

Magnetresonanztomographische Untersuchungen der Tiefen Beugesehne im Hufbereich von Pferden

Nina Steenbuck¹, Hartmut Gerhards², Werner Jahn¹, Achim D. Gruber³ und Kerstin Gerlach⁴

Pferdeklinik Bargteheide¹, Ludwig-Maximilians-Universität München, Klinik für Pferde², Freie Universität Berlin, Institut für Tierpathologie³ und Universität Leipzig, Chirurgische Tierklinik⁴

Zusammenfassung

In der Studie wurden kernspintomographische Signalveränderungen der Tiefen Beugesehne (TBS) im Hufbereich histopathologisch verifiziert und qualitativ spezifiziert. Damit konnte die diagnostische Zuverlässigkeit der Niederfeld- Magnetresonanztomographie bei Läsionen der TBS bestätigt werden. Erstmals wurden hierfür kernspintomographische Untersuchungen am stehenden Pferd vorgenommen. Für die Untersuchungen dienten drei Vorderhufe von zwei lahmfreien Pferden und 15 Vorderhufe von 12 lahmen Pferden, welche außer Veränderungen im Bereich der Beugesehne keine anderen abweichenden Befunde aufwiesen. Die Untersuchungen erfolgten am stehenden Pferd an einem Niederfeldsystem (Hallmarq Veterinarian Limb Scanner, Hallmarq Veterinary Imaging Ltd., Guildford, Großbritannien) mit einer Feldstärke von 0,27 T. Die Hufregion wurde jeweils anhand eines Standardprotokolls, welches T1-, T2- und T2*-gewichtete Gradientenecho- und Fast-Spinoecho-Sequenzen sowie eine Short-Tau-Inversion-Recovery-Sequenz enthielt, untersucht. Die Schnittbilder wurden in der sagittalen, transversalen, frontalen und horizontalen Ebene angefertigt. Die Bereiche der TBS, welche kernspintomographisch Signalveränderungen aufwiesen, wurden nach Euthanasie histopathologisch untersucht. Die kernspintomographisch veränderten TBS imponierten histopathologisch vorwiegend durch hochgradige, chronische, degenerative Tendopathien. Diese Tendopathien traten in Form von zystischen Nekrosen, teils hyalinknorpeligen Metaplasien sowie Verknöcherungen auf. Alle kernspintomographisch erhobenen Befunde konnten histopathologisch verifiziert werden. Es bestanden keine Abweichungen zwischen den Signalerhöhungen der T1- und der T2*-Wichtung und unterschiedlich alten Veränderungen, so dass die Qualität der Läsion der TBS sich kernspintomographisch nicht bestimmen ließ. Hingegen war eine Aussage in Bezug auf die Ausdehnung des Sehnenschadens sicher durchführbar. Die Magnetresonanztomographie am stehenden Pferd mit einem Niederfeldgerät stellt ein sensitives Verfahren zur Diagnostik von Läsionen der TBS im Hufbereich dar.

Schlüsselwörter: MRT, Pferd, TBS, Tendinitis, Histologie

Magnetic Resonance Imaging of the Deep Digital Flexor Tendon in the equine foot

Magnetic resonance imaging (MRI) has been used for several years in equine orthopaedics to show soft tissue abnormalities in the foot. Target of this study was to verify signal abnormalities of the deep digital flexor tendon (DDFT) in the foot histopathologically. The clinical relevance is to define the diagnostic reliability of the MRI in case of DDFT lesions. For the first time the MRI examinations were done on the living, standing horse. In this study 3 front feet of 2 orthopaedically sound horses and 15 front feet of 12 lame horses were included and underwent MRI. The MRI examinations were done on the standing, sedated horse by help of the 0.27 T Hallmarq Veterinarian Limb Scanner (Hallmarq Veterinary Imaging Ltd., Guildford, UK). A standard protocol containing T1-, T2- and T2*-weighted gradient-echo- and fast-spin-echo-sequences as well as a short-tau-inversion-recovery-sequence was used to examine the foot. The scans were made in sagittal, transversal, frontal and horizontal levels. Those areas of the DDFT showing signal abnormalities were examined histopathologically after euthanasia. The pathological abnormalities were described. The clinical and MRI sound horses of the control group showed histopathologically mild chondral parts of the DDFT around the insertion and in the area of the distal sesamoid bone. Those chondral parts were judged physiological for a compressive tendon like the DDFT around its counter bearing. The DDFT showing abnormalities in the MRI impressed histopathologically by severe chronic degenerative tendinopathies. Those tendinopathies partly showed cystic necrosis, in other parts hyaline chondral metaplasias as well as ossifications. Signal abnormalities of the MRI could always be verified histopathologically. There were no discrepancies between the signal intensities of the T1- and T2*-weighted images, so that the quality of the DDFT lesion could be verified by the MRI. However a dimension-wise verification of a tendon lesion could be shown by the MRI. Consequently MRI on the standing horse by help of the Hallmarq Veterinarian Limb Scanner represents a sensitive tool for the diagnostic of DDFT lesions in the area of the foot.

Keywords: MRI, horse, Deep Digital Flexor Tendon, tendinitis, histology

Einleitung

Die Magnetresonanztomographie hat weltweit sowohl in der Human- als auch in der Veterinärmedizin einen raschen technischen Fortschritt erfahren. Sie hat bereits einen festen Platz in der Diagnostik des Bewegungsapparates erlangt (Bohndorf 1992, Vahlensieck et al. 2006, Mair and Kinns 2005). Ihre Vorteile kommen besonders im Hufbereich zur Geltung, da es derzeit keinem anderen bildgebenden Verfahren möglich ist, Weichteile und Knochen in diesem Bereich mit einer entspre-

chenden Detailgenauigkeit darzustellen (Mehl et al. 1998, Kleiter et al. 1999, Widmer et al. 2000).

