

# Der Wert einer "Low-Field" MRT-Untersuchung für die Diagnose von Knorpeldefekten im Hufgelenk des Pferdes

Thorben Schulze<sup>1</sup>, Thomas Weinberger<sup>1</sup>, Maren Kummerfeld<sup>2</sup> und Andreas Beineke<sup>2</sup>

Pferdeambulanz Burg Müggenhausen<sup>1</sup> und Institut für Pathologie der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover<sup>2</sup>

## Zusammenfassung

Für diese Arbeit wurden 850 Berichte von „Low-Field“ MRT Hufgelenksuntersuchungen ausgewertet, um den Nutzen und die Grenzen dieses diagnostischen Verfahrens für die Gelenkknorpelbeurteilung zu erfassen. 16% der Pferde zeigten Knorpeldefekte welche zu 81% im palmaro-medialen Gelenkbereich lokalisiert waren. Bei 12 der betroffenen Gelenke fand eine Arthroskopie mit einer 4 mm Optik statt, in 9 Fällen wurde eine kleinere 1,8 mm Optik genutzt. 11 Beine wurden sezient und die Veränderungen anschließend digital photographiert. Zur Verifizierung der kernspintomographischen Befunde wurden zudem histologische Vergleichsuntersuchungen hinzugezogen. Die Aussagen des „Low-Field“ MRT bezüglich der Gelenkbeschaffenheit übertrafen den Informationsgehalt der routinemäßig eingesetzten Radiographie. Die Knorpeldefekte stellten sich in 6 der 8 sezienten Fälle und in 10 der 21 Arthroskopien größer dar, als sie nach dem MRT eingeschätzt wurden. Im Vergleich zur diagnostischen Arthroskopie ist vom MRT eine bessere Übersicht der Gesamtheit des Hufgelenkknorpels sowie der subchondralen Knochenstruktur zu erwarten. Geringgradige, arthroskopisch dargestellte Abnutzungserscheinungen oder feine Usuren im Gelenkknorpel waren kernspintomographisch nicht erkennbar. Die Arthroskopie ermöglichte somit eine detailliertere Beurteilung des einsehbaren Gelenkknorpelbereiches, stieß aber im Hufgelenk aufgrund des kleinen Sichtfensters auf Grenzen. Die besonders dünne Optik erwies sich im Bereich des Hufgelenkes für eine zuverlässige Diagnostik als erforderlich.

**Schlüsselwörter:** Pferd, Kernspintomographie, MRT, Arthroskopie, Histologie, Knorpel, Hufgelenk

---

## Value of "Low-Field MRI for diagnosis of cartilage defects in the coffin joint of the horse

A review of 850 "Low-Field" MRI examination reports of the distal limb was made to clarify the benefits and limits of this diagnostic tool for the evaluation of the coffin joint cartilage. 16% of the horses were found with cartilage defects, 81% of those lesions were located in the palmar-medial part of the joint. In 21 cases an arthroscopy was made. 12 cases were scoped with the use of a 4 mm and 9 joints with 1,8 mm optic. Eleven limbs were sectioned and digital photographed. A histological follow-up examination was made to verify the MR findings. The cartilage defect in 6 of the 8 sectioned limbs as well as in 10 of the 21 scoped cases was found bigger than expected after MRI. The most common MR findings were asymmetric collapse of at least one cartilage layer and subsequent articular interline thinning associated with focal abnormal low signal in the articular cartilage and subchondral bone remodelling in the most severe cases. "Low field" standing MRI did not allow visualizing cartilage lesions such as wear lines, cartilage softening and small partial thickness erosions. The arthroscopy provides the most detailed visualisation of the joint cartilage but is limited to a smaller field of view especially considering the palmar aspect of the coffin joint. The special 1,8 mm arthroscope was necessary for the evaluation of the described palmar coffin joint cartilage defects.

