustellen. Die Auflistung entsprechend der betroffenen Meniskussektoren (Tabelle 4) zeigt, daß Sensitivität und positiver Vorhersagewert für Risse des Innenmeniskushinterhorns am höchsten sind. Somit ist die Aussage kraft der Meniskussonographie für die häufigste Rißlokalisation als gut zu bezeichnen. Insbesondere ist herauszustellen, daß die Meniskussonographie vor allem bei jüngeren Patienten und denen ohne arthrotische Ge lenkveränderungen zuverlässige Ergebnisse zeigt. Auch für das Gesamtkollektiv unserer Untersuchung, das ei nen relativ hohen Altersdurchschnitt hat, sind die hohen Werte der Spezifität für Innen- wie Außenmeniskus Be leg dafür, daß aufgrund der definitorischen Festlegung der Rißkriterien und der gewählten Vorgehensweise eine gute Zuverlässigkeit erreicht wird. Bei vielen Studien mit kleiner Fallzahl liegt ein Problem darin, daß die Meniskussonographie ohne Festlegung auf mittlerweile definierte Rißkriterien versucht wird und auch deswegen zu Beginn der Lernkurve besondere Schwierigkeiten entstehen [20, 23].

#### Vergleichende prospektive Studie – Klinische bzw. sonographische Befundung

Um nicht nur die eigenen Ergebnisse der sonographischen Untersuchung mit den Angaben der Literatur zur klinischen Befundung bei Meniskusrissen zu vergleichen, wurde eine Dissertation vergeben, bei der erfahrene Stationsärzte die Rißbefundung nach klinischer Untersuchung vornahmen und eine Doktorandin nach Einweisung in die sonographische Technik und Erlernen der Beurteilungskriterien die präarthroskopische Ultra



**Abb. 8.** Angaben zu Sensitivität und Spezifität der klinischen Untersuchung bei verschiedenen Meniskustests, sowie positiver (pVW) und negativer Vorhersagewert (nVW) bei einer vergleichenden klinisch-sonographischen Untersuchung ( $n=113$ , 73 Kniegelenke mit Meniskusrissen)



**Abb. 9.** Vergleichende Darstellung der Wertigkeit von klinischer und sonographischer Untersuchung, jeweils für Innen- und Außenmeniskus aufgeschlüsselt ( $n=113$ , Abkürzungen s. Abb. 8)

schalldiagnostik mit Befunddokumentation durchführte. Dabei wurden 113 Patienten (61 männlich, 52 weiblich; 15–78 Jahre; Durchschnitt 47 Jahre; 61 rechts, 52 links) am Tage vor der Kniegelenkarthroskopie einer definierten klinischen Untersuchung mit ausführlicher Testbatterie sowie einer Meniskussonographie mit Anwendung der vorgenannten Kriterien unterzogen.

Der *klinische Befund* der präarthroskopischen Untersuchung wurde als positiv bewertet, wenn mindestens 3 verschiedene, sog. spezifische Meniskuszeichen auszulösen waren. Der Vergleich des klinischen Untersuchungsbefunds mit dem arthroskopischen Ergebnis, das bei 73 Patienten (82 Risse, 67 medial, 15 lateral) einen Meniskusriss zeigte, ist in Abb. 8 dargestellt. Die vergleichende Darstellung zeigt, daß die Provokation des Druckschmerzes im Bereich des Gelenkspalts am häufigsten positiv ist, wie auch Steinbrück u. Wiehmann [32] herausstellen, jedoch ebenso häufig auch ohne zugrundeliegenden Riß positiv ausfällt. Von den Meniskuszeichen sind Steinman-I-, McMurray-, Payr- und Apley-Kompressionstest bei etwa 60% richtig-positiv; von den arthroskopisch negativen werden jedoch zwischen 20 und 38% klinisch falsch-positiv bewertet. Die anderen geprüften Meniskustests erweisen sich als unzureichend für die klinische Rißdiagnostik.