Die rasante Entwicklung ermöglichte Kenntnisse über eine große Anzahl neuer Erkrankungen und Veränderungen, so dass neue Begriffe in der Diagnostik geprägt wurden wie Palmar Foot Syndrome (Rijkenhuizen 2006). Wie bei jeder neu eingeführten bildgebenden Technik konnte man viele Veränderungen finden, deren Wertung und Wichtung jedoch über Jahre erfolgen und dokumentiert werden müssen. So existie-

ren Studien, die mithilfe der Kernspintomographie identifizierte TBS Läsionen von Pferden dokumentiert und mit deren histopathologischen Befunden verglichen haben. Es kristallisiert sich langsam heraus, dass MRT Befunde der Sehnen wahrscheinlich stark mit Lahmheitsursachen korrelieren (Murray et al. 2004, 2006a, 2006b, Blunden et al. 2009). Allerdings sind bis dato Kadaverbeine bzw. liegende Pferde im Hochfeldgerät untersucht worden. In diesem Fall sollten nur Pferde untersucht werden, die klinisch vorselektiert wurden, damit alle anderen Ursachen als schmerzauslösend weitgehend eliminiert waren. Das Ziel dieser Arbeit bestand darin, mit einem Niederfeldgerät am lahmen, stehenden Pferd festgestellte kernspintomographische Befunde in der TBS im Bereich des Hufes durch histopathologische Untersuchung dieser Sehnen zu verifizieren.

Tiere und Methoden

Das Patientengut dieser Untersuchung stammt aus der Tierärztlichen Klinik für Pferde in Bargteheide aus dem Zeitraum Oktober 2003 bis Februar 2007. Einschlusskriterium stellten dar: eine Lahmheit, welche mittels diagnostischer Leitungsanästhesie auf den Hufbereich lokalisiert werden konnte. Bei zwei Pferden war dies nicht möglich, da Fissurverdacht bestand. Ein weiteres Einschlusskriterium stellte ein erhöhtes Signal im MRT im Bereich der TBS dar, reproduzierbar in mindestens einer anderen Sequenz und/oder einer anderen Schnittebene. Weiterhin wurden nur Pferde involviert, die nach der Untersuchung euthanasiert worden sind. Diesen Kriterien entsprachen 15 Vorderbeine von insgesamt 12 Pferden. Als Kontrollgruppe dienten drei weitere Vorderbeine von zwei lahmfreien Pferden, welche aufgrund einer anderen Erkrankung euthanasiert wurden. Die Untersuchungen wurden mit dem Niederfeldtomographen „Hallmarq Veterinarian Limb Scanner“ der Firma Hallmarq Veterinary Imaging Ltd. (Guildford, Großbritannien) durchgeführt. Dabei handelt es sich um einen U-förmigen Magneten, der speziell für das stehende Pferd konzipiert wurde (0,27 Tesla, Field of View 14 cm) (Tab.1). Die Bilddaten wurden mithilfe des Programms Efilm Workstation ausgewertet.

Nach Sedation mit Detomidin (Domosedan®, 0,02-0,04 mg/kg KW i.v.), Romifidin (Sedivet®, 0,04-0,08 mg/kg KW i.v.) und Acepromacin (Vetranquil®, 0,05-0,1 mg/kg KW i.v.) jeweils in der Anwendung als Monopräparat oder in Kombination erfolgte die Positionierung des Patienten. Es wurde in den Ebenen sagittal, transversal (senkrecht zur TBS), horizontal (rechtwinklig zum Verlauf der Kollateralbänder des Hufgelenks) sowie frontal untersucht mittels jeweils passender HF-Hufspule. Die Auswertung der Bilder erfolgte nach Murray et al. (2006a), wobei Kontur und Signalintensität der TBS in den einzelnen Schnitten und Sequenzen beurteilt und miteinander verglichen wurden. Als physiologisch wurde eine TBS mit einer gleichförmigen, niedrigen Signalintensität und einer klaren Sehnergrenze bezeichnet. Abweichende Befunde wurden aufgrund ihrer Lokalisation und Form als zentrale Sehenschäden, Längsaufspaltungen oder sagittaler Splitt, Läsionen des dorsalen Sehnenrandes oder Insertionsschäden bezeichnet (Mair und Kinns 2005).

Um die Lokalisation der Veränderungen in proximodistaler Ausrichtung zu beschreiben, wurden vier Zonen (Busoni et al.

2005) zu Hilfe genommen. Zone 1 beschreibt den Bereich der TBS, der proximal des proximalen Recessus der Bursa podotrochlearis liegt. Zone 2 folgt nach distal und reicht bis an den proximalen Strahlbeinrand. Zwischen dem proximalen und distalen Rand des Strahlbeins liegt Zone 3. Zone 4 hingegen reicht vom distalen Rand des Strahlbeins bis in das Hufbein.

Die pathohistologische Untersuchung der für mindestens 48 h in 10%igem neutralgepuffertem Formalin immersionfixierten Sehnen erfolgte nach Standardeinbettung in Paraffin an Haematoxylin- und Eosin-gefärbten, etwa 3 µm dicken Präparaten. Die Schnittebenen lagen stets quer zur Sehnenachse und schlossen angrenzende Strukturen des Halte- und Bewegungsapparates incl. Sehnnenscheiden mit ein. Die Auswertung und Fotografie erfolgte mithilfe des Lichtmikroskopes BX41 (Olympus, Hamburg) und der Colorvision II Kamera (Soft Imaging System SIS, Münster). Die digitale Vermessung der Läsionen wurde mit analySIS®, Soft Imaging System SIS, Münster durchgeführt.

