

5 Diskussion

Das Ziel dieses Kapitels ist es, die Fragestellungen und den Wert dieser Arbeit zu erörtern und die Ergebnisse mit denen aus bekannter Literatur zu vergleichen. Es erfolgt eine Diskussion über Sinn und Nutzen der Kernspin- und Computertomographien für die Befunderhebungen am *M. interosseus medius* und eine Bewertung der Vor- und Nachteile beider bildgebenden Diagnostika. Zudem wird anhand der klinischen Fälle, die Kernspintomographie in Vollnarkose der MRT-Untersuchung am stehenden Pferd gegenübergestellt.

5.1 Die Bedeutung von MRT und CT für die Diagnose von Erkrankungen des *M. interosseus medius*

Erkrankungen des *M. interosseus medius* treten in der orthopädischen Pferdemedizin häufig als Ursachen für Lahmheiten auf, zumal dieser überwiegend sehnige Muskel mit seiner Aufgabe als Fesselträger einer andauernden Belastung ausgesetzt ist. Dadurch wird eine vollständige Ausheilung deutlich erschwert und das Risiko einer Rezidivkrankung erhöht. Besonders Defekte am *M. interosseus medius* der Hintergliedmaßen, wie sie vorrangig bei Trabern und Dressurpferden beschrieben werden, stellen sich prognostisch ungünstig dar (STRÖMBERG 1980, DYSON 1995) und verlangen damit vom Tierarzt eine zuverlässige Diagnose. Zur Bewertung dieser Struktur sind unterstützend zur klinischen Befunderhebung bisher hauptsächlich sonographische und röntgenologische Untersuchungen herangezogen worden, wobei UELTSCHI (1989) den Wert einer Röntgenuntersuchung für diese Problematik als gering einstufte. Fortschritte in der Medizintechnik lassen moderne bildgebende Verfahren immer mehr an Bedeutung gewinnen, da besonders im Pferdesport eine rasche und sichere Diagnose als erster Schritt für eine gezielte Therapie und sichere Prognose des erkrankten Patienten notwendig ist (KLEITER 1996). Während Computer- und Magnetresonanztomographen in der Humanmedizin routinemäßig eingesetzt werden, gelten sie in der Veterinärmedizin noch als relativ neue diagnostische Hilfsmittel. Arbeiten unter anderem von DIK (1993), DENOIX (1993), KASER-HOTZ et al. (1994), WHITTON (1998) und TUCKER et al. (2001a; 2001b) zeigen bereits das diagnostische Potential beider bildgebenden Verfahren für Bänder-, Sehnen-, Knochen-, Gelenk- und neurologische

Erkrankungen. Dennoch blieb besonders der Einsatz der Kernspintomographie aufgrund des hohen finanziellen Aufwandes und der notwendigen Vollnarkose jahrelang weit hinter seinen Möglichkeiten. MAIR et al. (2005) und KINNS et al. (2005) betonen erstmals den Nutzen eines Low-Field Kernspintomographen in der Pferdemedizin, welcher die Untersuchung am stehenden Patienten ermöglicht. Notwendige Arbeiten über die computer- oder kernspintomographischen Darstellungen anatomischer Strukturen der Vordergliedmaße und des Sprunggelenkes lieferten KASER-HOTZ (1994), BINDEUS (1996), KLEITER (1996), SCHWARZKOPF (2000), FREY (2002), BLAIK et al. (2000), TOMLINSON et al. (2003) und BISCHOFER et al. (2006). Die vorliegende Arbeit füllt in diesem Bereich eine Lücke mit einer Beschreibung der anatomischen Verhältnisse des M.interosseus medius der Hintergliedmaße des Pferdes im CT und MRT Bild.

5.2 Diskussion zum eingesetzten Material und Methodenspektrum

Für die vorliegenden Untersuchungen sind nur Gliedmaßen von Pferden verwendet worden, die nach internistischen Erkrankungen euthanasiert wurden. Um eventuellen Abweichungen von der Norm gerecht zu werden und möglichst realitätsnah zum alltäglichen Klinikbetrieb zu bleiben, sind weder in der Altersspanne noch in den Rassezugehörigkeiten der Patienten Ausschlussverfahren vorgenommen worden. Es hat sich als sinnvoll erwiesen, die Pferdeextremitäten vorab sonographisch zu untersuchen. Das in dieser anatomisch-klinischen Arbeit verwendete Patientenmaterial wies weder in den CT, noch in den MRT-Untersuchungen pathologische Zufallsbefunde auf. Das angewandte Methodenrepertoire, reichend von altbewährten klassischen Präparationsmethoden und histologischen Gewebeanalysen bis zu hoch modernen bildgebenden Verfahren kann als sehr gelungene Kombination zur Beantwortung der aufgeworfenen Fragen betrachtet werden. Bei der anatomischen Präparation hat sich das beträufeln des Präparationsgebietes mit dem Farbstoff Touloudinblau bewährt, um das straffe sehnige Bindegewebe von den bindegewebigen Hüllen wie Endo-, Peri- und Epitendineum abzugrenzen und die Faserverläufe zu bestimmen. Für die histologische Untersuchung war die erreichte Schnittdicke von 6 mm am besten geeignet, um die gefürchtete Faltenbildung der gewonnenen Schnitte in Grenzen zu halten. Die angewandte HE-Färbung und besonders die Trichromfärbung nach Goldner (ROMEIS 1989) erwiesen sich als optimal, da mit letztgenannter Färbung auch die Metaplasien von

Sehnengewebe in Faserknorpelgewebe durch den Nachweis der Metachromasie gut beurteilt werden konnten.

