

Vergleichende bilaterale magnetresonanztomographische Untersuchungen der Hufregion im Niederfeld-MRT – Teil 2: Häufigkeit der Befunde und deren Verteilung

Thomas Stöckl¹, Thorben Schulze², Walter Brehm³ und Kerstin Gerlach⁴

Tierklinik Binger Wald¹, Klinik für Pferde und Radiologie aus dem Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin², Chirurgische Tierklinik der Universität Leipzig³

Zusammenfassung

Im Niederfeld-Magnetresonanztomographen (MRT) wurden beide Vordergliedmaßen von 120 Pferden untersucht. In einer ersten Veröffentlichung wurden vorgefundene Veränderungen in vier Grade eingeteilt und beschrieben. Diese Pferde wiesen 171 lahme und 69 nicht lahme Gliedmaßen auf. Die MRT-Befunde wurden hinsichtlich ihrer Häufigkeit, des Zusammenhangs zwischen Lahmheit und Lahmfreiheit sowie ihrer Verteilung bei einseitig oder beidseitig lahmen Pferden untersucht. Strahlbeinbefunde traten insgesamt am häufigsten auf (69,2 %) und wurden signifikant vermehrt mit dem höchsten Ausprägungsgrad aller Befunde bei beidseitig lahmen Gliedmaßen festgestellt (39,3 %). Läsionen der tiefen Beugesehne (TBS) traten etwas seltener (42,9 %) und vermehrt als stärkster Befund bei einseitig lahmen Gliedmaßen auf (22,2 %). Befunde an den Gelenkflächen des Hufgelenks waren ebenfalls häufig (47,5 %). Es ließ sich kein signifikant vermehrtes Auftreten bei ein- oder beidseitig lahmen Pferden feststellen. Deutliche Veränderungen der Bursa podotrochlearis standen in den meisten Fällen in Zusammenhang mit Veränderungen der umliegenden Strukturen wie Sehne oder Strahlbein. Deutlichere Veränderungen (Grad 3 und 4) korrelierten hierbei signifikant mit Lahmheit, wobei geringe Abweichungen in vielen Fällen auch bei lahmfreien Gliedmaßen zu finden waren. Die Ausweitung der Bursa podotrochlearis und des Hufgelenks ließen sich nicht signifikant mit den lahmen Gliedmaßen in Verbindung bringen. Weitere Strukturen wie das Strahlbein-Hufbeinband (Ligamentum sesamoideum distale impar LSDI) oder die Fesselbein-Strahlbein-Hufbeinbänder (Ligamentum sesamoideum collaterale mediale et laterale LSC) des Strahlbeins zeigten tendenziell vermehrt pathologische Veränderungen bei lahmen Pferden. Die vorliegende Arbeit wies statistisch gesicherte Zusammenhänge zwischen den im Niederfeld-MRT erhobenen Befunden und dem Auftreten uni- oder bilateraler Lahmheiten nach. Signifikante Korrelationen können hierbei Hinweise auf die klinische Bedeutung geben. Einige Signalabweichungen hingegen zeigten eine geringe bis keine Korrelation und sollten daher vorsichtiger bewertet werden.

Schlüsselwörter: Huf / Pferd / Hufrollenerkrankung / Sehne / palmar foot pain / Magnetresonanztomographie / Equines Palmares Fußsyndrom / bildgebende Diagnostik / Orthopädie

Distribution of findings of bilateral magnetic resonance examinations of lame and sound forelimb hoof regions

Both front limbs of 120 horses were investigated with a low-field-strength MRI unit. The findings were classified into grades 1-4. The examined limbs were sound or lame. In this study it was then considered how the distribution of the findings was, taking into account lameness and comparing this to the contralateral limb. Navicular bone findings occurred frequently (69.2 %) and were significantly more common in bilateral lameness. Tendon findings were less frequent (42.9 %), being significantly more common in unilaterally lame horses. Findings of the articular surfaces of the distal interphalangeal joint were also frequently seen (47.5 %) but there was no significant relation to unilaterally or bilaterally lame horses. Adhesions of the navicular bursa were in most cases related to changes in the surrounding structure such as navicular bone or tendon. More acute changes correlated significantly with the lameness but small adhesions were also often found in non-lame limbs. The extension of the bursa as well as swelling of the interphalangeal joint were not significantly increased in lame limbs in this study. Other structures such as the impar ligament or the collateral ligament of the navicular bone showed an increased incidence in lame horses, but due to the small sample size no significant correlations could be found. The comparative analysis of magnetic resonance imaging studies of the hoof region showed the distribution and severity of the findings in the different structures for low field magnetic resonance imaging. It also demonstrated the different distribution of the pathological findings depending on the clinical picture with only unilateral or bilateral lameness.

Keywords: foot / horse / navicular disease / tendon / palmar foot pain / magnetic resonance imaging / diagnostic imaging / orthopedics

Einleitung

Erkrankungen des Hufbereichs sind seit langer Zeit als wichtige Ursache von Lahmheiten der Vordergliedmaße bekannt. Als häufigstes Krankheitsbild wurde hier die Podotrochlose mit einer meist bilateralen Lahmheit, einem typischen Gangbild und radiologischen Veränderungen des Strahlbeins angeführt (Jacobi et al. 2006).

Krankheitsbilder mit zum Beispiel akut auftretenden einseitigen Lahmheiten oder das Auftreten von als pathologisch zu

wertenden röntgenologischen Veränderungen ohne klinische Lahmheit, konnten mit dem klassischen Begriff der Podotrochlose kaum erklärt werden. (Kaser-Hotz 1992, Branscheid 1977).