Ergebnisse

Kontrollgruppe

Alle Sehnen der Kontrollgliedmaßen wiesen ein gleichmäßiges niedriges und damit physiologisches Signal auf (Tab.2). Bei allen drei Pferden konnten histologisch dezente Veränderungen der Sehnen vorgefunden werden. Kontrollpferd 1: Im Bereich der Insertion wurden multifokale, dezente Degenerationen des faserreichen Sehngewebes mit herdförmigen Tendenzen zur Nekrose sichtbar. Darüber hinaus zeigten einzelne Herde eine Metaplasie zu hyalinem Knorpelgewebe. Kontrollpferd 2: Im medialen als auch im lateralen Schenkel wurden fokale, geringmittelgradige degenerative Veränderungen mit geringgradigen Knorpelmetaplasien nachgewiesen. Kontrollpferd 3: Fokale, geringgradige Sehnenfaserdegenerationen mit geringgradigen Knorpelmetaplasien.

Lahme Pferde

Die Pferde und Befunde der Gruppe „Lahme Pferde“ sind der besseren Übersicht wegen in Tab. 3 zusammengefasst dargestellt. In den Abbildungen 1 bis 4 werden ausgewählte Beispiele vorgestellt.

Diskussion

In der vorliegenden Arbeit konnten allen im Niederfeldgerät festgestellten abweichenden Veränderungen der TBS im Strahlbeinbereich histopathologische Veränderungen zugeordnet werden. Dabei wurden die Pferde erstmalig stehend untersucht. Bisherige Veröffentlichungen mit histopathologischer Bestätigung der Veränderung wurden bisher nur an abgesetzte Pferdebeine mit Hochfeldgeräten (Murray et al. 2004 und 2006a, Busoni et al. 2004, Blunden et al. 2009) nachgewiesen. Die niedrige Feldstärke der Niederfeldgeräte wird häufig als Nachteil benannt, da sie zu einem niedrigen Signal-zu-Rausch-Verhältnis führt. Aus diesem verminderten Verhältnis resultiert in der Bilddarstellung eine herabgesetzte

Bildqualität. Um dennoch eine dem Hochfeldtomographen vergleichbare Bildqualität zu erreichen, muss die Untersuchungsdauer entsprechend erhöht werden. In der Literatur gibt es eine kontroverse Diskussion. Einige Autoren berichten über die höhere Bildqualität eines Hochfeldtomographen,

Ein Vorteil der Untersuchungen am stehenden Pferd bietet die physiologische Haltung der Gliedmaße, die eine Untersuchung mit entsprechenden Zug- und Druckverhältnissen auf die Sehnen, die Bursa podotrochlearis und die Zehengelenke erlaubt (Mitchell et al. 2006). Der Querschnitt der Sehne

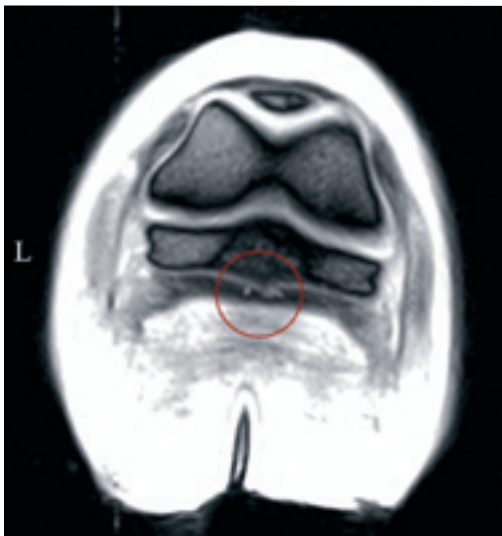


Abb. 1a GRE T2* Transversalschnitt in Zone 3 eines 9-jährigen Oldenburger Wallachs, rechter Vorderhuf: Zwei fokale Signalerhöhungen der TBS mittig zwischen den beiden Schenkeln als Schäden des dorsalen Sehnenrandes.
9 yrs old Oldenburger gelding; transverse GRE T2*weighted image of zone 3, right front foot: two focal signalintensities in the deep digital flexor tendon (dorsal border lesion).

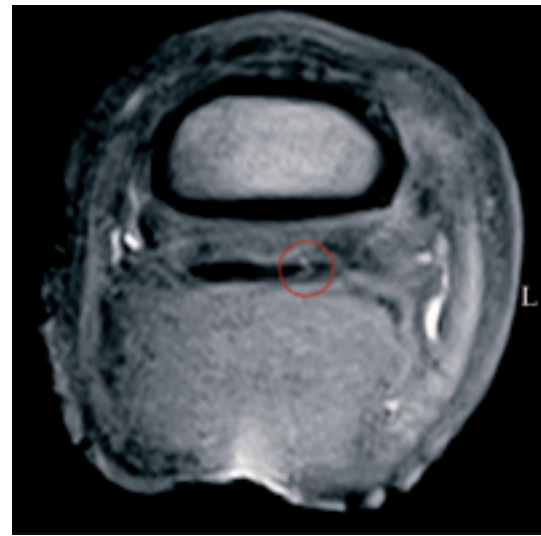


Abb. 2a GRE T1w Transversalschnitt der TBS in Zone 2 eines 7-jährigen Quarter Mix Wallachs, linker Vorderhuf: umschriebene Signalerhöhung im lateralen Schenkel der TBS als zentraler Sehnen-schaden.
7yrs old Quarter Mix gelding; transverse GRE T1weighted image of zone 2, left front foot: Increased signal in the lateral lobe of the DDFT.