**Keywords:** horse, Magnetic Resonance Imaging, arthroscopy, histology, cartilage, distal interphalangeal joint

## Einleitung

Lahmheiten mit der Schmerzlokalisierung im Hufgelenkbereich sind eine häufige Diagnose in der Pferdeorthopädie. Während die Prognose bei einer leichten akuten, aseptischen Podoarthritis noch mit „gut“ bewertet wird, verschlechtert sich die Aussicht auf eine Ausheilung signifikant, sobald eine Podoarthrose in Form einer Verschleißarthrose vorliegt. In solchen Fällen kommt es zur Degeneration und Ablösung von hyalinem Gelenkknorpel, welcher kaum trag- und belastungsfähig wiederherzustellen ist (Dietz et al. 2005). Die Beurteilung des Gelenkknorpels hat neben der großen Bedeutung in Hinblick auf die Prognose auch einen entscheidenden Einfluss auf die Auswahl des therapeutischen Weges. Während bei aseptischen Arthritiden die intraartikuläre Applikation von synthetischen Glucocorticoiden das Mittel der Wahl darstellt, wären diese beim Vorliegen von Knorpeldefekten kontraindiziert. Bei arthroskopisch gesetzten Gelenk-

knorpeldefekten konnten Frisbee et. al (2007) einen signifikanten klinischen und histologischen Therapieerfolg nach alleinigen Einsatz von „konditioniertem körpereigenem Serum“ (IRAP®) nachweisen. Diese Umstände machen eine aussagekräftige Darstellung von Gelenkknorpeldefekten wünschenswert, welche mittels Sonographie oder Radiographie nur eingeschränkt möglich ist. Laut Dyson (2003) sind definitive Aussagen über den Knorpelzustand des Hufgelenkes nur mittels einer Kernspintomographie möglich. Des Weiteren ermöglicht die unter Vollnarkose durchzuführende diagnostische Arthroskopie eine detaillierte Beurteilung des hyalinen Knorpels.

In der Humanmedizin hat sich der MRT bereits als überlegenes nichtinvasives Diagnostikum zur Gelenkbeurteilung bewährt. In der Pferdemedizin erfordert eine „High-Field“ Kernspintomographie die Vollnarkose des Patienten, weshalb

der routinemäßige Einsatz ausblieb und sich erst mit der Entwicklung eines MRTs für das stehende Pferd die Akzeptanz der Besitzer für diese weiterführende diagnostische Bildgebung einstellte. Mittels Niedrigfeld („Low-Field“)- MR Tomographen sind seit circa 4 Jahren kernspintomographische Untersuchung von Pferdegliedmaßen am stehenden Patienten möglich. In der Veterinärmedizin existieren aber bislang keine Studien über die Sensitivität des „Low-Field“ MRTs in Bezug auf die Gelenkknorpeldarstellung. Für diese Arbeit wurden Berichte von > 850 kernspintomographischen Hufgelenksuntersuchungen ausgewertet, um den Nutzen und die Grenzen dieses diagnostischen Verfahrens für die Knorpelbeurteilung zu erfassen. In Fällen mit anschließend durchgeführten arthroskopischen Gelenkspülungen erfolgten direkte Vergleiche der Bildmaterialien. Ebenso sind bei seziierten Gelenken die makroskopisch sichtbaren Gelenkknorpelveränderungen photographisch festgehalten und mit den MRT Ergebnissen verglichen worden. Weiterführende Aussagen wurden zudem durch histologische Folgeuntersuchung am Institut für Pathologie der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover ermöglicht. Das Ziel dieser Arbeit bestand in einer Darstellung der Möglichkeiten und Grenzen des „Low-Field“-MRT für die Untersuchungen des hyalinen Hufgelenkknorpels.

## Material und Methode

In einer retrospektiven MRT-Studie wurden Berichte von 850 MRT-Untersuchungen der distalen Gliedmaße aus einem Zeitraum von 2004 bis 2007 ausgewertet und dokumentiert. Die lahmheitsverursachenden Schmerzen wurden durch klinische Untersuchungen und Ergebnissen von diagnostischen Anästhesien auf den Bereich der distalen Zehe eingegrenzt. Die röntgenologischen Untersuchungen zeigten keine pathologischen Veränderungen des Hufgelenkes. Es folgte eine MRT-Untersuchungen dieser Region am stehenden sedierten Pferd mit einem 0,27-Tesla-Magnet der Firma Hallmarq<sup>1</sup>. Die Gelenkknorpelbeurteilung erfolgte anhand T1- und T2\*-gewichteter Gradientenecho 2D HR- und 3D-Sequenzen in sagittaler und frontaler Schnittrichtung. Die Gradienten-Echo 3D Bilder sind parallel zur Facies flexoria des Strahlbeines ausgerichtet worden und lieferten je 24 aneinander angrenzende Schnittbilder mit einer Dicke von 2,5 mm. Bei den 2D Sequenzen erfolgte eine Aufteilung der Sequenz in 2 Gruppen zu je 4 Bilder, wodurch eine bestmögliche Justierung der Bilder in einem rechten Winkel zur Gelenkknorpellinie erreicht wurde (Abb.1, links). Zur Optimierung einer möglichst symmetrischen Darstellung der anatomischen Strukturen, wurden die frontalen Bilder an zuvor angefertigten transversalen Schnittbildern ausgerichtet (Abb.1, rechts).