Mittels Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT) sowie Studien zur Signifikanz von diagnostischen Anästhesien wurde der Begriff des Equinen Palmares Fußsyndroms (EPS) als Sammelbegriff für verschiedene Pathologien im Hufbereich erarbeitet (Dabareiner und Carter 2003, Schneider et al. 2004, Rijkenhuizen 2006). Insbeson-

dere die MRT-Untersuchung am stehenden Pferd hat sich als wichtiges Instrument bei der weiterführenden Untersuchung dieses Krankheitsbildes durchgesetzt (Sill et al. 2011). In verschiedenen Arbeiten wurden die Befunde von lahmen Pferden mit Kontrollgruppen verglichen und histologische Vergleiche im Hochfeld-MRT angestellt (Blunden et al. 2006a, Blunden et al. 2006, Schramme et al. 2005, Murray et al. 2006). Zur Verifizierung der Befunde im Niederfeld-MRT wird in vielen Fällen die kontralaterale Gliedmaße vergleichend untersucht. Statistische Auswertungen über die Verteilung und Symmetrie dieser Befunde liegen hierbei nur für Pferde mit bilateraler Lahmheit und im Hochfeld-MRT vor (Sampson 2008, Murray et al. 2006, Dyson et al. 2005, Sampson et al. 2009). Dabei sind noch viele Fragen über die Relevanz und Verteilung auch bei lahmfreien Gliedmaßen offen. Ziel dieser Studie ist die statistische Auswertung der Verteilung von magnetresonanztomographischen Befunden bei lahmen und nicht lahmen Gliedmaßen.

Tiere und Methoden

Beide Vordergliedmaßen von 120 Pferden wurden mit einem Niederfeld-MRT („Hallmarq Veterinarian Limb Scanner“ Unit 1K Merrow Business Centre, Guildford, Surrey, United Kingdom) am stehenden Pferd untersucht. Somit lagen Bilder von 240 Gliedmaßen zur Beurteilung vor. Ein und Ausschlusskriterien wurden im ersten Teil der Arbeit beschrieben (Stöckl et al. 2013a).

Die MRT-Veränderungen wurden mit Hilfe eines vierstufigen Schemas nach Stöckl et al. (2013a) graduiert und deren Häufigkeit bei lahmen und nichtlahmen Gliedmaßen untersucht. Weiterhin wurde die Häufigkeit der am deutlichsten ausgeprägten Befunde einerseits für Gliedmaßen von einseitig lahmen und andererseits für die Gliedmaßen von beidseits lahmen Pferden ermittelt.

Der statistische Zusammenhang zwischen dem Auftreten der verschiedenen Befunde und einer Lahmheit wurde mittels eines Mann-Whitney-U-Tests (einseitige Monte Carlo Signifikanz) ausgewertet. Die statistische Häufigkeit der Befunde an den verschiedenen Strukturen bei einseitig oder beidseitig Lahmen Pferden wurde mittels eines Chi²-Tests analysiert.

Befunde des gleichen Grades an zwei Strukturen wurden festgehalten. Bei gleichem Ausprägungsgrad der Befunde von Bursa und Sehne oder Bursa und Strahlbein innerhalb einer Gliedmaße wurde diese Gliedmaßen mit dem höchsten Ausprägungsgrad an der Sehne bzw. dem Strahlbein zugeordnet.

Ergebnisse

Insgesamt wiesen 51 Pferde eine bilaterale und 69 Pferde eine unilaterale Lahmheit auf. Somit wurden insgesamt 171 lahme Gliedmaßen und 69 lahmfreie Gliedmaßen untersucht.

Das Strahlbein (SB) zeigte am häufigsten Signalabweichungen im MRT-Bild. Bei 69,2 % aller untersuchten Gliedmaßen wurden diese festgestellt (Abb. 1). Es wurden signifikant häu-

figer Signalabweichungen höherer Grade bei lahmen Gliedmaßen festgestellt (Tab.1). Befunde vom Grad 2 fanden sich mit 47,8 %, auch häufig bei nicht lahmen Gliedmaßen (Gruppe NL) (Abb. 2a).

Gliedmaßen von bilateral lahmen Pferden zeigten Befunde mit dem höchsten Ausprägungsgrad am Strahlbein von 34,3 %, der Fälle. Dies ist signifikant häufiger im Vergleich zu Gliedmaßen einseitig lahmer Pferde (Tab. 2). Zusätzlich traten bei zwölf Pferden Veränderungen des gleichen Grades sowohl am Strahlbein als auch an der tiefen Beugesehne auf.

Das Strahlbein–Hufbeinband (Ligamentum sesamoideum distale impar, LSDI) war in 15,4 % der Gliedmaßen auffällig (Abb.1). 10,2 % der nicht lahmen und 17,6 % der lahmen Gliedmaßen wiesen Signalveränderungen auf, wobei nur in

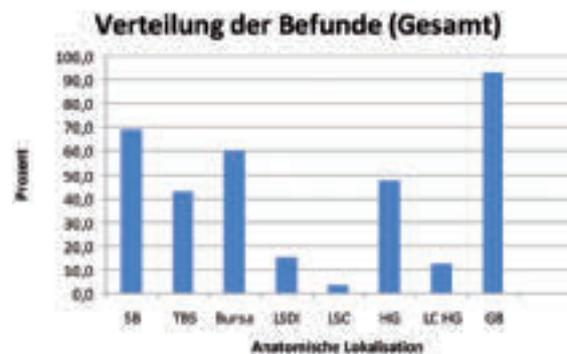


Abb. 1 Häufigkeiten der MRT-Befunde (≥ Grad 2) bezogen auf alle Gliedmaßen (N=240)

Frequency of mri findings (≥ grade 2) based on all limbs (N=240)
 SB=Strahlbein (navicular bone), TBS=Tiefe Beugesehne (deep digital flexor tendon), Bursa=Bursa podotrochlearis (navicular bursa), LSDI=Ligamentum sesamoideum distale impar (distal sesamoidean ligament), LSC=Ligamentum sesamoideum collaterale (collateral sesamoidean ligament), HG=Hufgelenkfläche (coffin joint surface), LC HG=Ligamentum collaterale Hufgelenk (collateral ligament coffin joint), GB=Gesamtbewertung (total classification)

Tab. 1 Statistische Auswertung der Korrelation von Gruppe (lahm oder nicht lahm) und Einstufung der pathologischen MRT-Veränderungen. (Mann-Witney-U Test, 1 seitige Monte Carlo Signifikanz)
 Statistical analysis of the correlation between group (lame or not lame) and the classification of the pathological mri features (Mann-Witney- U Test)