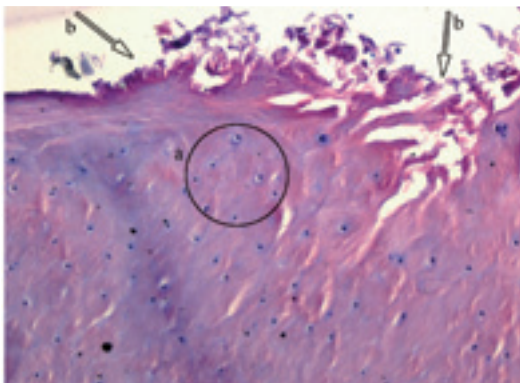


Abb. 1b Lichtmikroskopischer Schnitt der TBS des gleichen Pferdes: Sehnenfaserdegeneration mit dezenter hyaliner Knorpelmetaplasie und Ausfransungen oberflächlicher degenerierter Sehnenfaseranteile (HE-Färbung, 400fache Originalvergrößerung) a) Knorpelzellen, b) Ausfransungen.
Light microscopic image of the DDFT of the same horse: Degeneration of the tendon fibres containing mild hyaline chondral metaplasie and fibrillation of the superficial degenerated tendon fibres (H&E, Magnification x 400), a) chondrocytes, b) fibrillation.

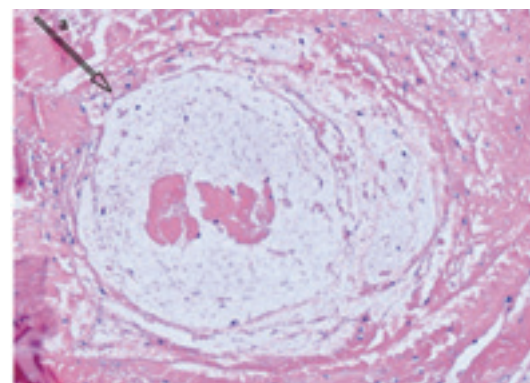


Abb. 2b Lichtmikroskopischer Schnitt der TBS des gleichen Pferdes: hochgradige zystische Sehnenendegeneration (HE-Färbung, 100-fache Originalvergrößerung) a) Zystenbildung
Light microscopic image of the DDFT of the same horse: severe cystic tendon degeneration. (H&E, Magnification x 100) a) cystic formation.

bestätigen aber auch, dass dadurch kein wesentlicher diagnostischer Vorteil geschaffen wird (Gutberlet et al. 2004, Röttgen et al. 2005). Diese Aussage kann anhand der vorliegenden Arbeit bestätigt werden. Die klinisch relevanten pathologischen Veränderungen der TBS im kernspintomographischen Bild konnten alle gut dargestellt werden und reichten somit zur Diagnosstellung aus. Eine Narkose mit den verbundenen Risiken ist allein mit der höheren Bildqualität nicht zu rechtfertigen.

ändert sich im entspannten Zustand unterschiedlich (Ersoy 2005). Allerdings weisen Mitchell et al. (2006) daraufhin, dass die Bildqualität eines stehenden Magnetresonanztomographen am stärksten durch falsches Positionieren des Pferdes und Bewegung während der Untersuchung negativ beeinflusst wird, was zu einer ungenügenden diagnostischen Qualität führen kann.

Besonders vorteilhaft in der Pferdemedizin ist die Möglichkeit der Darstellung der Strukturen innerhalb des Hufes (Denoix 1994, Widmer et al. 2000, Tucker und Sande 2001, Gäch 2002, Jahn et al. 2004, Busoni et al. 2005, Schneider et al.

2005). Die Ultraschalldiagnostik, das am häufigsten eingesetzte Verfahren zur Darstellung der Weichteile, bietet nur in geringem Maße die Möglichkeit, die Sehnen und Bänder innerhalb der Hufkapsel zu untersuchen. Rand et al. (1998) stellten fest, dass die Kernspintomographie sowohl eine höhe-



Abb. 3a GRE T2* Transversalschnitt in Zone 2 eines 6-jährigen Holsteiner Wallachs, rechter Vorderhuf: längliche Signalerhöhung im lateralen Schenkel der TBS als Längsaufspaltung.
6yrs old Holsteiner gelding; transverse GRE T2*weighted image of zone 2, right front foot: Increased signal in the lateral lobe of the DDFT (sagittal split).

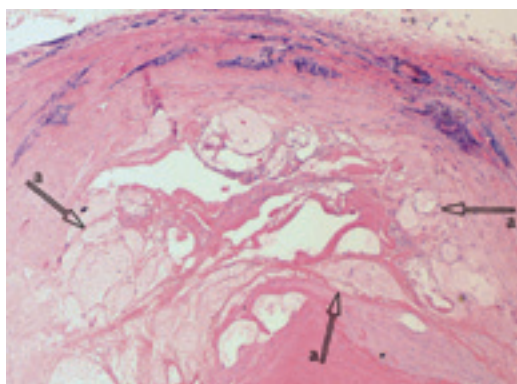


Abb. 3b Lichtmikroskopischer Schnitt der TBS des gleichen Pferdes: Großflächige zystische Sehnenfaserdegeneration (HE-Färbung, 20-fache Originalvergrößerung) a) Zystenbildung
Light microscopic image of the DDFT of the same horse: large area of cystic tendon fibres degeneration. (H&E, Magnification x 20) a) cystic formation.

re Sensitivität und Spezifität als auch Reproduzierbarkeit gegenüber degenerativen Sehnenveränderungen aufweist als die Ultraschalldiagnostik.