Bei 21 dieser Pferde mit repräsentativen Befunden am Hufgelenkknorpel konnten im Rahmen einer arthroskopischen Untersuchung weitere Informationen gewonnen werden. 12 Hufgelenke sind mit einer 4,7 mm Optik und 9 Gelenke mit einer 1,8 mm Optik der Firma Arthrex<sup>®2</sup> arthroskopiert worden. Elf weitere Pferde wurden euthanasiert und die im MRT untersuchten Gelenke anschließend pathologisch-anatomisch und /oder -histologisch beurteilt. Die histologischen Untersuchungen und Dokumentationen erfolgten am Institut für Pathologie der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover.

## Ergebnisse

### Kernspintomographie

Der hyaline Gelenkknorpel stellt sich in T1 wie auch in T2\*-Sequenzen signalstark dar. Eine Abgrenzung zum signallosen Knochenkortex ist leicht möglich. Bei gleichmäßiger Belastung der Gliedmaße werden die Knorpelschichten von Huf- und Kronbein durch die signalarme Synovia voneinander abgegrenzt (Abb.2, links). Von den 24 parallel zueinander verlaufenden Bildern einer 3D-Sequenz, eignen sich maximal 4 zur Beurteilung des Gelenkknorpels. Alle übrigen Aufnahmen liegen außerhalb des Gelenkes oder schneiden die gewölbte Gelenkfläche in einem derart schrägen Winkel, dass „partial volume averaging“-Artefakte eine starke Unschärfe der Knorpellinie verursachen. Von den 8 Bilder einer in zwei Gruppen unterteilten 2D GRE-Sequenz, können hingegen bis zu 6 hintereinander liegende Aufnahmen eine Knorpeldarstellung ermöglichen. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, frontalen Sequenzen an zuvor angefertigten transversalen Schnittbildern auszurichten. Fehlinterpretation und künstliche Asymmetrien der anatomischen Strukturen aufgrund schief ausgerichteter MRT-Bilder konnten so deutlich reduziert werden. Bei aufgeteilten 2D GRE-Sequenzen muss dabei jede Gruppe für sich alleine justiert werden.

Da nicht ausgeschlossen werden konnte, dass eine bodenweite Stellung des stehenden sedierten Pferdes eine Asymmetrie des Gelenkspaltes verursacht, wurde diese nicht als pathologischer Befund gewertet (Abb. 2, rechts). In Fällen von starker einseitiger Annäherung der Gelenkflächen war eine Knorpelbeurteilung deutlich erschwert. Ausschließlich punktuelle bzw. fokale Unterbrechungen oder Verdünnungen der hyperintensiven Knorpellinie wurden als pathologische Veränderungen gewertet und als solche in die Studie aufgenommen. Insgesamt zeigten 136 (16%) der 850 im MRT untersuchten Pferde Inhomogenitäten bzw. Unterbrechungen in der Signalintensität der hyalinen Gelenkknorpelschicht. Es fiel auf, dass diese zu 81% im palmaro-medialen Gelenkbereich lokalisiert waren (Abb.3-5). Zusätzliche Unterbrechungen in der axialen und/oder lateralen Knorpellinie konnten in 19% der betroffenen 136 Pferde gefunden werden. Derartige Fälle gingen mit stärkeren Lahmheiten einher und zeigten kernspintomographisch meist mehr oder minder ausgeprägte subchondrale Knochenreaktionen (Abb.3). Insgesamt wurden in 35% der Fälle Signalalterationen in der subchondralen Knochensubstanz diagnostiziert.