Im Verlauf der MRT-Untersuchungen produzierten die T1-gewichteten Sequenzen das qualitativ beste MR-Bildmaterial. Es fällt auf, dass sich die Bildqualitäten am wenigsten vom Altern der abgetrennten Gliedmaßen und den damit verbundenen Signalverlusten beeinflussen ließen. Der anatomische Überblick, den sie dem Untersucher vermitteln, darf als sehr gut bezeichnet werden. Für die Betrachtung der CT-Bilder fand die Weichteilfenster-Einstellung Anwendung, die sich an diesem Gerät auch schon in der täglichen Arbeit in der Tierklinik bewährt hatte. Während einige vorangegangene anatomische Grundlagenstudien anderer Autoren MR Bilder von eingefrorenen und vor der Untersuchung wieder aufgetauten Gliedmaßen präsentierten, sind in dieser Arbeit die Extremitäten im Zeitrahmen von 36 Stunden post mortem möglichst lebensnah kernspintomographisch untersucht worden. Dies wurde angestrebt, um die Gefahr der Artefaktbildungen im MRT nach Gefriervorgängen zu umgehen. Dennoch lassen sich postmortale Veränderungen, zum Beispiel aufgrund des fehlenden Blutflusses, nicht ausschließen. In den CT-Untersuchungen konnten in Übereinstimmung mit den Aussagen von FREY (2002) keine Nachteile in der Bilddarstellung durch Tiefgefrieren festgestellt werden. Fortführend muss beachtet werden, dass durch eine Abtrennung der Extremitäten vom Rumpf die natürliche Spannung des Sehnen- und Bandapparates verloren geht. Da der Schwerpunkt in dieser Arbeit auf die Beurteilung des M.interosseus medius gerichtet war, welcher von seinem Ursprung bis zur Insertion intakt blieb, mag dieser Punkt im Hinblick auf die sowieso nur am liegenden, narkotisierten Pferd durchzuführenden CT-Untersuchungen zu vernachlässigen sein. Doch die Kernspintomographie schaffte den Durchbruch in der Pferdeorthopädie vorrangig mit Einführung so genannter „Low-Field“ Systeme, bei welchen die Patienten während der Untersuchung stehen können und die Gliedmaßen somit den natürlichen Ruhebelastungen ausgesetzt sind. Infolgedessen sind vergleichende MRT-Untersuchungen des belasteten und entlasteten Pferdebeines in Zukunft erstrebenswert.

Jedes dieser beiden Schnittbildverfahren beherbergt spezielle Möglichkeiten für Artefaktbildungen. Mit Wissen um die Probleme und deren Ursachen lassen sie sich jedoch bei beiden Systemen recht klar deuten und meist mithilfe technischer Einstellungen eliminieren. Im Verlauf dieser Arbeit kam es zu keiner erkennbaren Entstehung von Artefakten, sodass diese Problematik hier kaum eine Rolle spielte. Die CT wie auch die MRT-Untersuchungen erfolgten anhand der in den jeweiligen Institutionen praktisch anerkannten und bewährten Parameter und lieferten somit qualitativ gute Ergebnisse, die dem

klinischen Alltag gerecht werden. Die digitalen Bilder aus den Kernspintomographen mussten mithilfe zweier Konvertierungsprogramme und dem DICOM Viewer in das hier verwendete Jpeg Format umgewandelt werden. Der anfangs verwendete Computertomograph ermöglichte keine digitale Speicherung des Bildmaterials. Hierfür wurde es nötig, die Bilder auf Röntgenfolie auszudrucken und anschließend digital zu photographieren. Dies hatte deutliche Qualitätseinbußen zur Folge. Die in dieser Arbeit veröffentlichten CT Bilder stammen ausschließlich von im „Somatom Plus 4“ untersuchten Extremitäten, welcher eine direkte Bilddigitalisierung vornimmt. Die Bewertung der Ergebnisse erfolgte anhand der Originaldaten am Monitor des jeweiligen Systems.

Zur Klärung der Ursprungsverhältnisse des M.interosseus medius und zur verifizierenden Deutung der signalintensiven Einschlüsse sind histologische und anatomisch-präparatorische Untersuchungen notwendig geworden. Diese bestätigten den im MRT und CT beschriebenen Verlauf des M.interosseus medius der Beckengliedmaße. Eine Analyse seiner charakteristischen Einschlüsse ist 2006 von BISCHOFBERGER et al. im Rahmen von histologischen und kernspintomographischen Vergleichsuntersuchungen durchgeführt worden. Sie fanden an Schulter- und Beckengliedmaßen analoge Verhältnisse vor und identifizierten im Sehngewebe des M.interosseus medius Muskelfasern, Fettgewebe und neurovaskuläre Strukturen. Diese Erkenntnisse fanden durch eigene histologische Untersuchungen Bestätigung und konnten für die vorliegende Arbeit verwendet werden. Bisher unbekannte Erkenntnisse lieferte die Histologie vom Ursprungsbereich des M.interosseus medius am Röhrbein bzw. von der bisher nicht beschriebenen proximalen langen Ursprungssehne.