In dieser Arbeit wurde der Hallmarq Veterinarian Limb Scanner zur Untersuchung der TBS des Pferdes im Hufbereich genutzt. Die TBS stellt in diesem Bereich einen Teil der Hufrolle dar. Die Erkrankungen dieses Komplexes werden in dem Begriff Podotrochlosesyndrom zusammengefasst, welches eine der häufigsten Ursachen für chronische Vorderhandlahmheiten des Pferdes darstellt. Bis vor einigen Jahren wurden diese aus dem Hufbereich kommenden Lahmheiten in den meisten Fällen dem Strahlbein zugeschrieben (Whitton et

al. 1998, Rijkenhuizen 2004, Murray et al. 2006b). Eine Darstellung der Schäden des Weichteilgewebes, insbesondere der TBS im Hufbereich gelingt erst seit der Nutzung der Magnetresonanztomographie. Seitdem ist eine genauere Differenzierung der verschiedenen Ursachen für aus dem Hufrol-

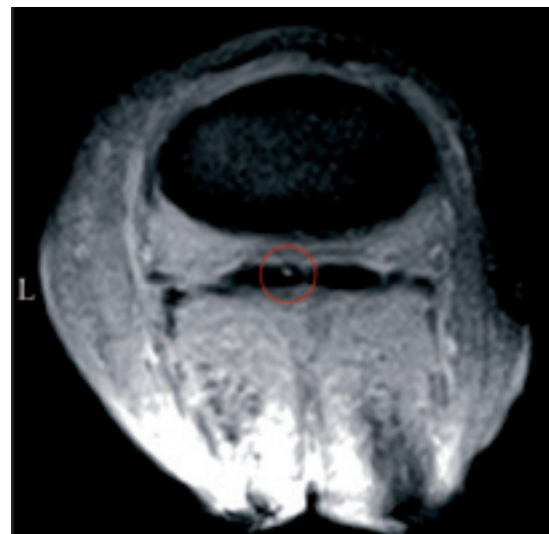


Abb. 4a GRE T2* Transversalschnitt der TBS in Zone 1 einer 7-jährigen Westfalenstute, rechter Vorderhuf: kleine umschriebene Signalerhöhung der TBS als zentraler Sehnen Schaden.
7yrs old Westfale mare; transverse GRE T2*weighted image of zone 1, right front foot: Small defined area of increased signal in the DDFT (core lesion).

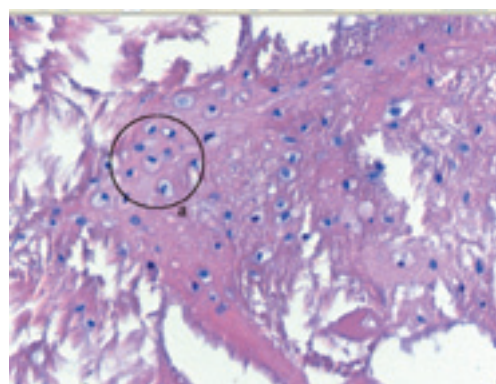


Abb. 4b Lichtmikroskopischer Schnitt der TBS des gleichen Pferdes: Hochgradige Sehnenfaserdegeneration mit knorpeliger Metaplasie 5 cm proximal des Strahlbeins (HE-Färbung, 200fache Originalvergrößerung) a) Knorpelzellen.
Light microscopic image of the DDFT of the same horse: Severe tendon degeneration with chondral metaplasia 5 cm proximal to the navicular bone. (H&E, Magnification x 200) a) chondrocytes.

lenbereich resultierenden Lahmheiten möglich. Der Begriff Palmar Foot Syndrome (Rijkenhuizen 2006) ist Ausdruck dieses neuen Verständnisses und der besseren Diagnostik im Bereich der distalen Gliedmaße des Pferdes.

Einige kernspintomographische Untersuchungen zeigen, dass nach dem Strahlbein die TBS die häufigste Ursache für Lahmheiten im Hufrollenbereich darstellt (Schneider et al. 2005). Sill (2008) fand in einer Studie bei 44% der untersuchten lahmen Pferden Läsionen der TBS im Hufrollenbereich vor. Dyson et al. (2005) beschreiben bei 59% und in einer anderen Studie bei 61% (2003b) Läsionen der TBS in diesem

Bereich. Die nun mögliche Differenzierung der verschiedenen Läsionen im Hufrollenkomplex erlaubt eine bessere und zielgerichtete Auswahl der Therapie für jeden einzelnen Fall (Schneider et al. 2003). Weiterhin ist auch eine Erkennung von Frühschäden möglich, welche durch rechtzeitige, therapeutische Maßnahmen noch beeinflusst werden können. Darüber hinaus kann eine genauere Aussage über die Prognose getroffen werden.



Abb. 4c GRE T1 Sagittalschnitt des gleichen Pferdes: Erhöhtes Signal der TBS im gesamten Bereich oberhalb des Strahlbeins. Die Ausdehnung in Längsrichtung der Sehne wird hier viel deutlicher als auf den Transversalschnitten.

Sagittal GRE T1weighted image of the same horse, right front foot: Increased signal in the DDFT proximal to the navicular bone. The dimension of the length of the lesion is much more obvious in the sagittal image than it is in the transverse image.

Bis jetzt liegen Daten über kernspintomographische Befunde der TBS des Pferdes im Vergleich zu histopathologischen Befunden nur begrenzt vor. Murray et al. (2006a) und Blunden et al. (2009) haben magnetresonanztomographische und histopathologische Befunde verglichen. Die Ergebnisse unterstützen die These, dass es sich bei einer Signalveränderung in der Magnetresonanztomographie tatsächlich um eine Gewebsveränderung handelt. Der Nachteil der bisherigen Studien liegt jedoch darin, dass abgesetzte Extremitäten bzw. liegende Pferde untersucht worden sind. Postmortem entstandene Signalveränderung konnten nicht ausgeschlossen werden.

Schramme et al. (2002b) fand ein hohes Vorkommen von Weichteilläsionen im 0,5 Tesla Magnetfeld, welche in der Histologie nicht reproduziert werden konnten. Möglicherweise lässt sich dieses Phänomen durch einen Artefakt, den „magic angle effect“, erklären (Busoni and Snaps 2002). Bei dem für die vorliegende Arbeit genutzten MRT kommt es im Bereich der TBS nicht zu jenem Artefakt, da bei diesem Magneten das Magnetfeld horizontal zur Gliedmaße verläuft (Spriet et al. 2007, Murray 2008).