### Arthroskopie

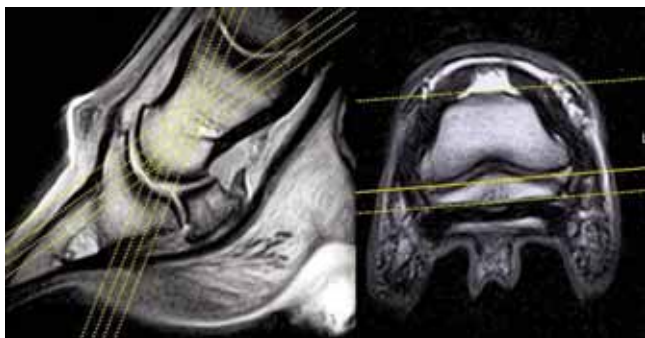
Im Rahmen der arthroskopischen Gelenkspülung ließen sich alle Knorpeldefekte nachvollziehen, soweit sie im „field of view“ der Optik lagen. Das größeren 4,7 mm Arthroskop ermöglichte keine Bewertung der palmaren Anteile des Gelenkspaltes, weshalb in 8 von 12 Fällen kein direkter Vergleich zu den MRT-Befunden erfolgen konnte. Die feinere 1,8 mm Optik ließ sich bei gebeugter Gliedmaße weiter palmar in das Gelenk einbringen, so dass in allen 9 Fällen eine Bestätigung der kernspintomographischen Befunde erbracht wurde. Die Beurteilung der Gelenkfläche via Arthroskopie erbrachte detailliertere Informationen und ließ feinere Unregelmäßigkeiten als der MRT erkennen. So stellten sich die Knorpeldefekte in 10 der 21 Arthroskopien größer dar, als

sie nach den MRT Untersuchungen zu erwarten gewesen wären. Oberflächliche Abnutzungserscheinungen oder feine Usuren im Gelenkknorpel konnten präoperativ im MRT nicht gefunden werden. Abb.4 zeigt ein Vergleich zwischen einem frontalen MR Bild und der zugehörigen arthroskopischen Frontalstellung des Knorpeldefektes. Während Bereiche mit vollständigem Knorpelverlust im MRT sichtbar wurden, ließen sich chirurgisch erkennbare oberflächige Erosionen nicht darstellen.

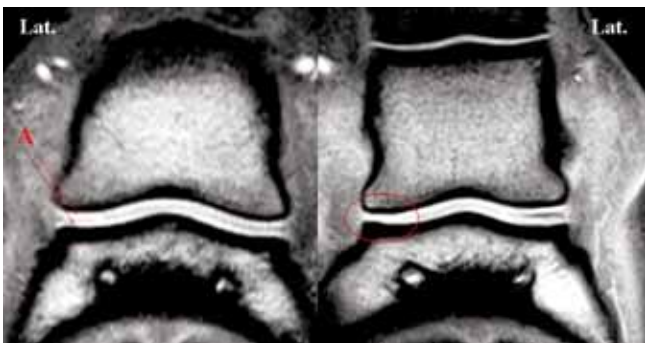
### Sektion und histologische Untersuchung

Mit allen Sektionen konnte die MRT Diagnose Knorpeldefekt bestätigt werden. Die Sektionen der Gelenke zeigten, dass die Ausdehnung der Knorpelschädigung im MRT Bild leicht unterschätzt werden kann. In 6 der 8 seziierten Fälle wurden weitläufigere Beeinträchtigungen des hyalinen Knorpels gefunden, als die MRT-Aufnahmen darstellten. Analog zu den Erkenntnissen aus den arthroskopischen Vergleichsuntersuchungen, zeigten auch die Sektionen, dass fokale vollständige Unterbrechungen oder großflächigere Verdünnung der Knorpellinie um mindestens 50% der Dicke kernspintomographisch darstellbar waren, feinere Läsionen sich aber nicht mehr zweifelsfrei identifizieren ließen.

Die histologischen Untersuchungen verifizierten diese Ergebnisse. Histologisch erwiesen sich die kernspintomographisch



**Abb 1** Ausrichtung der zweigeteilten frontalen GRE Sequenz am sagittalen (links) und transversalen (rechts) Bild.  
*Adjustment of the in two divided frontal GRE sequence on sagittal (left) and transverse (right) image.*

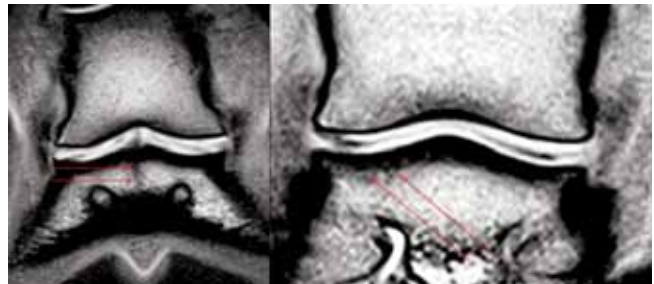


**Abb 2** Frontale GRE T1 gewichtete Bilder. Links- Klare (symmetrische) Separation des Gelenkknorpels von Kron- und Hufbein durch die signalschwache Synovia; Rechts- Asymmetrischer Gelenkspalt und Kompression der medialen Knorpellinien.  
*Frontal GRE T1-weighted images . Left-Clear (symmetric) separation of the joint cartilage of the pastern and coffin bone through the hypointense synovia; Right- Asymmetric joint space and compression of the medial cartilage line.*