5.3 Diskussion der anatomisch-präparatorischen und histologischen Befunde

Die erhobenen Befunde zu den Fesselträgerschenkeln und Unterstützungssehnen des M.interosseus medius zur langen Strecksehne entsprechen den bekannten Verhältnissen aus der Literatur. Die großen Unterschiede der anatomischen Verhältnisse des M.interosseus medius Ursprunges an Schulter- und Beckengliedmaße erforderten hingegen weiterführende präparatorische bzw. histologische Darstellungen. Der Ursprungsbereich gestaltete sich bei allen untersuchten Pferden dreiköpfig und entsprach damit nicht den Beschreibungen aus bekannter Literatur (u.a. WISSDORF et al. 1998, WEILER (2000), SEIFERLE u. FREWEIN 2003, BISCHOFBERGER et al. 2006). Die Hauptanteile des M.interosseus medius entspringen mit zwei tiefen sehnigen Ursprüngen am Proximalrand des Röhrbeins und gehen nach wenigen mm partiell in quergestreifte Muskelfaserbündel über, die durch Bindegewebe und fetthaltige Septen mit enthaltenen neurovaskulären Leitungsstrukturen voneinander getrennt sind. Im Unterschied zu entsprechenden Verhältnissen an der Schultergliedmaße fusioniert der laterale kurze Ursprung mit einer langen proximalen Ursprungssehne, die bis zum Calcaneus reicht und an der Vordergliedmaße nicht als Äquivalent vorkommt.

Die histologischen Schnittbilder lassen klar erkennen, dass die lange proximale Ursprungssehne aus reinem Sehnengewebe mit metaplastischen, faserknorpeligen Einschlüssen besteht. Distal vom Tarsalgelenk können durch die eigenen Befunde die Ergebnisse von BISCHOFBERGER et al. (2006) bestätigt werden. Die signalintensiven Einschlüsse im Ursprungsbereich bestehen aus Muskelfasern, Fettgewebe und neurovaskulären Strukturen. Auffällig ist der Eintritt von Blutgefäßen in den Ursprungsbereich, was den Rückschluss zulässt, dass es sich bei diesem Bereich um den „Muskelhilus“ des M.interosseus medius handelt.

Im Bezug auf die Gewebezusammensetzung im Muskelbauch und in den Endsehnen können die Beschreibungen bezüglich der Verhältnisse des M.interosseus medius der Schultergliedmaße von BINDEUS (1996) und SCHWARZKOPF (2000) übernommen werden.

5.4 *Bewertungen der kernspintomographischen Darstellungen*

Im Jahre 1986 wurde der Kernspintomographie aufgrund ihrer beschränkten räumlichen Auflösung noch kein diagnostischer Wert bescheinigt (STEINBRICH et al. 1986). Auch HERTSCH (1988) sah diese Technik für die medizinische Anwendung erst am Anfang ihrer Entwicklung. Anfang der neunziger Jahre demonstrierten CRASS et al. (1992) und DENOIX et al. (1993) in ihren Veröffentlichungen den Wert des MRT für die Beurteilung von Weichteilstrukturen. KLEITER et al. (1999) verglichen in einer Studie MRT Aufnahmen der Pferdezehe mit histologischen Untersuchungen und veranschaulichten, dass sich alle histologisch erkennbaren Strukturen auch kernspintomographisch bewerten ließen. Es entstanden weitere wegweisende Arbeiten, unter anderem von MEHL et al. (1998), KASASHIMA (2002), DYSON et al. (2003a; 2003b), MURRAY et al. (2004) und KINNS et al. (2005), welche sich vermehrt auf die klinischen Anwendungen konzentrierten und mittlerweile einheitlich der Magnetresonanztomographie in der Pferdeorthopädie ein hohes Potenzial zuschrieben. Die vorliegende Arbeit kann anhand der kernspintomographischen Beschreibungen des M.interosseus medius den Gewinn an strukturellen Detailinformationen durch diese Technik bestätigen. Der praktische Nutzen wird durch zwei Krankheitsfälle aus dem Anwendungsbereich eines „Low-Field“ Systems in der Pferdeklinik Burg Müggenhausen beispielhaft aufgezeigt.

Die Gewebecharakterisierung im Magnetresonanztomographen ist stark vom Wasserstoffgehalt des untersuchten Objektes anhängig. Die Signalintensitäten der anatomischen Strukturen in den T1 gewichteten Kernspinbildern stimmten mit den Ergebnissen aus anderen Arbeiten überein. Die sehnige Struktur des M.interosseus medius stellt sich im MRT hypointens dar und umschließt besonders in den Ursprungs- und Bauchbereich intermediäre (gräuliche) bis signalstarke (weißliche) vertikale Strukturen. Diese wurden schon von BINDEUS (1996) und SCHWARZKOPF (2000) durch vergleichende histologische Untersuchungen an den Vorderextremitäten als Einschlüsse aus lockerem Bindegewebe, Muskel- und Fettgewebe identifiziert. Die histologischen Untersuchungen von BISCHOFBERGER et al. (2006) bestätigten analoge Verhältnisse für den M.interosseus medius der Beckengliedmaße. Eine Gewebebestimmung und Unterscheidung der verschiedenen signalintensiven Gewebeeinschlüsse innerhalb der Sehnenstruktur ist im MRT Bild nur sehr eingeschränkt möglich. Aus diesem Grund sind bei kernspintomographischen

Befunderhebungen weiterhin die gemeingültigen Gewebecharakterisierungen „signalstark“, „signalschwach“ (intermediär) und „signallos“ zu empfehlen.