Die Pferde in der Kontrollgruppe der vorliegenden Arbeit wiesen kernspintomographisch keine erkennbaren Signalveränderungen im Bereich der TBS auf. Histopathologisch wurden jedoch bei den drei untersuchten Sehnen dieser Pferde Veränderungen vorwiegend im Bereich der Insertion und auf Höhe des Strahlbeins nachgewiesen, die als knorpelige

Metaplasien bezeichnet und als geringgradig bzw. dezent eingestuft wurden. Diese Ergebnisse gehen nicht konform mit denen von Wright et al. (1998), stimmen aber mit denen von Blunden et al. (2009) überein. Sie fanden histologische Veränderungen magnetresonanztomographisch unveränderter Sehnen, allerdings in einem weitaus geringeren Maß als bei lahmen Pferden. Aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit kann einerseits die Schlussfolgerung gezogen werden, dass bereits junge, nicht lahme Pferde histologisch geringgradige Veränderungen in der TBS aufweisen können. Ein ähnliches Ergebnis fanden auch Blunden et al. (2006). Eine weitere Erklärung für das Auftreten knorpeliger Metaplasien der TBS im Strahlbeinbereich und der Insertion bei lahmfreien Pferden kann der spezielle Sehnentyp in diesem Bereich sein. Die TBS besitzt in diesem Abschnitt das Erscheinungsbild einer Gleitsehne, die über das Strahlbein als ein Widerlager hinwegzieht und aufgrund des vermehrten Druckes dort knorpelige Anteile besitzt. Darüber hinaus besitzt die TBS eine chondral-apophysäre Insertion, die ebenfalls knorpelig durchsetzt ist (Rauber and Kopsch 1987, Benjamin und Ralphs 1997).

In diese Arbeit konnten vorwiegend chronisch lahrende Pferde einbezogen werden. Somit war es nicht möglich, das gesamte Spektrum der verschiedenen Stadien der Sehnen-schäden zu untersuchen. Jede Signalerhöhung der TBS im kernspintomographischen Bild korrespondierte mit histopathologischen Veränderungen derselben. Bei 14 Sehnen wurde histopathologisch eine hochgradige Tendopathie festgestellt, lediglich eine Sehne zeigte mittelgradige Veränderungen. Ein ähnliches Ergebnis gab es in Bezug auf die Dauer der Erkrankung. Es wurden elf chronische, zwei subakute und zwei subakut bis chronische Tendopathien diagnostiziert. Dieses Ergebnis lässt sich abermals durch die Patientenstruktur erklären, da ein Großteil der Pferde (11/15) bereits eine chronische Lahmheit zeigte.

Die histopathologischen Befunde waren in den verschiedenen Stadien der Tendopathien sehr ähnlich. Es wurden im allgemeinen Sehnenfaserdegenerationen mit Zystenbildung, mit hyalinknorpeligen Metaplasien, teils mit Tendenzen zu Verkalkungen bzw. Verknöcherungen gefunden. Diese histopathologischen Befunde werden von Busoni et al. (2005) als auch von Schramme et al. (2005) ebenfalls beschrieben.

Lediglich ein Pferd (Pferd Nr. 4) wies eine akute Lahmheit auf. Die kernspintomographische Untersuchung zeigte bei diesem Pferd eine gleichermaßen erhöhte Signalintensität in den T1- und T2*-Wichtungen. Histopathologisch wurde auch hier das erhöhte Signal als eine Veränderung der Sehnenstruktur bestätigt. Im Unterschied zu den anderen Fällen konnten eine mittelgradige Infiltration mit Lymphozyten und Plasmazellen und darüber hinaus Blutungen und Hämosiderosen nachgewiesen werden. Diese Befunde sind Ausdruck des akuten Zustandes der Tendopathie und der reparativen Vorgänge. Diese These unterstützt die Arbeit von Crass et al. (1992), in der sie die frühe Entzündungsphase mit denselben histopathologischen Befunden beschreiben. Zusätzlich wurden bei diesem Patienten Nekrosen und Knorpelmetaplasien nachgewiesen. Es kann davon ausgegangen werden, dass bereits eine chronische Veränderung über einen längeren Zeitraum klinisch inapparent bestand. Erst die fortschreitende Läsion scheint eine akute Lahmheit hervorgerufen zu haben.

Bezüglich der Heilung von Sehnenläsionen geht man davon aus, dass traumatisch bedingte primäre Weichteilverletzung Ruhe zur Reparatur benötigt. Bestehende degenerative Veränderungen sind jedoch nicht reversibel. Sie sind häufig ausgedehnt und lassen sich nicht therapieren (Dyson und Murray 2006). Die hier beschriebenen Fälle unterstützen diese Aussage. Lediglich in einem Fall (Pferd Nr. 4) konnte Granulationsgewebe nachgewiesen werden, die anderen untersuchten Sehnen zeigten keine Tendenzen zur Heilung.