erkennbaren Knorpelschäden als deutliche Erosionen oder Ulzerationen, meist bereits mit subchondralen sklerotischen Knochenreaktionen. Oberflächige Knorpelnekrosen oder Spaltbildungen konnten im „Low-Field“ MRT-Bild nicht wiedergegeben werden. Bereiche mit einer faserknorpeligen Ausheilung stellten sich im MRT-Bild signalschwächer als gesunder hyaliner Knorpel dar. Das frontale MR-Bild in Abb.5 links zeigt eine vollständige Unterbrechung im medialen Gelenkknorpel des Hufbeines aber eine intakte Kronbeinknorpellinie. Im Hufbein sind bereits deutliche subchondrale Reaktionen erkennbar. Die mediale Hälfte des Hufgelenkes weist eine Verbreiterung des subchondralen Knochens auf. In der Sektion (Abb.5, rechts) konnte die fokale Knorpelschädigung bestätigt werden, welche sich großflächiger als im MRT darstellten. Der Kronbeinknorpel zeigte sich nicht beeinträchtigt. Eine zusammenfassende Darstellung der Anzahl an Knorpeldefekten und deren Nachweisen in Arthroskopien oder Sektionen erfolgt in Tab.1.

### Diskussion

Im Gegensatz zur Veterinärmedizin findet man in der Humanliteratur ein breites Angebot an Arbeiten zur MRT-Diagnostik im Gelenkbereich. Entsprechende Literaturquellen beschreiben eine zunehmende Informationsgenauigkeit bei ansteigenden Magnetfeldstärken und bevorzugen übereinstimmend „High-Field“-Tomographen für die Gelenkdiagnose.



**Abb 3** Subchondrale Knochenreaktionen in Folge von Knorpelläsionen axial (links) und medial (rechts) im Hufgelenk.  
*Subchondral bone reaction in succession of cartilage lesion axial (left) and medial (right) in the coffin joint.*

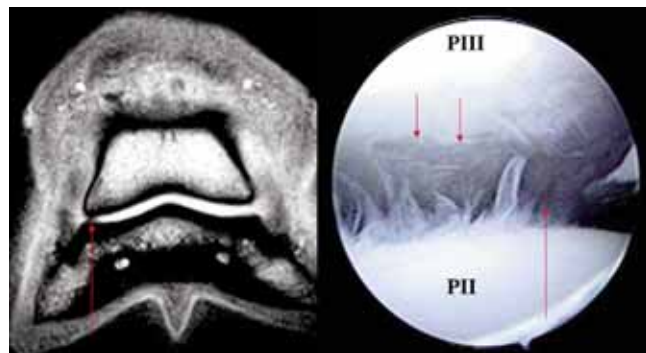
stik (Desai und Runge 2003, Vahlensieck und Schnieber 2003, Link et. al, 2006). So fanden Mori et. al (1999) im konventionellen „High-Field“-MRT 96% der fokalen vollständigen Knorpeldefekte im Kniegelenk des Menschen. Doch hohe Anschaffungs- und Unterhaltungskosten verhindern die wirtschaftliche Tragfähigkeit derartiger Anlagen in der Tiermedizin. Hinzu kommt, dass stärker noch als die wirtschaftlichen Aspekte, die im „High-Field“-MRT notwendige Vollnarkose den routinemäßigen Einsatz dieser Systeme in der Pferdeorthopädie deutlich limitiert. Die Akzeptanz der Besitzer für das Niederlegen ihres Pferdes im Rahmen einer Diagnostik ist sehr gering, so dass sich ausschließlich die Kernspintomographie des stehenden, sedierten Pferdes in der Routinediagnostik durchsetzen konnte. Umso mehr scheint es von Bedeutung, die Möglichkeiten und Grenzen der „Low-Field“-Technik zu definieren, um über den Wert oder die Notwendigkeit dieser weiterführenden Diagnostik urteilen zu können. Erst die Entwicklung von „offenen High-Field“-Systemen für die Anwendung am stehenden Pferd würde eine Neubewertung der Situation ermöglichen.

**Tab 1** Anzahl an Gelenkknorpeldefekten anhand der MRT Befundberichts ausgewertungen von 2004-2007 sowie deren Nachweise mittels Arthroskopien und Sektionen

Number of cases with articular cartilage defects after review MRI reports from 2004-2007 and comparison to results of arthroscopy and sections.