Struktur	Signifikanz P
SB	0.001
TBS	0,042
Bursa	0,302
LSDI	0,059
LSC	0,045
HG	0.029
LC HG	0,500
GB	>0,0001

SB = Strahlbein (navicular bone), TBS = Tiefe Beugesehne (deep digital flexor tendon), Bursa = Bursa podotrochlearis (navicular bursa), LSDI = Ligamentum sesamoideum distale impar (distal sesamoidean ligament), LSC = Ligamentum sesamoideum collaterale (collateral sesamoidean ligament), HG = Hufgelenkfläche (coffin joint surface), LC HG = Ligamentum collaterale Hufgelenk (collateral ligament coffin joint), GB = Gesamtbewertung (total classification)

einem Fall ein Split (deutlich erkennbare längliche Signalveränderung) im Band selber festgestellt wurde. Als Befund mit dem höchsten Ausprägungsgrad einer Gliedmaße wurde eine Veränderung in diesem Band nur bei 3,9 % der beidseitig lahmen Pferde gewertet. Eine statistische Signifikanz ließ sich auf dieser Grundlage nicht berechnen (Tab.1 und 2).

Das Fesselbein–Strahlbein–Hufbeinband (Ligamentum sesamoideum collaterale mediale et laterale, LSC) zeigte bei nicht lahmen keine und bei lahmen Gliedmaßen in 3,8 % der Fälle eine Signalabweichung (Abb. 1) (Tab. 1).

Bei der tiefen Beugesehne waren in 42,9 % der Gliedmaßen Abweichungen von der physiologischen Signaldarstellung feststellbar (Abb. 1) mit einer signifikanten Häufung bei lahmen Gliedmaßen (Tab. 1) (36,2 % Gruppe NL, 45, 6 % Gruppe L). Dabei wiesen einseitig lahme Pferde signifikant häufiger Signalabweichungen mit höchstem Ausprägungsgrad der Sehne (22,2 %) als bilateral lahme Pferde (11,8 %) auf (Tab. 2).

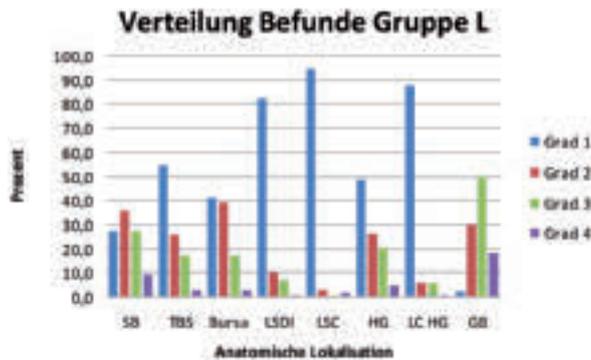
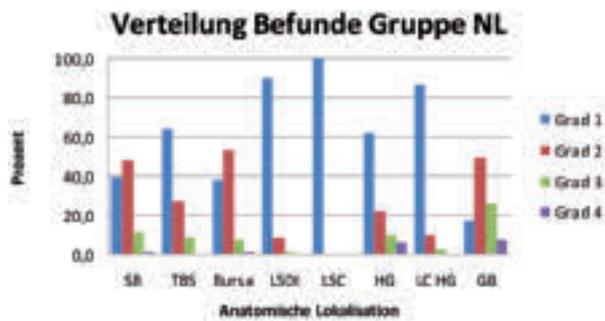


Abb. 2a Häufigkeiten der Einstufungen der MRT-Befunde in die Grade 1-4 jeweils für die einzelnen Strukturen in die Gruppe NL=Nicht lahme Gliedmaßen in Prozent.

Frequency of the mri classification in grade 1-4 for the different structures of group NL=not lame limb (in percent)

SB=Strahlbein (navicular bone), TBS=Tiefe Beugesehne (deep digital flexor tendon), Bursa=Bursa podotrochlearis (navicular bursa), LSDI=Ligamentum sesamoideum distale impar (distal sesamoidean ligament), LSC=Ligamentum sesamoideum collaterale (collateral sesamoidean ligament), HG=Hufgelenkfläche (coffin joint surface), LC HG=Ligamentum collaterale Hufgelenk (collateral ligament coffin joint), GB=Gesamtbewertung (total classification)

Abb. 2b Häufigkeiten der Einstufungen der MRT-Befunde in die Grade 1-4 jeweils für die einzelnen Strukturen in die Gruppe L=Lahme Gliedmaße in Prozent.

Frequency of the mri classification in grade 1-4 for the different structures of group L=lame limb (in percent)

SB=Strahlbein (navicular bone), TBS=Tiefe Beugesehne (deep digital flexor tendon), Bursa=Bursa podotrochlearis (navicular bursa), LSDI=Ligamentum sesamoideum distale impar (distal sesamoidean ligament), LSC=Ligamentum sesamoideum collaterale (collateral sesamoidean ligament), HG=Hufgelenkfläche (coffin joint surface), LC HG=Ligamentum collaterale Hufgelenk (collateral ligament coffin joint), GB=Gesamtbewertung (total classification)

Tab. 2 Statistische Auswertung der Häufigkeiten der Befunde mit höchstem Ausprägungsgrad in den Gruppen beidseits lahm (bds.) und einseitig lahm (eins.) mittels Chi²- Test

Statistical analysis by frequency of the marked findings at each limb in groups both limbs lame (bds.) and one limb lame (eins.) with Chi² test

Befund mit höchstem Grad	% Gldm bds. lahm	% Gldm eins. Lahm	Chi ² -Test
SB	34,3	15,3	p < 0,001
TBS	11,8	22,2	p < 0,05
HG	21,6	30,6	p > 0,05
Bursa	5,9	0,0	p > 0,05
LC HG	1,0	9,7	p > 0,05
LSDI	3,9	0,0	p > 0,05
Multiple Befunde	19,6	13,9	p > 0,05
keine Befunde	2,0	8,3	p > 0,05
Füllung Bursa			
Füllung gleich	63,8	76,5	p > 0,05
Füllung ungleich (>= 1 Grad Diff.)	36,2	23,5	p > 0,05
Füllung Hufgelenk			
Füllung gleich	73,9	66,7	p > 0,05
Füllung ungleich (>= 1 Grad Diff.)	26,1	33,3	p > 0,05