In allen Fällen wurden die im kernspintomographischen Bild als verändert erkannten Bereiche der TBS histopathologisch bestätigt. Die These von Murray et al. (2006a), das erhöhte Signal der TBS im kernspintomographischen Bild stehe für eine Schädigung des Sehngewebes, kann somit auch für Niederfeldgeräte bestätigt werden. Verschiedene Autoren diskutieren, ob sich anhand der kernspintomographischen Darstellung in den unterschiedlichen Wichtungen das Stadium der Läsion in akute und chronische Prozesse differenzieren lässt. Mair und Kinns (2005) kommen zu dem Ergebnis, dass sich Läsionen der TBS in T1w- und T2w-Bilder generell ähnlich darstellen. Auch in dieser Studie ist es zu keinem deutlichen Unterschied in der Darstellung zwischen den T1w- und T2*w-Bildern gekommen. Die Signalveränderungen waren in beiden Wichtungen sichtbar und zeigten keine auffälligen Unterschiede in der Signalintensität. Auch die akute Sehnen-schädigung des Pferdes Nr. 4 zeigte eine ähnliche Signalintensität in der T2* wie in der T1-Wichtung. Akute, entzündliche Sehnenläsionen weisen laut Denoix (1994a) ein deutlich erhöhtes Signal auf T2w Bildern auf und mit dem Rückgang der Entzündungsprozesse sinkt auch die Signalintensität wieder (Denoix 1994). Somit konnte in der vorliegenden Studie bereits anhand der kernspintomographischen Bilder davon ausgegangen werden, dass es sich um nicht regenerierte, chronische Prozesse handelt. Dieses geht mit der Aussage von Busoni et al. (2005) einher, dass ein erhöhtes Signal in der T2-Wichtung eine fortgeschrittene Sehnenfaserdegeneration mit Bildung pseudozystischer Formationen bedeutet.

Alle kernspintomographisch erhobenen Befunde konnten histopathologisch verifiziert und spezifiziert werden. Eine Unterscheidung von akuten und chronischen Tendopathien war in der vorliegenden Arbeit nicht möglich, weil keine Pferde mit einer akuten Tendopathie in die Arbeit einbezogen werden konnten. Die genaue Ausdehnung eines Sehnen-schadens ist kernspintomographisch sicher ermittelbar. Somit stellt die Magnetresonanztomographie am stehenden Pferd mit einem Niederfeldtomographen ein geeignetes Verfahren zur Diagnostik von Läsionen der TBS im Hufbereich dar.

Literatur

- Benjamin M. und J. Ralphs (1997) Tendons and ligaments – an overview. *Histol. Histopathol.* 12, 1135-1144
- Blunden A. S., S. J. Dyson, R. C. Murray und M. C. Schramme (2006) Histopathology in horses with chronic palmar foot pain and age-matched controls. Part 2: The deep digital flexor tendon. *Equine Vet. J.* 38, 23-27
- Blunden A. S., R. C. Murray und S. J. Dyson (2009) Lesions of the deep digital flexor tendon in the digit: A correlative MRI and post mortem study in control and lame horses. *Equine Vet. J.* 41, 25-33
- Bohndorf K. (1992) MRT des Skeletts, der peripheren Weichteile und der Gelenke. *Radiol Diagn.* 33, 7-12
- Busoni V., M. Heimann, J. Trenteseaux, F. Snaps und R. F. Donde-linger (2005) Magnetic resonance imaging findings in the equine deep digital flexor tendon and distal sesamoid bone in advanced navicular disease – an ex vivo study. *Vet. Radiol. Ultras.* 46, 279-86
- Busoni V. und F. Snaps (2002) Effect of deep digital flexor tendon orientation on magnetic resonance imaging signal intensity in isolated equine limbs – the magic angle effect. *Vet. Radiol. Ultras.* 43, 428-30
- Crass J. R., R. L. Genovese, J. A. Render und E. M. Bellon (1992) Magnetic resonance, ultrasound and histopathologic correlation of acute and healing equine tendon injuries. *Vet. Radiol. Ultras.* 33, 206-216
- Denoix J. M. (1994) Functional anatomy of tendons and ligaments in the distal limbs (manus and pes). *Vet. Clin. North Am. [Equine Pract]* 10, 273-322
- Dyson S. J. und R. C. Murray (2006) Magnetic resonance imaging of the foot: how does it influence treatment and prognosis? *Proc. 45th British Equine Veterinary Association (BEVA) Annual Congress*; 14.-16.09.2006; Birmingham, Großbritannien. 248-249
- Ersoy S. H. (2005): Können Erkenntnisse über die mechanischen Eigenschaften der tiefen und oberflächlichen Beugesehnen des Pferdes durch Magnetresonanztomographie gewonnen werden? Dissertation, LMU München
- Gäch A. (2002) Magnetresonanztomographische Darstellung pathologischer Veränderungen der Pferdezehe und Erstellung eines Untersuchungsprotokolls an einem offenen Niederfeldsystem. Diss. med. vet. München: Tierärztliche Fakultät
- Gutberlet M., B. Spors, M. Grothoff, P. Freyhardt, K. Schwinge, M. Plotkin, H. Amthauer H., R. Noeske und R. Felix (2004) Comparison of different cardiac MRI sequences at 1.5 T/3.0 T with respect to signal-to-noise and contrast-to-noise ratios – initial experience. *Fortschr. Röntgenstr.* 176, 801-808
- Jahn W., I. Lorenz, N. Steenbuck und V. Sill (2004) Möglichkeiten der Kernspintomographie am stehenden Pferd. Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V., 18. Arbeitstagung; 04.05.03.2004; Hannover, Deutschland, 88-89
- Kinns J. und T. S. Mair (2003) Diagnosis of deep digital flexor tendonitis in the foot using mri in the standing horse. *Proc. 13th International Veterinary Radiology Congress*; 18.-22.08.2003; Midrand, South Africa. 26
- Kleiter M., S. Kneissl, C. Stanek, E. Mayrhofer, U. Baulain und E. Deegen (1999) Evaluation of magnetic resonance imaging techniques in the equine digit. *Vet. Radiol. Ultras.* 40, 15-22
- Mair T. S. und J. Kinns (2005) Deep digital flexor tendonitis in the equine foot diagnosed by low-field magnetic resonance imaging in the standing patient: 18 cases. *Vet. Radiol. Ultras.* 46, 458-466
- Mehl M. L., R. L. Tucker, C. A. Ragle und R. K. Schneider (1989) The use of MRI in the diagnosis of equine limb disorders. *Equine Pract.* 9, 14-17
- Mitchell R. D., R. B. Edwards III, L. D. Makkreel und T. D. Oliveira (2006) Standing MRI lesions identified in jumping and dressage horses with lameness isolated to the foot. *Proc. 52nd Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners (AAEP)*; 02.-06.12.2006; San Antonio, Texas, USA. 422-426
- Murray R. C. (2008) How does a lesion appear with high and low field MR imaging? In: *Advanced Magnetic Resonance Imaging for Horses*; 26./27.01.2008; Bonn, Deutschland
- Murray R. C., T. S. Blunden, M. C. Schramme und S. J. Dyson (2006a) How does magnetic resonance imaging represent histologic findings in the equine digit? *Vet. Radiol. Ultras.* 47, 17-31
- Murray R. C., S. J. Dyson und T. S. Blunden (2006b) Pathology related to palmar foot pain. *Proc. 45th British Equine Veterinary Association (BEVA) Annual Congress*; 14.-16.09.2006; Birmingham, Großbritannien, 240-241
- Murray R. C., B. L. Roberts, C. Schramme, S. J. Dyson und M. V. Branch (2004) Quantitative evaluation of equine deep digital flexor tendon morphology using magnetic resonance imaging. *Vet. Radiol. Ultras.* 45, 103-111