Anzahl Total	Knorpelunterbrechungen	Arthroskopie 1,8 mm Optik	Arthroskopie 4,7 mm Optik	Sektion
850	136 (16%)	9/9 (100%)	4/12 (33%)	8/8 (100%)
Mediale Defekte	110 (81%)			
Sonstige Befunde	26 (19%)			
Subchondrale Knochenreaktionen	48 (35%)			

Die Humanmedizin erreichte mit Hilfe der Kernspintomographie eine drastische Reduzierung der diagnostischen Arthroskopien (Reeves et. al. 1996, Vahlensieck und Schnieber 2003). Für den Bereich der distalen Gliedmaße kann dieser Nebeneffekt in unserer Klinik bestätigt werden. Die Besitzerakzeptanz für die Untersuchung am stehenden Pferd ist um ein vielfaches höher als für einen chirurgischen Eingriff unter Vollnarkose. Auf der anderen Seite geht eine diagnostische Arthroskopie immer mit dem positiven Nebeneffekt der therapeutischen Gelenkspülung einher. Sollte sich aufgrund der MRT-Befunde eine therapeutische Arthroskopie als empfehlenswert erweisen, könnten die sich daraus ergebenden finanziellen Mehrbelastungen zu Unmut führen. Eine ausführliche Aufklärung der Besitzer über die Einschränkungen einer MRT-Untersuchung ist somit auch aus forensischen Aspekten von Relevanz. Von 2004 bis 2008 wurden in unserer Klinik bei 21 Patienten nach MRT-Untersuchungen des Hufes, die Gelenkspülungen in den therapeutischen Weg integriert. Dabei zeig-

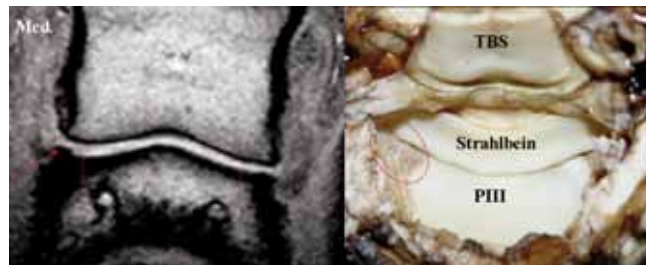
**Abb 4** Vollständige Unterbrechung der hyalinen Knorpellinie medial im Hufgelenk (links- MRT; rechts- langer Pfeil) und arthroskopisch darstellbare oberflächliche Erosionen (rechts, kurze Pfeile).

Full thickness erosion of the hyaline cartilage line medial in the coffin joint (left- MRT; right- long arrow) and arthroscopical viewable superficial erosions (right- short arrows).

te sich, dass die Bereiche des geschädigten Gelenkknorpels in 8 Fällen mit der Standardarthroskopie nicht erreicht werden konnten und so diagnostische und prognostische Aussagen ohne den MRT nicht möglich gewesen wären. Sind die Knorpeldefekte arthroskopisch zu erreichen, wie dies in allen Fällen mit der 1,8 mm Optik möglich war, ist die Darstellung dem Informationsgehalt des MRT überlegen. Oberflächliche Abnutzungserscheinungen der hyalinen Knorpelschicht oder Spaltbildungen bzw. feine Usuren konnten im MRT nicht gefunden werden. Die histologischen Vergleiche bestätigten, dass der Kernspintomograph ausschließlich Erosionen und Ulzerationen zeigte, welche mindestens 50% der Knorpeldicke involvierten.

Zubrod et al. (2004) zeigten, dass sich der MRT gut eignet um klinisch signifikante subchondrale Knochenreaktionen sicht-

bar zu machen, welche sich röntgenologisch nicht darstellen ließen. In Kadaveruntersuchung von Karpalgelenken bestätigten Anastasiou et al. 2003 diese Ergebnisse indem sie ihre MRT Befunde histologisch verifizierten. Auch in unseren Untersuchungen wurde in 48 Fällen eine Beeinträchtigung der subchondralen Knochensubstanz erkannt, welche radiologisch nicht sichtbar war. Die histologischen Untersuchungsergebnisse korrespondierten dabei mit den MRT-Befunden. Insgesamt kann der „Low-Field“-MRT somit als ein wertvolles Diagnostikum für die Gelenkuntersuchungen beim Pferd angesehen werden. Eine gegenüber der Sektion verkleinerte Darstellung von Knorpeldefekten kann durch die Schnittbildstärke sowie die Bild-Zwischenräume bedingt sein. Beide Faktoren können durch höhere Magnetfeldstärken oder längere Sequenzlaufzeiten optimiert werden, weshalb dem Informationsgewinn von „Low-Field“ MRT-Untersuchungen am stehenden Pferd Grenzen gesetzt sind. Basierend auf der „High-Field“ MRT-Technik mit 3 und mehr Tesla erfolgen in der