BINDEUS (1996) und SCHWARZKOPF (2000) beschrieben detailliert die Struktur des M.interosseus medius der Schultergliedmaße von seinem Ursprung proximopalmar am Metacarpus III bis zu seinem Ansatz abaxial an den Gleichbeinen. Analoge Verhältnisse an der Hintergliedmaße beschrieben SEIFERLE und FREWEIN (2003). Im Bereich des M.interosseus medius Ursprunges wurden in der vorliegenden Arbeit auffällige Variationen zu den Gegebenheiten an der Vordergliedmaße gefunden, sodass die Aussagen aus genannten Arbeiten nur bedingt bestätigt werden können. WISSDORF et al. (1998), WEILER (2000) und BISCHOFBERGER et al. (2006) gingen in ihren Ausführungen spezifischer auf die Anatomie des M.interosseus medius der Beckengliedmaße ein. Sie beschrieben neben dem zweiköpfigen Ursprung proximal am Os metatarsale III, eine weitere Verbindung einzelner Fasern zu den Ligg. tarsometatarsae plantaria bzw. der distalen Tarsalgelenksreihe. Diese Aussagen können bestätigt werden, müssen allerdings um die Ergebnisse aus der vorliegenden Studie ergänzt werden: Im MRT-Bild lässt sich eine oberflächlich verlaufende Sehnenstruktur des M.interosseus medius bis zur Basis des *Calcaneus* deutlich nachvollziehen. Es handelt sich dabei um einen eigenständigen, sehnig ausgebildeten Ursprungsschenkel. Vereinzelt zeigen auch schon Abbildungen aus vorangegangenen MRT Arbeiten (BLAIK et al. 2000, BISCHOFBERGER et al. 2006) Anschnitte dieser proximalen Ursprungssehne, jedoch ohne Deutung durch die Autoren.

Diese proximale Ursprungssehne stellt sich im MR-Bild bei allen Gliedmaßen signallos oder mit einer sehr geringen diffusen Aufhellung dar. Während sie sich dadurch vom umliegenden signalreichen lockeren Bindegewebe scharf abhebt, gelingt dies proximal zum Knochenkortex des *Calcaneus* und den plantaren Bandstrukturen des Tarsalgelenkes nicht mehr. Eine kernspintomographische Definition ihres Ursprunges konnte somit nur annäherungsweise erfolgen und erforderte weiterführende anatomisch-präparatorische Untersuchungen. Die Insertion ihrer tiefen Fasern am Os tarsale quartum war hingegen kernspintomographisch in allen Projektionen (transversal, sagittal, frontal) nachvollziehbar.

Nach Vereinigung des am Os metatarsale III entspringenden Hauptursprungs des M.interosseus medius mit der sich auflagernden hypointensen proximalen Ursprungssehne, werden in Letzterer weder Veränderungen ihres Querschnittes noch ihrer Signalstärke beobachtet. In den sagittalen und frontalen Schnittbildern erscheint dieser proximale sehnige Ursprung von der Basis des *Calcaneus* bis zur Aufteilung der Fesselträgerschenkel als eigenständige Struktur, ohne von vereinzelt intermediären Fasern durchsetzt zu werden. Die

beschriebenen Ursprungsverhältnisse fanden sich übereinstimmend bei allen untersuchten Gliedmaßen.