- Rand T., T. Bindeus, K. Alton, T. Voegelé, C. Kukla, C. Stanek und H. Imhof (1989) Low-field magnetic resonance imaging (0.2 T) of tendons with sonographic and histologic correlation: cadaveric study. *Invest Radiol.* 33, 433-438
- Rauber A. und F. Kopsch (1987) Anatomie des Menschen. Bd. I: Bewegungsapparat. 20. Aufl. Stuttgart, New York: Springer-Verlag
- Rijkenhuizen A. B. (2004) Navicular disease, is there anything new? *Proc. 5th Maastricht International Congress on Equine Medicine (MICEM)*; 10.-11.12. 2004; Maastricht, Niederlande. 14-15
- Rijkenhuizen A. B. (2006) Navicular disease: a review of what's new? *Equine Vet. J.* 38, 82-88
- Röttgen R., K. Haltaufderheide, R. J. Schröder, M. Lorenz, H. Herzog, F. Neumann, L. Lehmkuhl, L. Winter, R. Felix und H. Bruhn (2005) Auswirkungen der Feldstärke bei der standardisierten Kernspintomographie des Gehirns am Beispiel der Darstellung von Hirnnerven und Gefäßen in den basalen Zisternen: Vergleich zwischen 1,5 und 3,0 Tesla. *Fortschr. Röntgenstr.* 177, 530-535
- Schneider R. K., P. R. Gavin und R. L. Tucker (2003) What MRI is teaching us about navicular disease. In: *Proceedings of the 49th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners (AAEP)*; 21.-25. November 2003; New Orleans, Louisiana, USA, 210-219
- Schneider R. K., S. S. Samson und P. R. Gavin (2005) Magnetic resonance imaging evaluation of horses with lameness problems. In: *Proceedings of the 51st Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners (AAEP)*; 03.-07. Dezember 2005; Seattle, Washington, USA, 21-34
- Schramme M. C., R. C. Murray, A. S. Blunden und S. J. Dyson (2005) A comparison between magnetic resonance imaging, pathology, and radiology in 34 limbs with navicular syndrome and 25 control horses. *Proc. 51st Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners (AAEP)*; 03.-07.12.2005; Seattle, Washington, USA, 348-358
- Schramme M. C., R. C. Murray, S. J. Dyson, C. Whitton, C. Buckley, A. Wales und A. S. Blunden (2002b) Midfield magnetic resonance imaging (MRI) of navicular syndrome in cadaver limbs of horses. In: *Proceedings of the 11th Annual Scientific Meeting of the European College of Veterinary Surgeons (ECVS)*; 05.-07. Juli 2002; Wien, Österreich, 187-189
- Sill V. (2008) Kernspintomographische Untersuchungen in der Hufregion am stehenden Pferd. Diss. Med. Vet., München
- Spiet M., W. Mai und A. McKnight (2007) Asymmetric signal intensity in normal collateral ligaments of the distal interphalangeal joint in horses with a low-field MRI system due to the magic angle effect. *Vet. Radiol. Ultras.* 48, 95-100
- Tucker R. L. und R. D. Sande (2001) Computed tomography and magnetic resonance imaging in equine musculoskeletal conditions. *Vet. Clin. North Am. [Equine Pract.]* 17, 145-157
- Vahlensieck M., F. Träber und J. Giesecke (2006) Relevante MR-Techniken. In: Vahlensieck, M., M. Reiser MRT des Bewegungsapparates. Stuttgart, New York, Verlag Thieme, 3. Auflage, 1-22
- Whitton R. C., C. Buckley, T. Donovan, A. D. Wales und R. Dennis (1998) The diagnosis of lameness associated with distal limb pathology in a horse: A comparison of radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging. *Vet. J.* 155, 223-229
- Widmer W. R., K. A. Buckwalter, J. F. Fessler, M. A. Hill, D. C. VanSickle und S. Ivancevich (2000) Use of radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging for evaluation of navicular syndrome in the horse. *Vet. Radiol. Ultras.* 41, 108-116
- Wright M., L. Kidd und B. H. Thorp (1998) Gross, histological and histomorphometric features of the navicular bone and related structures in the horse. *Equine Vet. J.* 30, 220-34

Dr. Kerstin Gerlach,
Chirurgische Tierklinik
Universität Leipzig
An den Tierkliniken 21
04299 Leipzig
gerlach@vetmed.uni-leipzig.de