**Abb 5** Unterbrechung der Gelenkknorpellinie des Hufgelenkes und subchondrale Knochenreaktionen mit einer medial verbreiterten Cortex (links); Sektionsphotographie der Knorpelulzeration palmaromedial im Hufgelenk (rechts)

Discontinuation of the joint cartilage of the coffin joint and subchondral bone reaction with a more broad cortex medial (left); Section photograph of cartilage ulceration palmar-medial in the coffin joint (right).

Humanmedizin bereits ein Monitoring von fortschreitenden Osteoarthritiden sowie Erfolgskontrollen nach Einsatz pharmazeutischer Therapien (Kangarlu und Gahunia 2006). Ein bedeutendes Problem in der MRT-Darstellung von Gelenken bilden „partial volume averaging“ Artefakte. Besonders dünne und gewölbte Strukturen wie der Gelenkknorpel zeigen sich empfindlich für diese Art von Artefakten. Sie kommen zustande, wenn ein Voxel, als Ausdruck eines dreidimensionalen Äquivalentes zum Pixel, im MR Schnitt zwei Gewebe mit unterschiedlich starker Signalintensität enthält und der im Bild repräsentative Pixel darauf eine intermediäre Signalintensität anzeigt und somit unscharfe Randbereiche verursacht. Die großen Kontrastunterschiede zwischen signalstarkem Gelenkknorpel und der signallosen subchondralen Knochenschicht verstärken dieses Phänomen (Werypy 2007). Es hat sich deshalb als vorteilhaft erwiesen, die frontalen Sequenzen soweit zu unterteilen, dass möglichst viele Schnittbilder den Gelenk-

knorpel nahezu senkrecht anschneiden. Dieser Weg führte zu einer Minimierung der Artefakte und verbesserte die Aussagekraft des Bildmaterials erheblich.

Die Untersuchung des stehenden Patienten ermöglicht eine Beurteilung der anatomischen Strukturen in physiologischen Haltungen. Im Gegenzug sind etwaige Einschränkungen in der Bildqualität aufgrund leichter Bewegungsartefakte hinzunehmen. Vergleichende Untersuchungen von Gelenkknorpeldefekten an der be- und entlasteten Gliedmaße sind notwendig um die Vor- und Nachteile der stehenden und liegenden MRT-Untersuchung gegeneinander abzuwägen. Die Positionierung der zu untersuchenden Pferdezehe zentral zwischen den Polen des Magnetes führt zu einer leicht bodenweiten Stellung des Pferdes und damit zu einer vermehrten medialen Druckbelastung. Aus diesem Grund ist es von entscheidender Bedeutung, das Pferd vor Beginn der Untersuchung in einer nahezu parallelen Fußung im Untersuchungsstand auszurichten. Bei der Auswertung des Bildmaterials für die vorliegende Arbeit blieb unklar, ob eine Asymmetrie des Gelenkspaltes allein stellungsbedingt auftaucht oder ob pathologische Prozesse an einem derartigen Befund beteiligt sein können. Selbst augenscheinlich senkrecht belastete Gliedmaßen wiesen in einigen Fällen deutliche Erweiterungen des lateralen Gelenkspaltes auf, so dass eine ursächliche Instabilität des Gelenkes mit eventueller Beeinträchtigung der Collateralbänder nicht ausgeschlossen werden konnte.

Die hohe Anzahl an Knorpeldefekten palmaro-medial im Hufgelenk erfordert weiterführende Untersuchung zur Bestimmung der klinischen Relevanz dieser Befunde. Dies betreffend sind die Aussagen aus der vorliegenden Studie durch die mangelhafte Spezifität der Hufgelenkanästhesie begrenzt. Sowohl die Hufsohle wie auch die Hufrollenstrukturen werden durch die Hufgelenkanästhesie desensibilisiert (Dyson et al. 1993, Pleasant et al. 1997, Schumacher et al. 2000, Bowker et al. 1993) und nahezu alle ausgewerteten Fälle dieser Studie wiesen weitere Befunde im Bereich des Strahlbeines und/oder den Weichteilstrukturen auf, wodurch eine Einstufung der klinischen Bedeutung aller Veränderungen erschwert wurde.