Der von McDIARMID (1995) beschriebene Knochenkamm palmar am Os metacarpale III des Vorderbeines konnte auch entsprechend an allen in dieser Arbeit untersuchten Hinterextremitäten aufgefunden werden. Im proximalen Ursprungsgebiet ist die hypointense Sehnenstruktur noch nicht von dem ebenso signallosen Knochenkortex abgehoben, sodass eine Abgrenzung dieses Kammes im MR-Bild dort nicht möglich ist. Im distalen Verlauf verursacht dieser, wie an der Vordergliedmaße, einen dorsalen Einschnitt zwischen dem lateralen und medialen Ursprung und vermittelt damit dem M.interosseus medius einen doppelt angelegten, zunächst sehnigen Muskelursprung, der signalintensive Muskelfasern und Hiluseinschlüsse beinhaltet. Verstärkt wird diese parallelköpfige und parallelbäuchige Zweiteilung durch eine feine bindegewebige Inzision, die von dorsal in den M.interosseus medius Ursprungsbereich hineinragt und Kontakt zu den signalintensiven Einschlüssen aufnimmt. Im Muskelbauch, ca. 4 cm distal des tarsometatarsalen Gelenkspaltes formen sich die signalintensiven Strukturen gemeinhin zu zwei sich gegenüberstehenden Mondsichelformationen. Der Anteil des Muskelgewebes nimmt von proximal nach distal kontinuierlich ab. Die Mondsichel Strukturen gehen in feinere Z-förmige „Zick-Zack“ Muster über, um dann langsam nach innen zu wandern und scheinbar übergangslos mit dem, den Fesselträgerschenkeln zwischengelagerten Bindegewebe, zu verschmelzen. In einigen wenigen Fällen sind noch vereinzelte signalreiche Einschlüsse distal der Aufspaltung des M. interosseus medius nachweisbar. Im Allgemeinen stellen sich die Schenkel des Fesselträgers übereinstimmend mit den Beobachtungen von BINDEUS (1996) signallos dar. SCHWARZKOPF (2000) berichtete hingegen, dass sich bei ihren Untersuchungen die pathohistologisch veränderten wie auch unveränderten M.interosseus medius Schenkel aus ungeklärter Ursache signalreich oder zumindest signalalterierend darstellten. Allerdings führte sie ihre MR-Untersuchungen an einem „Low-Field“ System mit einem 0,23 Tesla Magneten aus, weswegen die von ihr verwendeten Sequenzen nur mit Einschränkungen mit denen aus dieser Arbeit verglichen werden können. Übereinstimmend mit den Ergebnissen von SCHWARZKOPF (2000) weisen die Ansatzbereiche der Fesselträgerschenkel einen nahezu dreieckigen Querschnitt auf und stellen sich auch in dieser Arbeit deutlich signalintensiver als die proximalen Bereiche dar. KLEITER (1996) und SCHWARZKOPF (2000) fanden in ihren histologischen Untersuchungen Faserknorpel in den distalen Abschnitten der Schenkel und sahen in ihm die Ursache für die Signalalterationen.

Die Fesselträgerschenkel geben im Bereich ihres Ansatzes abaxial an den Gleichbeinen beidseits Unterstützungssehnen an die lange Strecksehne ab. Diese weisen in der ersten Hälfte ihres Verlaufes an der unbelasteten Gliedmaße eine feine Wellenform mit nur 1-3 mm Dicke auf. Distal des Fesselgelenkes verbreitern sie sich und nehmen die Form von flachen, nach außen konvexen Linsen an, welche dorsolateral bzw. -medial dem Fesselbein aufliegen und leichte Aufwölbungen der Haut verursachen. Mit einer leichten Ausdehnung ihres Querschnittes einhergehend, finden die Unterstützungssehnen einen nahtlosen Übergang in die Strecksehne. Das in der Umgebung liegende Bindegewebe stellt sich intermediär bis hyperintens dar, sodass sich der ebenfalls signalstarke, den Sehnen unterlagerte Schleimbeutel im MRT nicht bestimmen ließ.

Die Kernspintomographie bietet den großen Vorteil, Schnittbilder in verschiedenen Projektionen anfertigen zu können. Damit ist der Untersucher in der Lage, sich eine dreidimensionale Einsicht in die anatomischen Strukturen zu verschaffen. Über die größte Aussagekraft verfügt ein Schnittbild, wenn es in einem rechten Winkel zur Verlaufsrichtung der darzustellenden Struktur ausgerichtet wird. Eine zuverlässige Beurteilung aller von proximal nach distal ausgerichteten Strukturen war somit vorrangig in den transversalen Bildern möglich. Gewisse Strukturen, wie zum Beispiel die relativ dünnen von proximoplantar nach dorsodistal verlaufenden Unterstützungssehnen des M.interosseus medius zur langen Strecksehne lassen sich in den sagittalen Ebenen *nicht* zuverlässig darstellen. Für die Beurteilung des Fesselträgerursprungs und -bauches liefern hingegen die frontalen Schnitte kaum zusätzliche Informationen. Die sagittalen und frontalen Bilder dienen primär als Referenzbilder und Orientierungshilfen. Auch SCHWARZKOPF (2000) erhielt in ihrer Arbeit aus den transversalen Schnittbildern die meisten Informationen für die Beurteilung des M.interosseus medius.