SB = Strahlbein (navicular bone), TBS = Tiefe Beugesehne (deep digital flexor tendon), Bursa = Bursa podotrochlearis (navicular bursa), LSDI = Lig. sesamoideum distale impar (distal sesamoidean ligament), LSC = Lig. sesamoideum collaterale (collateral sesamoidean ligament), HG = Hufgelenkfläche (coffin joint surface), LC HG = Lig. collaterale Hufgelenk (collateral ligament coffin joint)

Bei 60 % aller Gliedmaßen wurden Signalveränderungen an der Bursa podotrochlearis festgestellt. Diese stellten sich entweder als kompletter oder teilweiser Verlust des Flüssigkeitssignals zwischen der tiefen Beugesehne und der Facies flexoria dar oder als Veränderung im Flüssigkeitssignal im Recessus. Ein signifikanter Unterschied zwischen lahmen und nicht-lahmen Gliedmaßen konnte nur für höhergradige Befunde (Grad 3 und 4) erkannt werden. Befunde dieser Ausprägung traten signifikant häufiger bei lahmen Gliedmaßen auf (8,8 % Gruppe NL, 19,9 % Gruppe L). Deutliche Signalveränderungen im Bereich der Bursa podotrochlearis wurden jedoch selten ohne Vergesellschaftung mit Veränderungen an der Sehne oder des Strahlbeins und nur bei beidseitig lahmen Pferden festgestellt (Tab. 2).

Die relative Ausdehnung der Bursa podotrochlearis zeigte keinen Unterschied zwischen lahmen und nicht lahmen Gliedmaßen. Auch ließ sich keine signifikante Differenz in der Größe der Recessus der Bursa bei beidseitig oder einseitig lahmen Pferden feststellen (Tab. 2).

Signalveränderungen an den Gelenkflächen des Hufgelenks fanden sich in 47,5 % aller Fälle (Abb. 1) mit einer signifikanten Häufung der Befunde bei lahmen Gliedmaßen (Tab. 1) (34,8 % Gruppe NL, 49,2 % Gruppe L). Hier zeigten sich bei drei Gliedmaßen hochgradige Knorpelschäden mit subchondralen Veränderungen bei lahmen Gliedmaßen und bei einer Gliedmaße ein zystoider Defekt im Kronbein ohne klinische Lahmheit.

Bei 30,6 % der Gliedmaßen von einseitig lahmen und bei 21,6 % der Gliedmaßen von beidseitig lahmen Pferden wurden im Hufgelenk die am deutlichsten ausgeprägte Abweichungen der kernspintomografischen Signale gefunden (Tab. 2).

Die Seitenbänder des Hufgelenkes wichen bei 12,5 % der Gliedmaßen von der physiologischen Signalintensität ab und zeigten lediglich bei zwei Gliedmaßen die höchste Ausprägung des Befundes (Grad 4, Abb. 1) (13,1 % Gruppe NL, 12,3 % Gruppe L). Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen lahmen und nicht lahmen Gliedmaßen in Bezug auf die Häufigkeit von Signalabweichungen der Seitenbänder des Hufgelenkes festgestellt werden. Eine Häufung als Befund mit deutlichster Ausprägung ließ sich mit 9,7 % bei einseitigen Gliedmaßen allerdings erkennen (Tab.2). Weitere 3 Pferde zeigten sowohl Veränderungen der Seitenbänder als auch des Hufgelenkes.

Die Ausweitung des Hufgelenks wurde getrennt bewertet. Es war keine signifikant verstärkte Ausweitung des Hufgelenks (Ausdehnung der Signale der Recessus in der MRT-Untersuchung) bei lahmen Gliedmaßen feststellbar (Tab. 2).

In der Gesamtbewertung aller Befunde zeigt sich ein signifikant stärkeres Auftreten von Veränderungen bei lahmen Gliedmaßen ($p < 0,0001$) (Tab. 1). Allerdings wiesen auch 49,3 % der nicht lahmen Gliedmaßen geringgradige Veränderungen auf (Abb. 2a).

Diskussion

Mittels vergleichender Niederfeld-MRT-Untersuchung der Hufregion beider Vordergliedmaßen der Pferde bestand die

Möglichkeit, Art, Häufigkeit und Verteilung von MRT-Befunden zu vergleichen. Hierbei ließ sich auch das unterschiedliche Auftreten von Befunden an lahmen und nicht lahmen Gliedmaßen dokumentieren und auswerten.

Die Stärke der Veränderungen des Strahlbeins hängt, wie auch bereits in vorangegangenen Arbeiten festgestellt, signifikant mit der Lahmheit zusammen (Murray et al. 2006, Dyson et al. 2012, Rijkenhuizen 2006). Auffällig hierbei ist allerdings das vermehrte Auftreten geringgradiger Befunde (Grad 2) auch bei lahmfreien Gliedmaßen. Geringgradige ödemartige Läsionen wurden in vorangegangenen Studien sowohl bei klinisch gesunden Menschen als auch Pferden festgestellt (Zanetti et al. 2000, Busoni et al. 2004, Vande Berg et al. 1998). Es stellt sich die Frage, welche Bedeutung diesen Veränderungen damit zukommt. Erweiterte Canales sesamoidales mit leichter Verdickung der Kortikalis wurden ebenfalls mit Grad 2 bezeichnet (Stöckl et al. 2013a) und stellen damit einen großen Teil der Veränderungen vom Grad 2 dar. Eine klinische Bedeutung solcher vergrößerter Canales, die sich auch im Röntgen erkennen lassen, wird aber seit längerem immer wieder kontrovers diskutiert (Doige und Hoffer 1983, Branscheid 1977, Blunden et al. 2006, Schramme et al. 2005).