Für die Festlegung der klinischen Befundung erweist sich somit die *Kombination verschiedener Tests* als sinnvolles Vorgehen. Jeder einzelne Test der sog. spezifischen Meniskustests hat eine nur geringe Sensitivität.

Die Werte der Gesamtbeurteilung bei Kombination verschiedener Tests zeigt Abb. 9.

Für die Meniskussonographie zeigt sich in dieser Studie mit relativ kleiner Fallzahl die geringste Sensitivität für den Außenmeniskus mit einem Gesamtwert von 40%. Für den Innenmeniskus beträgt der Gesamtwert der Sensitivität 81%. Die Spezifität liegt dabei über 90%. Die überwiegende Mehrzahl der Risse wird also sicher erkannt (Abb. 9).

Eine Aufgliederung nach verschiedenen Rißformen zeigt, daß Radiärisse in der klinischen wie sonographischen Untersuchung gleich schlecht diagnostiziert wurden (50% richtig-positiv). Bei Horizontalrissen war die Klinik der Sonographie überlegen. Die schlechten sonographischen Ergebnisse für diese Rißformen sind verständlich, da die Rißerkennung durch physikalische Grundlagen bestimmt ist und Risse in Richtung der Schallausbreitungsrichtung nur schwer erkannt werden können [26].

Schlüsselt man die Ergebnisse der 56 Patienten mit *posttraumatischen Kniebeschwerden* auf, so zeigt sich bei Patienten deren Verletzung weniger als 3 Wochen zurückliegt, die also ein akutes Beschwerdebild hatten, und solchen deren Kniebeschwerden seit mehr als 12 Wochen bestehen, eine deutlich niedrigere Sensitivität der klinischen Befundung, während die Sonographie auch in diesen Fällen die sonst übliche Sensitivität und Spezifität aufweist. In diesen Fällen erschwerter klinischer Untersuchung zeigt sich somit umso mehr die Überlegenheit der Sonographie.

Von 8 Patienten, die aufgrund ausgeprägter Schmerzsymptomatik nicht in der angegebenen Weise klinisch untersucht und beurteilt werden konnten, zeigt sich sonographisch medial und lateral ein positiver Vorhersagewert von 100%, sowie ein negativer Vorhersagewert medial von 75 und lateral von 100%. Bei 23 Patienten [14 Innenmenisken (IM), 9 Außenmenisken (AM)], bei denen klinisch 1 falsch-positive Diagnose gestellt wurde, war in 18 Fällen (11 IM, 7 AM) sonographisch die korrekte, richtig-negative Befundung getroffen worden. Damit erweist sich die Kombination der klinischen und sonographischen Untersuchung als sinnvolle Vorgehensweise.

## Konsequenz

Die gebräuchliche Einteilung der Meniskusuntersuchungszeichen nach Kompressions- und Rotationszeichen sollte nur als Beschreibung für das Vorgehen bei der Untersuchung verstanden werden. Als zugrundeliegendes morphologisches Substrat für ein positives klinisches Testergebnis muß die perimeniskale Synovialitis mit Irritation der freien Nervenendigungen angesehen werden. Auch die Routineuntersuchung sollte sich in der Rißbewertung auf die Kombination mehrerer manueller Untersuchungstests stützen. Der positive Vorhersagewert eines jeden Tests ist recht niedrig.

Wird die Meniskussonographie entsprechend des entwickelten Untersuchungsvorgehens durchgeführt und entsprechend der erarbeiteten Befundkriterien bewertet, so zeigt sich eine gute Sensitivität und ausgezeichnete Spezifität. Im Rahmen dieses Beitrages kann auf die praktische Vorgehensweise und Befundbewertung nur summarisch eingegangen werden.

Im Vergleich zu den unbestimmten Befundangaben der klinischen Untersuchung hinsichtlich der Rißlokalisation, wird mit der Sonographie die Rißlage genau beschrieben, indem der Meniskussektor (Vorderhorn, Pars intermedia, Hinterhorn) angegeben wird. Die hohe Sensitivität für das Innenmeniskushinterhorn bestätigt die günstige Anwendungsmöglichkeit, da dieser Sektor der häufigsten klinischen Rißlokalisation entspricht.