5.5 *Bewertungen der computertomographischen Darstellungen*

Die Computertomographie gibt laut HERTSCH et al. (1988) trotz geringer Einbußen bei der Bildauflösung insgesamt eine gute Kontur- und Strukturdarstellung sowie eine ausgezeichnete Abbildung der Knochendichteunterschiede von spongiösen und sklerosierten Anteilen wieder. BARBEE und ALLEN (1987b) beschreiben neben den technischen Grundlagen die Einsatzmöglichkeiten der computertomographischen Untersuchung beim Pferd. Dabei liegen die Vorzüge in der überlagerungsfreien Darstellung, was besonders in Gebieten mit kompliziertem anatomischem Aufbau von Vorteil ist. Zudem ist eine gleichzeitige Beurteilung von Knochen- und Weichteilstrukturen möglich. PETERSON und BOWMAN (1988) untersuchten den anatomischen Bau der distalen Extremitäten mittels Computertomographie. Während die Knochenstruktur des komplexen Hufgelenks gut zu beurteilen ist, erzielten sie mit den Aufnahmen der Weichteilstrukturen keine befriedigenden Ergebnisse. Sie verwenden bei ihren Untersuchungen noch einen Computertomographen der zweiten Generation. TIETJE et al. (2001) sahen hingegen in der Computertomographie ein wichtiges diagnostisches Hilfsmittel zur Beurteilung des distalen Abschnittes der tiefen Beugesehne. BARBEE und ALLEN (1990) und SINSBECK (1997) berichten von pathologischen Veränderungen, die bei der radiologischen Voruntersuchung nicht, oder nicht eindeutig diagnostiziert werden konnten und erst im computertomographischen Bild aufgrund der Überlagerungsfreiheit zu bewerten waren. Die Computertomographie eignet sich somit zur Darstellung von Strukturen, die röntgenologisch wegen ihrer Lokalisation oder ihres komplexen anatomischen Aufbaus nur schwer zu analysieren sind (O'CALLAGHAN 1991). FREY (2002) beschreibt in seiner Arbeit am Karpalgelenk des Pferdes, dass die Computertomographie entgegen den Behauptungen von PETERSON und BOWMAN (1988) auch im Weichteilbereich über ein hohes diagnostisches Potenzial verfügt. Es ließen sich fast alle anatomischen Strukturen, die im Sägeschnitt erkennbar waren, auch computertomographisch darstellen. Ausnahmen bildeten die Nerven, kleinere Band- und Sehnenstrukturen sowie einige Blutgefäße. In den eigenen Befunden bleibt ungeklärt, warum sich Blutgefäße und sogar Nerven auf einem Schnittbild sehr gut erkennen und sogar unterscheiden lassen (Abb. 82 b., C, D und E), während sie sich im davor oder darauf folgenden Bild annähernd gar nicht darstellen (Abb. 82 a.). Als mögliche Erklärung muß eine Änderung im Verlauf der Gefäße angesehen werden, wodurch sie mit einem transversalen Schnitt nicht mehr im rechten Winkel erfasst werden und sich somit ihr Lumen nicht abbildet.

TIETJE (1994) stellte bei der Untersuchung des Ursprungsgebietes des Musculus interosseus medius Veränderungen fest, die weder röntgenologisch noch sonographisch nachweisbar waren. Somit befand er die computertomographische Untersuchung auch als ein gutes Diagnostikum für die Darstellung von Weichteilläsionen. In allen seinen Arbeiten zur Computertomographie am Pferd bewertete TIETJE (1994; 1995a; 1995b; 1996; 1997a; 1997b) dieses bildgebende Verfahren als eine sinnvolle Ergänzung, welche den Pferdetierärzten genauere Diagnosen durch eine Erweiterung ihres diagnostischen Horizonts bietet. Diese Aussagen können durch die in der vorliegenden Arbeit gewonnenen Ergebnisse zur Darstellungen des M.interosseus medius der Hintergliedmaße bekräftigt werden.

Durch die großen Kontrastunterschiede von Weichteil- und Knochengewebe lassen sich die Ursprungsstrukturen des M.interosseus medius proximal am Os metatarsale III deutlich darstellen. Auch die proximale Ursprungssehne lässt sich computertomographisch von ihrer Umgebung abgrenzen und sich somit bis zu ihrer Verbindung mit dem Calcaneus bzw. dem Lig. plantare longum verfolgen. Computertomographisch ist bis zu ihrem Ursprung eine röntgenschwache Abgrenzung zum Ligamentum plantare longum sichtbar.

Die Bestimmung der muskulären Einschlüsse innerhalb des M.interosseus medius fällt aufgrund eines verminderten Auflösungsvermögens des CT ungenauer aus. Während sie sich im MR Bild als signalintensive Einschlüsse fein gezeichnet darstellen, erscheinen sie im computertomographischen Schichtbild, als zwei intratendinöse, röntgenschwache Formen mit einer unscharfen Außenkontur. Eine Unterscheidung zwischen Muskel-, Fett- und Bindegewebe oder sogar neurovaskulären Strukturen ist noch weniger möglich als im MRT. Die mondsichelförmigen Anordnungen der Muskelfasern werden genauso wie die darauf folgenden „Zick-Zack“ Muster im CT etwas detailärmer beschrieben, sind aber dennoch nachweisbar. Nach der Aufspaltung des M.interosseus medius in seine zwei Fesselträgerschenkel sind computertomographisch keine intratendinösen Strukturen mehr nachweisbar, die für Muskelfasern typisch wären. Im Insertionsbereich an den Gleichbeinen geht die grobkörnige Sehnenstruktur fließend in das kräftige Weiß des Knochengewebes über. Die dort hervorgehenden Unterstützungssehnen zur langen Strecksehne können computertomographisch nur schwer aufgefunden werden. Deren sehr dünne Form erschwert ihre Identifikation im CT-Bild. Mit ihrer Volumenzunahme, ungefähr in Höhe des Fesselgelenkes, werden sie leichter abgrenzbar und in ihrem weiteren Verlauf bis zum Übergang in die Strecksehne darstellbar.