## Schlussfolgerung

Die Arthroskopie ermöglichte eine detailliertere Bewertung des sichtbaren Gelenkknorpels als der „Low-Field“-MRT, stieß aber besonders im Hufgelenk aufgrund des kleinen Sichtfensters auf Grenzen. Der Vorteil des MRT lag in der Darstellung des gesamten Gelenkes in 3 Ebenen, inklusive der subchondralen Knochensubstanz. Besonders im Bereich des Hufes lieferte der „Low-Field“-MRT wertvolle weiterführende Informationen über die Gelenkbeschaffenheit. Leichte, arthroskopisch darstellbare Abnutzungserscheinungen oder feine Riefen im Gelenkknorpel waren kernspintomographisch nicht erkennbar, so dass im MRT gefundene Erosionen und Ulzerationen als klinisch relevant eingestuft werden müssen, da ihre Ausdehnungen größer als erwartet ausfallen.

## Herstelleradressen

- 1 Hallmarq Veterinary Imaging Ltd., Guildford, Surrey, UK, [www.hallmarq.net](http://www.hallmarq.net)
- 2 Arthrex GmbH, Karlsfeld/München, [www.arthrex.com](http://www.arthrex.com)

## Literatur

- Anastasiou A., Skioldebrand E., Ekman S. und Hall L. D. (2003) Ex vivo magnetic resonance imaging of the distal row of equine carpal bones: assessment of bone sclerosis and cartilage damage. *Vet. Radiol.* 44, 501-512
- Bowker R. M., Rockershouser S. J., Vex K. B., Sonea I. M. und Kotyk R. (1993) Immunocytochemical and dye distribution studies of nerves potentially desensitized by injections into the distal interphalangeal joint or the navicular bursa of horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 203, 1708-1714
- Desai N. K. und Runge V. M. (2003) Contrast use at low field, A Review. *Top. Magn. Reson. Imaging* 13, 360-364
- Dyson S. J. und Kidd L. (1993) A comparison of responses to analgesia of the navicular bursa and intra-articular analgesia of the distal interphalangeal joint in 59 horses. *Equine Vet. J.* 25, 93-98
- Kangarlu A. und Gahunia H. K. (2006) Magnetic resonance imaging characterization of osteochondral defect repair in a goat model at 8T. *Osteoarthritis Cartilage* 14, 53-62
- Link T. M., Stahl R. und Woertler K. (2007) Cartilage imaging: motivation, techniques, current and future significance. *Eur. Radiol.* 17, 1135-1146
- Loew R., Kreitner K. F. und Runkel M. (2000) MR arthrography of the shoulder: Comparison of low-field (0,2T) vs high-field (1,5T) imaging. *Eur. Radiol.* 10, 989-996
- Mori R., Ochi M., Sakai Y., Adachi N. und Uchio Y. (1999) Clinical significance of magnetic resonance imaging (MRI) for focal chondral lesions. *Magn. Reson. Imaging* 17, 1135-1140
- Pleasant R. S., Moll H. D., Ley W. B., Lessard P. und Warnick L. D. (1997) Intra-articular anesthesia of the distal interphalangeal joint alleviates lameness associated with the navicular bursa in horses. *Vet. Surg.* 26, 137-140
- Ruwe P. A., Wright J., Randall R. L., Lynch J. K., Jokl P. und McCarthy S. (1992) Can MR imaging effectively replace arthroscopy? *Radiology* 183, 335-339
- Schumacher J. O., Steiger R., Schumacher J. I., DeGraves F., Schramme M., Smith R. und Coker M. (2000) Effects of analgesia of the distal interphalangeal joint or palmar digital nerves on lameness caused by solar pain in horses. *Vet. Surg.* 29, 54-58
- Werpy N. M. (2007) Magnetic resonance imaging of the equine patient: A comparison of high- and low-field systems. *Clin. Tech. Equine Pract.* 6, 37-45
- Zubrod C. J., Schneider R. K., Tucker R. L., Gavin P. R., Ragle C. A. und Farnsworth K. D. (2004) Use of magnetic resonance imaging for identifying subchondral bone damage in horses: 11 cases (1999-2003). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 224, 411-418

Dr. Thorben Schulze  
Pferdeklinik Burg Müggenhausen GmbH  
53919 Weilerswist  
[schulze@pferde-klinik.info](mailto:schulze@pferde-klinik.info)