Aufgrund der Auswahl von ausschließlich Pferden mit einer Lahmheit zumindest einer Gliedmaße ist es möglich, dass auch die lahmfreie Gliedmaße Vorschädigungen des Strahlbeins aufweist. Dies würde wieder klassische Theorien der bilateralen Erkrankung des Strahlbeins im Sinne einer Podotrochlose unterstützen (Dyson et al. 2006, Wilson et al. 2001, McGuigan und Wilson 2001). Hierfür spricht ebenso, dass Strahlbeinveränderungen signifikant häufiger bei beidseitig lahmen Pferden als Hauptbefund erhoben werden konnten. Für die klinische Untersuchung lässt sich festhalten, dass die erhöhte Wahrscheinlichkeit einer Beteiligung des Strahlbeins bei bilateralen Lahmheiten als Lahmheitsursache durch diese Studie unterstützt wird. Die Überbewertung von geringen Strahlbeinveränderungen im MRT sollte allerdings vermieden werden.

Selten war das Signalmuster des Strahlbein-Hufbeinbandes (LSDI) verändert. Dies entspricht vorangegangenen Studien im Hochfeld-MRT. Histologische Vergleiche ergaben, dass die Spezifität und Sensitivität der MRT-Untersuchung für diese Struktur nicht besonders hoch sind (Murray et al. 2006, Blunden et al. 2006a).

Die Schichtdicke und der Abstand der Schnitte zueinander kann die Erkennung von Läsionen im Niederfeld-MRT noch zusätzlich erschweren (Vallance et al. 2012b, Dyson et al. 2010). Die klinische Bedeutung dieser kernspintomografischen Befunde ist weiterhin unklar und weitere Untersuchungen diesbezüglich sind wünschenswert.

Die Fesselbein-Strahlbein-Hufbeinbänder (LSC) waren ebenfalls selten verändert, was Ergebnisse von Sill (2007) unterstützt. Untersuchungen mit Hochfeld-Geräten fanden allerdings eine deutlich höhere Anzahl mit Signalabweichungen der Fesselbein-Strahlbein-Hufbeinbänder (Sampson et al. 2008, Dyson et al. 2007, Schramme et al. 2005).

Es stellt sich die Frage, ob die Struktur der Fesselbein-Strahlbein-Hufbeinbänder mit Niederfeldgeräten ausreichend erkannt werden kann. Vallance et al. (2011) gehen, nach

Untersuchung einer geringen Fallzahl lediglich von einer bedingten Darstellbarkeit aus.

In der vorliegenden Studie ließ sich eine signifikante Häufung der Befunde im Bereich des Fesselbein-Strahlbein-Hufbeinbandes bei den lahmen Gliedmaßen feststellen. Dieser Befund trat häufig in Vergesellschaftung mit weiteren deutlichen Strahlbeinveränderungen auf und scheint Ausdruck eines Krankheitsbildes des gesamten Strahlbeins mit seine Bandaufhängungen zu sein.

Die tiefe Beugesehne (TBS) ist nach dem Strahlbein die am häufigsten betroffene Struktur. Veränderungen treten signifikant häufiger bei lahmen Gliedmaßen auf. Damit wird ihre Bedeutung im Equinen Palmaren Fußsyndrom (EPFS) deutlich (Steenbuck 2008, Mair und Kinns 2005). Einseitig lahme Pferde weisen mit höherer Wahrscheinlichkeit einen Sehnen-schaden als beidseitig lahme Pferde auf. Damit ist eine unterschiedliche Ätiologie von Sehnen-schäden im Gesamtbild des EPFS wahrscheinlich. Eine Schädigung der Sehne im klassischen Sinne durch Zugüberlastung wie sie auch im proximalen Teil der Sehne bekannt ist, scheint hier in vielen Fällen möglich. Durch die anatomische Nähe der einzelnen Strukturen sind aber auch Schädigungen der Sehnenoberfläche durch Unregelmäßigkeiten der Facies flexoria denkbar.

Die Bewertbarkeit der Gelenkflächen des Hufgelenks im Niederfeld-MRT wird unterschiedlich und sehr kritisch diskutiert (Zubrod et al. 2004, Tapprest et al. 2002, Olive et al. 2010). Die Auflösung des Hallmark Systems kann in „High Resolution Scans“ Strukturen bis zu einer Dicke von 0,88 mm darstellen. Dünnere Objekte sind sehr anfällig für Schichtdickenartefakte. Zusätzlich verstärkt der große Kontrastunterschied zwischen dem Gelenknorpel und dem subchondralen Knochen dieses Phänomen (Werpy et al. 2007). Um bei der konvexen Krümmung des Gelenknorpels möglichst viele Schnitte mit einer senkrechten Ausrichtung zur Gelenkfläche zu erhalten, wurden spezielle Untersuchungsprotokolle erarbeitet. Dabei konnten die Artefakte minimiert werden (Schulze und Weinberger 2008), stellen aber trotzdem noch ein Problem bei der Bewertung dar. Demnach sind die Ergebnisse in Hinblick auf die genaue Differenzierung der unterschiedlichen Grade und damit auch die Zusammenhänge zur klinischen Lahmheit kritisch zu betrachten.

Die Ergebnisse dieser Arbeit weisen auf eine nicht unerhebliche Beteiligung des Hufgelenks an Lahmheiten aus der Region hin und bestätigen vorangegangene Arbeiten mit deutlich geringeren Fallzahlen (Dyson und Ross 2003, Schulze und Weinberger 2008, Zubrod et al. 2004). Eine Zuordnung von Hufgelenkveränderungen zu einer einseitigen oder einer beidseitigen Lahmheit lässt sich nicht erkennen. Eine deutliche Beteiligung am Equinen Palmaren Fußsyndrom (EPFS) ist anzunehmen, wobei insbesondere bei gering- und mittelgradigen Veränderungen die Diagnose als primäre Schmerzursache mit Vorsicht zu stellen ist.