5.6 Vergleichende Betrachtung zwischen MRT und CT

Die Magnetresonanztomographie bietet dem Untersucher bei allen Weichteildarstellungen bessere Detailinformationen als der Computertomograph. Dennoch sind die transversalen Schnittbilder aus den modernen Computertomographen sowohl röntgenologischen als auch sonographischen Befunderhebungen weit überlegen. So kann dieser Technik insbesondere bei Untersuchungen von größeren sehnigen Strukturen wie dem *M. interosseus medius* mit Ursprung und Bauch oder den Beugesehnen ein sehr hohes diagnostisches Potenzial zugesprochen werden. Die Überlegenheit des Kernspintomographen in der Weichteildiagnostik zeigt sich verstärkt bei abnehmendem Durchmesser der zu bewertenden Strukturen. Während die Fesselträgerschenkel computertomographisch schwierig von der Umgebung abzugrenzen sind und die dünnen Unterstützungssehnen in einigen Bereichen nicht dargestellt werden können, bietet der MRT auch dort noch einen hohen diagnostischen Informationsgehalt. Ebenfalls als sehr wertvoll erweist sich die Kernspintomographie bei der Beurteilung der Zusammensetzung der Knochenstruktur. Entzündliche Veränderungen in der Knochensubstanz, wie z.B. bei der Insertionsdesmopathie, lassen sich zuverlässig erfassen. Des Weiteren lässt die Kernspintechnik mithilfe einer Vielzahl von unterschiedlichen Sequenzen Rückschlüsse auf die Zusammensetzung verschiedener Gewebe zu, ohne dass dafür ein Einsatz von Kontrastmitteln notwendig wird. Ein Vorteil der Computertomographie liegt im hohen Knochen-Weichteilkontrast. Dieser bedingt, dass kleinere (röntgendichte) Knochenfragmente z.B. nach Avulsionsfrakturen computertomographisch sehr viel leichter inmitten des Weichteilgewebes zu identifizieren sind als im magnetresonanztomographischen Schnittbild. So lässt sich die aus dem proximalen Knochenkamm am Metatarsus hervorgehende Sehnenstruktur des *M. interosseus medius* computertomographisch leicht abgrenzen. Im MRT kann eine Abgrenzung zwischen dem signallosen Knochenkortex und ebenfalls signalarmen Sehnen- oder Bandstrukturen Probleme bereiten. Die Trennung des dunklen Sehnen- bzw. Muskelgewebes von den plantaromedial und -lateral anliegenden A. et V. *digitalis plantaris communis* II und III fällt indes im MR-Bild leichter als im CT-Bild. Als vorteilhaft für die Untersuchung feinerer Strukturen erweist sich bei der computertomographischen Technik das Erstellen von sehr dünnen Schnitten und damit die Möglichkeit von 3-dimensionalen Rekonstruktionen (NÖLLER et al. 2007). Während im MRT Schnittdicken von unter 3 mm zu Einbußen des Gewebesignals führen, weisen in der Computertomographie gerade dünnere Schichtbilder die bessere Bildqualität auf und besitzen

somit ein besonders hohes diagnostisches Potenzial. Moderne Anlage ermöglichen bis zu 0,5 mm feine Schnittbilder. Abgewertet wird dieser Vorteil durch die deutlich verlängerten Aufnahmezeiten, welche aufgrund der notwendigen Vollnarkose beim Pferd so weit wie möglich begrenzt werden sollten. Ähnliche Möglichkeiten ergeben sich bei Verlängerung der Aufnahmezeiten im MRT. Längere Meßsequenzen erhöhen signifikant die Qualität des Bildmaterials und ermöglichen dem Untersucher Bereiche von besonderer Bedeutung im dünneren Schnittbild und/oder mit erhöhtem Auflösungsvermögen darzustellen. Dieser Vorteil ist bei „High-Field“ Tomographien ebenfalls durch die Narkosedauer begrenzt.

Die ausschließlich transversale Schnittführung der Computertomographie kann bei der in dieser Arbeit notwendigen Bewertungen von Strukturen mit proximodistaler Verlaufsrichtung nicht als Nachteil erachtet werden. Laut KLEITER (1996) sei die Beurteilung computertomographischer Ergebnisse für den Nicht-Experten leichter, da der Bezug zum Röntgenbild erhalten bleibt. Doch allein aufgrund der Komplexität der Techniken und des großen Einflusses vieler physikalischer Parameter sollte die Befundauswertung in beiden Diagnoseverfahren ausschließlich erfahrenen Untersuchern vorbehalten bleiben. Besonders die Betrachtung von MR Bildern in verschiedenen Projektionen erfordert ein geübtes Auge mit gutem dreidimensionalem Vorstellungsvermögen.

Tabelle 10 zeigt eine Nebeneinanderstellung der diagnostischen Werte von CT und MRT Untersuchungen bei den verschiedenen Erkrankungen des M.interosseus medius.