Bei eingeschränkter klinischer Untersuchungsmöglichkeit ist die Sonographie ein wertvolles, schnell verfügbares, kostengünstiges, nicht-invasives Diagnostikum. So ist sie bei allen Zuständen akuter Schmerzhaftheit, bei denen klinisch Zweifel bestehen, ob eine therapiebedürftige Kniebinnenverletzung vorliegt oder lediglich eine Distorsion mit konservativer Behandlungsmöglichkeit, für uns ein wichtiges Diagnostikum und Grundlage für die Indikationsstellung zur Arthroskopie. Hier zeigt sich deutlich der Vorteil dieses technischen Verfahrens, das sich streng an den physikalischen Phänomenen der Schallreflektion angrenzender Flächen, also der Rißausbreitung, orientiert.

Wie die Ergebnisse der Untersuchung der Doktorandin zeigen, ist eine sonographisch zuverlässige Beurteilung auch für Anfänger möglich, wenn die aufgezeigten, definierten Vorgehens- und Beurteilungskriterien berücksichtigt werden. Auf der Grundlage dieser Arbeitskriterien kann offensichtlich die mühsame anfängliche Erfahrungsphase, die oft erst durch experimentelle Untersuchungen vervollständigt werden kann, um selbst die Beurteilungskriterien zu erlernen, übersprungen werden. Damit kann die Lernkurve auf einem höheren Level beginnen. Unabdingbar ist die stete Ergebnisrückkopplung durch den operativen Befund.

Aufgrund dieser Zusammenhänge ist die Meniskussonographie heute eine wichtige Ergänzung der klinischen Untersuchung. Wegen der erforderlichen technischen Ausstattung ist sie derzeit Zentren vorbehalten, die sich schwerpunktmäßig mit Kniegelenkerkrankungen befassen.