Weitere Strukturen, welche in diversen Studien als primäre Schmerzursache beschrieben werden, sind die Seitenbänder des Hufgelenks (Dyson et al. 2008, Mair und Sherlock 2008, Zubrod et al. 2004). Veränderungen traten in dieser Studie nur in geringer Fallzahl auf und verteilten sich sowohl auf lahme als auch lahmfreie Gliedmaßen. Ursächlich könnte eine

Überbewertung von geringen und mittleren Signalveränderungen oder Magic angle Artefakte sein (Smith et al. 2007, Spriet et al. 2008). Als stärkster Befund waren Veränderungen der Bänder bis auf einen Fall nur bei einseitig lahmen Pferden feststellbar. Es ist zu vermuten, dass Schäden einseitigen Lahmheiten zuzuordnen sind. Einen Beleg hierfür liefern die Daten allerdings nicht.

Die hohe Anzahl an Befunden vom Grad 2 bei Adhäsionen der Bursa podotrochlearis bei lahmfreien Gliedmaßen stellt deren Bedeutung in Frage. Sie entspricht histologischen Vergleichen (Murray et al. 2006, Wright et al. 1998, Blunden et al. 2006a, Dyson et al. 2011) und sollte bei der MRT-Bewertung immer kritisch bedacht werden. Befunde wurden häufig im Zusammenhang mit Schädigungen der Sehne oder des Strahlbeins festgestellt und selten als stärkster Befund an einer Gliedmaße. Eine Bedeutung als alleinige Lahmheitsursache scheint daher eher selten zu sein.

Im Bezug auf die Füllung des Hufgelenks oder der Bursa podotrochlearis konnte kein signifikanter Unterschied im Füllungsgrad der synovialen Räume von lahmen zu nicht lahmen Gliedmaßen festgestellt werden. Auch einseitig lahme Pferde zeigten auf der lahmen Gliedmaße keinen signifikant vermehrten Füllungsgrad im Vergleich zur nicht lahmen Gliedmaße. Dies steht Aussagen gegenüber bei denen die Füllung oder der Druck in den synovialen Räumen direkt mit pathologischen Prozessen gebracht wurde (Dietz und Huskamp 2006, Höppner 1993, Zuther 2005). Da der Druck nicht direkt mit dem Füllungszustand korreliert sind weitere Studien notwendig, um die Bedeutung des Drucks der synovialen Räume im Equinen Palmaren Fußsyndrom (EPFS) zu klären. In anderen Arbeiten mit Kontrollgruppe wurde eine generelle Ausdehnung des Hufgelenks bei lahmen Pferden hingegen als signifikant angesehen (Murray et al. 2006). Hier ist eine pathologische Veränderung der synovialen Funktionen auch bei der kontralateralen Gliedmaße ohne klinische Lahmheit denkbar. Eine Beeinflussung des Füllungsgrads durch den Untersuchungsaufbau beim stehenden Pferd muss bedacht werden. So kann eine gleichmäßige Lastverteilung beim sedierten Pferd nicht immer gewährleistet sein. Dennoch sollte die Ausdehnung der synovialen Räume aufgrund der Ergebnisse dieser Studie bezüglich der klinischen Relevanz kritisch betrachtet werden. Zu bedenken ist, dass die Erkennbarkeit des proximalen Rezessus der Bursa podotrochlearis in einigen Fällen schwierig war, da die direkt angrenzenden synovialen Strukturen des Hufgelenks und der Sehnen-scheide nicht immer genau differenziert werden konnten.

Das Patientengut, welches einer MRT-Untersuchung zugeführt wird, ist durch den damit verbundenen hohen Aufwand und den Kosten in gewisser Weise vorselektiert. So wurden auch in dieser Studie hauptsächlich Pferde mit länger andauernden Lahmheiten, die durch die klassischen Untersuchungsmethoden nicht ausreichend ausdiagnostiziert werden konnten, aufgenommen. Akute Lahmheiten oder direkte Untersuchung ohne vorherigen Behandlungsversuch stellen nur einen sehr geringen Teil des Patientenguts dar.

Es ist davon auszugehen, dass die erkannten pathologischen Vorgänge insgesamt schwerwiegender, schwieriger zu therapieren und/oder langwieriger in der Abheilung sind. In der bei allen Pferden vorab durchgeführten röntgenologischen

Untersuchung wurden deutliche Knochenveränderungen in einigen Fällen diagnostiziert und diese Pferde nicht mehr kernspintomografisch untersucht. Knochenbefunde sind daher unterrepräsentiert.

Der Vergleich zwischen lahmen und lahmfreien Gliedmaßen ist nicht vollständig mit einer Kontrollgruppe von gesunden Pferden zu vergleichen. Die kontralaterale Seite bei einseitig lahmen Pferden kann ebenfalls Schädigungen aufweisen, welche noch keine Lahmheit hervorgerufen haben. Vergleiche der MRT-Befunde mit Kontrollgruppen von gänzlich lahmfreien Pferden sind aber mehrfach beschrieben (*Blunden et al. 2009, Murray et al. 2006, Sampson et al. 2008*).

In dieser Studie wurden die Befunde nicht histologisch verifiziert. Angaben zu Signalveränderungen in der MRT-Untersuchung, die aufgrund bestehender Vergleiche mit histologischen Untersuchungen als pathologisch eingestuft wurden (*Dyson et al. 2008, Vallance et al. 2012a, Murray et al. 2006, Steenbuck 2008*) beziehen sich größtenteils auf Untersuchungen im Hochfeld-MRT. Dadurch sind gewisse Unterschiede in den Ergebnissen erklärbar. Unterschiede in der Technik sowie im verwendeten Protokoll und der Bewertung können zur Über- oder Unterbewertung bestimmter Bereiche geführt haben (*Vallance 2012b*). Auch der subjektive Einfluss der bewertenden Person spielt hierbei eine große Rolle.

Die Symptome aller Pferde entsprachen dem heute häufig in der Literatur als EPFS entsprechendem Krankheitsbild (*Sampson et al. 2008*), da die Lokalisation der Schmerzursache durch diagnostische Anästhesien auf den Hufbereich eingegrenzt werden konnte. Die Sensitivität der Leitungs- und insbesondere auch der Hufgelenkanästhesie ist nach Ergebnissen mehrere Studien allerdings begrenzt und eine Diffusion in umliegende Bereiche ist nicht ausgeschlossen (*Easter 1997, Schumacher et al. 2001, Rijkenhuizen 2001*).

Viele Fragen bezüglich des EPFS sind weiter offen (*Dyson et al. 2006, Dyson et al. 2011*). Insbesondere die Einschätzung von gering- bis mittelgradigen Befunden bestimmter Strukturen aus der MRT-Untersuchung als direkte Lahmheitsursache bleibt schwierig. Ergebnisse aus MRT-Untersuchungen wurden bisher nur in wenigen Studien verwendet, um z. B. Art der Lahmheit, Provokationsproben oder Anästhesien in ihrer Signifikanz für bestimmte pathologische Veränderungen der Hufregion zu belegen (*Sill et al. 2011*).

Die vorliegende Arbeit wies statistisch gesicherte Zusammenhänge zwischen den im Niederfeld-MRT erhobenen Befunden und dem Auftreten ein- oder beidseitiger Lahmheiten nach. Signifikante Korrelationen können hierbei Hinweise auf die klinische Bedeutung geben. Einige Signalabweichungen hingegen zeigten eine geringe Korrelation und sollten daher vorsichtiger bewertet werden. Der Vergleich mit der Verteilung der Befunde je nach ein- oder beidseitiger Lahmheit liefert Hinweise für die klinische Untersuchung.

Literatur

Blunden A., Dyson S., Murray R. und Schramme M. (2006a) Histopathology in horses with chronic palmar foot pain and age-matched controls. Part 1 Navicular bone and related structures. *Equine Vet. J.* 38, 15-22

- Blunden A., Dyson S., Murray R. und Schramme M. (2006b)* 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., Murray R. und Dyson S. (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
- Branscheid J. (1977)* Untersuchungen an der Hufrolle bei Pferden mit und ohne Hufrollenerkrankung (Podotrochlose). Diss. Stuttgart Hohenheim
- Busoni V., Snaps F., Trenteseaux J. und Dondelinger R. F. (2004)* Magnetic resonance imaging of the palmar aspect of the equine podotrochlear apparatus, normal appearance. *Vet. Radiol. Ultras.* 45, 198-204
- Dabareiner R. und Carter G. (2003)* Diagnosis, treatment, and farriery for horses with chronic heel pain. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 19, 417-441
- Doige C. E. und Hoffer M. A. (1983)* Pathological changes in the navicular bone and associated structures of the horse. *Canadian J. Comp. Med. Revue canadienne de médecine comparée* 47, 387-395
- Dyson S., Blunden T. und Murray R. (2008)* The collateral ligaments of the distal interphalangeal joint, magnetic resonance imaging and post mortem observations in 25 lame and 12 control horses. *Equine Vet. J.* 40, 538-544
- Dyson S., Murray R., Blunden T. und Schramme M. (2006)* Current concepts of navicular disease. *Equine Vet. Educ.* 18, 45-56
- Dyson S., Murray R., Schramme M. und Blunden T. (2011)* Current concepts of navicular disease. *Equine Vet. Educ.* 23, 27-39
- Dyson S., Pool R., Blunden T. und Murray R. (2010)* The distal sesamoidean impar ligament: comparison between its appearance on magnetic resonance imaging and histology of the axial third of the ligament. *Equine Vet. J.* 42, 332-339
- Dyson S., Murray R. und Schramme M. (2005)* Lameness associated with foot pain: results of magnetic resonance imaging in 199 horses (January 2001–December 2003) and response to treatment. *Equine Vet. J.* 37, 113-121
- Dyson S. und Murray R. (2007)* Magnetic Resonance Imaging of the Equine Foot. *Clinical, Techn. Equine Pract.*, 46-61
- Easter J. (2000)* Effects of Regional Anesthesia on experimentally induced Coffin Joint Synovitis. *Proc. of the AAEP Convention, San Antonio, Texas*
- Gerhards H., Hertsch B., Jahn P. und Brunken G. (2007)* Leitfaden für die röntgenologische Beurteilung bei der Kaufuntersuchung des Pferdes (Röntgenleitfaden RöLF 07). Gesellschaft für Pferdemedizin (Dortmund) und Bundestierärztekammer (Bonn)
- Höppner S. (1993)* Vergleichende klinische Studie über die Hufgelenkanästhesie und die direkte Druckmessung im Hufgelenk als diagnostische Kriterien bei der Differenzierung des Podotrochlose-Syndroms beim Pferd. Diss. Med. Vet. Hannover
- Jacobi R., Jaugstetter H. und Litzke L. F. (2006)* Handbuch Pferdepraxis. 3. Aufl., Stuttgart, Enke Verlag Stuttgart, S. 987-992
- Kaser-Hotz B. und Ueltschi G. (1992)* Radiographic Appearance of the navicular bone in sound horses. *Vet. Radiol. Ultras.* 33, 9-17
- Mair T. und Kinns J. (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
- Mair T. und Sherlock C. (2008)* Collateral desmitis of the distal interphalangeal joint in conjunction with concurrent ossification of the cartilages of the foot in nine horses. *Equine Vet. Educ.* 20, 485-492
- McGuigan M. und Wilson A. (2001)* The effect of bilateral palmar digital nerve analgesia on the compressive force experienced by the navicular bone in horses with navicular disease. *Equine Vet. J.* 33, 166-171
- Murray R., Schramme M. C., Dyson S. J., Branch M. V. und Blunden T. S. (2006a)* Magnetic resonance imaging characteristics of the foot in horses with palmar foot pain and control horses. *Vet. Radiol. Ultras.* 47, 1-16
- Murray R. C., Blunden T. S., Schramme M. C. und Dyson S. (2006)* How does magnetic resonance imaging represent histologic findings in the equine digit. *Vet. Radiol. Ultras.* 47, 17-31