## Literatur

1. Apley AG (1947) The diagnosis of meniscal injuries. *J Bone Joint Surg* 29: 78-84
2. Barrack RL, Skinner HB (1990) The sensory function of knee ligaments. In: Daniel G (ed) *Knee ligaments. Structure, function, injury and repair*. Raven Press, New York, pp 95-114
3. Bauer G, Rübenacker S (1988) Sonographische Meniskusdarstellung. Welcher Schallkopf ist geeignet? *Ultraschall* 9: 48-53
4. Baumgartl F, Thiemel G (1993) Untersuchung des Kniegelenks. Thieme, Stuttgart
5. Beyer WF, Donner K (1990) Funktionelle Diagnostik von Früharthrosen der Extremitäten. *Orthopäde* 19: 43-49
6. Böhler (1938) Meniskusverletzungen. *Wien Klin Wochenschr* 51: 972
7. Dorn T, Schaible H-G, Schmidt RF (1991) Response properties of thick myelinated group II afferents in the medial articular nerve of normal and inflamed knee joints of the cat. *Somatosens Motor Res* 8: 127-138
8. Dragonat P, Claussen C (1980) Sonographische Meniskusdarstellung. *Röfo* 133: 185-187
9. Farit F, Witwity T, Gödel B (1985) Ein neues klinisches Zeichen in der Diagnostik der hypertrophen Plica alaris infrapatellaris medialis und deren arthroskopische Bestätigung. In: Hofer H, Menapace C (Hrsg) *Fortschritte in der Arthroskopie*. Enke, Stuttgart, S 86-92
10. Fowler PJ, Lubliner JA (1989) The predictive value of five clinical signs in the evaluation of meniscal pathology. *Arthroscopy* 5: 184-186
11. Grifka J (1992) Orthopädische Untersuchung der Wirbelsäule und der Extremitäten. In: Anschütz F (Hrsg) *Anamneseerhebung und allgemeine Krankenuntersuchung*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 209-242
12. Grifka J, Richter J (1992) *Meniskussonographie – Lehrbuch und Atlas*. Enke, Stuttgart
13. Hackenbruch W, Karpf PM (1978) Aktuelle Kniegelenksdiagnostik. *Fortschr Med* 69: 147-166
14. Hackenbruch W, Müller W (1987) Untersuchung des verletzten Kniegelenkes. *Orthopäde* 16: 100-112
15. Harland U (1988) Die Abhängigkeit der Echogenität vom Anschallwinkel der Muskulatur und Sehnengewebe. *Z Orthop* 126: 117-124
16. Heppelmann B, Messlinger K, Neiss WF, Schmidt RF (1990) The sensory terminal tree of "free nerve endings" in the articular capsule of the knee. In: Zenker W, Neuhofer WL (Hrsg) *The primary afferent neuron*. Plenum Press, New York
17. Heppelmann B, Messlinger K, Neiss WF, Schmidt RF (1990) Ultrastructural three-dimensional reconstruction of group III and group IV sensory nerve endings ("Free nerve endings") in the knee joint capsule of the cat: Evidence for multiple receptive sites. *J Comp Neurol* 292: 103-116
18. Kainberger FM, Hübsch P, Barton P, Lischka MF, Fröhwald F, Windhagen R (1988) Normale sonographische Anatomie des Bindegewebes. *Ultraschall Klin Prax* 3: 9-12
19. Kotzlowski B, Majewski A (1982) Fehldiagnosen bei Meniskusschäden. *Beitr Orthop Traumatol* 29: 11-16
20. Lauterbach T, Gohlke F, Mayer B (1993) Die Meniskussonographie – bereits für die orthopädische Routinediagnostik geeignet? *Orthop Prax* 29: 450-451
21. Malzer U, Kienapfel H, Schuler P (1988) Möglichkeiten und Grenzen der sonographischen Darstellung des Meniskus und angrenzender Strukturen am Kniegelenk. *Ultraschall Klin Prax* 3: 141-145
22. McMurray IP (1941) The semilunar cartilage. *Br J Surg* 29: 407-413
23. Mellerowicz H (1989) Kniegelenksonographie: Möglichkeiten und Grenzen. *Beitr Orthop Traumatol* 36: 457-466
24. Müller W (1982) *Das Knie*. Springer, Berlin Heidelberg New York
25. Payr E (1933) Tagung der deutschen Gesellschaft für Chirurgie. *Verh Deutsch Ges Chir*, S 176

26. Richter J, Grifka J, Hedtmann A (1992) Meniskussonographie: Entscheidungshilfe für die Praxis. *Orthop Prax* 28: 479–483
27. Selby B, Richardson ML, Nelson BD, Graney DO, Mack LA (1987) Sonography in the detection of meniscal injuries of the knee: Evaluation in cadavers. *AJR* 149: 549–553
28. Selby B, Richardson ML, Montana MA, Teitz CC, Larson RV, Mack LA (1986) High resolution sonography of the menisci of the knee. *Invest Radiol* 21: 332–335
29. Sessle BJ, Hu JW (1991) Mechanism of pain arising from particular tissues. *Can J Physiol Pharmacol* 69: 617–626
30. Sohn C, Gerngross H, Bähren W, Danz B (1987) Meniskus-Sonographie – Alternative zur invasiven Meniskusdiagnostik? *Dtsch Med Wochenschr* 112: 581–584
31. Sohn C, Casser H-R (1988) Meniskus-Sonographie. Springer, Berlin Heidelberg New York
32. Steinbrück K, Wiehmann J-Ch (1988) Untersuchungen des Kniegelenks. Wertigkeit klinischer Befunde unter arthroskopischer Kontrolle. *Z Orthop* 126: 289–295
33. Steinmann F (1929) Referat über Meniskusverletzungen. *Schweiz Med Wochenschr* 10: 1355–1356
34. Von Düring M (1993) Persönliche Mitteilung
35. Wirth CJ, Jäger M, Kolb M (1984) Die komplexe vordere Knie-Instabilität. Thieme, Stuttgart

Priv.-Doz. Dr. J. Grifka  
Orthopädische Universitätsklinik  
St. Josef-Hospital  
Gudrunstraße 56  
D-44791 Bochum