- Olivier J., D'anjou M., Laverty K. A. und Theoret C. (2010) Comparison of magnetic resonance imaging, computed tomography and radiography for assessment of noncartilaginous changes in equine metacarpophalangeal osteoarthritis. *Vet. Radiol. Ultras.* 31, 267-279
- Rijkenhuizen A. (2006) Navicular disease: a review of what's new. *Equine Vet. J.* 38, 82-88
- Rijkenhuizen A. (2001) Die diagnostischen Anästhesien an der Vordergliedmaße des Pferdes. *Pferdeheilkunde* 17, 330-338
- Schneider R. K., Gavin P. R. und Tucker R. L. (2004) What is MRI teaching us about Navicular Disease. Proc. of the Annual Convention of the AAEP, New Orleans
- Dyson S. J. und Ross M. W. (2003) *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. St. Louis, Missouri, Saunders
- Sampson S. N. (2008) Magnetic resonance imaging findings in horses with recent and chronic bilateral forelimb lameness diagnosed as Navicular Syndrome. Proc. of the Annual Convention of the AAEP, San Diego
- Sampson S., Schneider R., Gavin P., Ho C., Tucker R. und Charles E. (2009) Magnetic resonance imaging findings in horses with recent onset navicular syndrome but without radiographic abnormalities. *Vet. Radiol. Ultras.* 50, 339-346
- Schramme M. C., Murray R. C., Blunden A. S. und Dyson S. J. (2005) A Comparison Between Magnetic Resonance Imaging, Pathology and Radiology in 34 Limbs With Navicular Syndrome and 25 Control Limbs. Proc. Of the AAEP Convention, Seattle, 348-358
- Schulze T. und Weinberger T. (2008) Der Wert einer "Low-Field" MRT-Untersuchung für die Diagnose von Knorpeldefekten im Hufgelenk des Pferdes. *Pferdeheilkunde* 24, 406-410
- Schumacher J., Graves F. de, Steiger R., Schramme M. C., Smith R. und Coker M. (2001) A comparison of the effects of two volumes of local analgesic solution in the distal interphalangeal joint of horses with lameness caused by solar toe or solar heel pain. *Equine Vet. J.* 33, 265-268
- Sill V. (2007) Kernspintomographische Untersuchungen in der Hufregion am stehenden Pferd. Diss. Med. Vet. München
- Sill V., Skorka A., Gerhards H. und Gerlach K. (2011) Magnetresonanztomographische Untersuchungen der Hufregion am stehenden Pferd. *Pferdeheilkunde* 27, 39-48
- Smith M., Dyson S. und Murray R. (2008) Is a magic angle effect observed in the collateral ligaments of the distal interphalangeal joint or the oblique sesamoidean ligaments during standing magnetic resonance imaging? *Vet. Radiol. Ultras.* 9, 509-515
- Spriet M., Mai W. und McKnight A. (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
- Stashak T. (2008) *Adams Lahmheit bei Pferden*. 4. Aufl., Hannover: Schaper
- Steenbuck N. (2008) Verifizierung kernspintomographischer Befunde der tiefen Beugesehne im Hufbereich von Pferden durch histopathologische Kontrolluntersuchungen. Diss. Med. Vet. München
- Stöckl T., Schulze T., Brehm W. und Gerlach K. (2013a) Vergleichende bilaterale magnetresonanztomographische Untersuchungen der Hufregion im Niederfeld-MRT. Teil 1: Befunde und Entwicklung eines Befundschemas. *Pferdeheilkunde* 29, 191-201
- Tapprest J., Audigie F. und Denoix J. M. (2002) Low field magnetic resonance imaging of articular cartilage and subchondral bone of interphalangeal joints in the horse: Preliminary Results. Ecole Nationale Veterinaire d'Alfort, CIRALE
- Trotter G. W. (1999) Aspects of Palmar Heel Pain. Proc. of the AAEP Convention, Albuquerque, New Mexico
- Vallance S. A., Bell R. J. W., Spriet M., Kass P. H. und Puchalski S. M. (2012a) Comparisons of computed tomography, contrast enhanced computed tomography and standing low-field magnetic resonance imaging in horses with lameness localised to the foot. Part 1: Anatomic visualisation scores. *Equine Vet. J.* 44, 51-56
- Vallance S., Bell R., Spriet M., Kass P. und Puchalski S. (2012b) Comparisons of computed tomography, contrast-enhanced computed tomography and standing low-field magnetic resonance imaging in horses with lameness localised to the foot, Part 2, Lesion identification. *Equine Vet. J.* 44, 149-56
- Van de Berg B., Malghem J., Lecouvet F. und Maldague B. (1998) Classification and detection of bone marrow lesions with magnetic resonance imaging. *Skeletal Radiol.* 27, 529-545
- 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
- Wilson A., McGuigan M., Fouracre L. und MacMahon L. (2001) The force and contact stress on the navicular bone during trot locomotion in sound horses and horses with navicular disease. *Equine Vet. J.* 33, 159-165
- Wright I., Kidd L. und Thorp B. (1998) Gross, histological and histomorphometric features of the navicular bone and related structures in the horse. *Equine Vet. J.* 30, 220-234
- Zanetti M., Bruder E., Romero J. und Hodler J. (2000) Bone marrow edema pattern in osteoarthritic knees: correlation between MR imaging and histologic findings. *Radiology* 215, 835-840
- Zubrod C., Farnsworth K., Tucker R. und Ragle C. (2005) Injury of the collateral ligaments of the distal interphalangeal joint diagnosed by magnetic resonance. *Vet. Radiol. Ultras.* 46, 11-16
- 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
- Zuther M. (2005) Die direkte Druckmessung in der Bursa podotrochlearis diagnostisches Hilfsmittel zur Differenzierung des Podotrochlose-Syndroms. Diss. Med. Vet. Berlin

Thomas Stöckl
Tierklinik Binger Wald
Zum Bergwerk 1
55425 Waldalgesheim
t.stoeckl@docvet.com