Beurteilung von Erkrankungen des M.interosseus medius	MRT	CT
Läsionen der proximale Ursprungssehne	++	+
Läsionen im Ursprung am Metatarsus	++	++
Läsionen im Bereich des Bauches	++	++
Defekte der Fesselträgerschenkel	++	+
Defekte der Unterstützungssehnen	++	+/-
Avulsionsfrakturen im Ursprungs- oder Ansatzbereich	+	++
Veränderungen der Knochensubstanz wie z.B. bei Insertionsdesmopathien	++	+

Tabelle 10 Tabellarische Auflistung von M.interosseus medius Erkrankungen und der diagnostischen Werte von MRT und CT Untersuchungen dieser Bereiche

- +/- Zusatzinformationen gegenüber Röntgen und Sonographie sind zu erwarten
- + Hoher Informationsgewinn gegenüber anderen bildgebenden Diagnostika
- ++ Höchstes diagnostisches Potenzial

Die Tabelle bezieht sich ausschließlich auf das diagnostische Potenzial der beiden Schnittbildverfahren, ohne den für die Untersuchungen notwendigen Mehraufwand, das erhöhte Kostenaufkommen und das Risiko einer eventuell durchzuführenden Vollnarkose des Pferdes zu berücksichtigen.

Die Bewertung von PARK et al. (1987), dass es sich beim MRT um ein sehr sensibles Verfahren handelt, kann durch diese Arbeit bestätigt werden. Nicht mehr aktuell ist dagegen seine Aussage, dass dieses für das lebende Pferd nicht als Routinemethode zur Verfügung steht (PARK et al. 1987). MR Bilder übertreffen die anderen bildgebenden Verfahren in der Medizin in Auflösungsvermögen und Kontraststärke. Andererseits bekräftigen die getätigten Untersuchungen auch die Ergebnisse von KASER-HOTZ et al. (1994), KLEITER (1996) und FREY (2002), welche dem Computertomographen ebenfalls eine gute Weichteildarstellung zuschrieben und ihn lediglich im Detail dem Kernspintomographen unterlegen sahen.

Der Einsatz beider tomographischen Bildgebungen ist jedoch aufgrund der Größe der Gantry bzw. des Magneten begrenzt. So können bezogen auf das Pferd lediglich die Gliedmaßen, der Kopf und der vordere Halsbereich dargestellt werden. Zudem muß die CT-Untersuchung immer in Vollnarkose durchgeführt werden, sodass ein gewisses Narkoserisiko hinzukommt (DIK 1993). Das ist ebenso bei kernspintomographischen Untersuchungen des Kopfes und Halses notwendig, erübrigt sich jedoch mittlerweile für viele Untersuchungen der Gliedmaßen. Der „Hallmarq Distal Limb Scanner“ wird als „Low-Field“ System mittlerweile von mehreren Pferdekliniken weltweit genutzt und relativiert durch seine wirtschaftliche Tragfähigkeit und den Verzicht auf eine Vollnarkose die unter anderem von KLEITER (1996), BINDEUS (1996), VRBA (1999) und SCHWARZKOPF (2000) genannten Nachteile des Magnetresonanztomographen. Insgesamt bilden somit beide Techniken, die Kernspintomographie und die Computertomographie, wertvolle Komplettierungen der bildgebenden Diagnostika in der modernen Pferdemedizin.

5.7 Die morphologischen Eigenheiten und die systematische zytologische Einordnung des M.interosseus medius

Die evolutionäre Entwicklung vom Sumpfbewohner Eohippus, mit der Umformung seiner Gliedmaßen von der Plantigradie über die Digitigradie zur Unguligradie, also der Aufrichtung der Gliedmaße auf die Zehenspitze beim Steppenbewohner (*Equus caballus*), wurde durch das Funktionsprinzip des Fesselträgers ermöglicht. Es erfolgte eine stetige aber unvollständige Umwandlung der kontraktilen Elemente in zugbelastetes Sehngewebe. Auch die phylogenetische Reduzierung der Zehen (Strahlen), nämlich des zweiten und vierten Strahls zu Griffelbeinen und die Dominanz der gewichtstragenden dritten Zehe fanden ihr myologisches Äquivalent in der weitgehenden Reduktion der *Mm.interossei medialis et lateralis* und in der herausragenden Ausprägung des *M.interosseus medius*. Die Krankheitsanfälligkeit des Fesselträgers zeigt sich in dramatischer Deutlichkeit in der Durchtrittigkeit beim Fohlen sowie im Niederbruch beim adulten Pferd und kann als krankhafte Variante des Atavismus gewertet werden. Form und Funktion der stark reduzierten *Mm.interossei medialis et lateralis* sind in der Literatur unumstritten. Lediglich zur Insertion bestehen unterschiedliche, vielfältige Angaben, die aber nur scheinbar widersprüchlich sind. In jedem Fall handelt es sich bei der Insertion um die Mittelfußfaszie mit ihren Verstärkungen, dem Sporn-Griffelbeinband und dem proximalen Teil des Fesselringbandes. Zur systematischen myologischen Einordnung kann aus den eigenen Befunden geschlossen werden, dass der *M.interosseus medius* durchweg (vom Ursprung bis zum Ansatz) paarig ausgebildet ist, womit eine Deutung, dass er als Verschmelzungsprodukt aus zwei *Mm.flexores digitales profundus (breves)* anzusehen ist (Nickel et al. 2003), durchaus berechtigt ist. Vom *M.interosseus medius* mit seinem lateralen und medialen „kurzen“ Hauptursprung am Röhrebein fusioniert der Laterale mit der proximalen „langen“ Ursprungssehne, welche vom Calcaneus kommt, sodass insgesamt drei Ursprungsköpfe vorliegen. Die Paarigkeit des *M.interosseus medius* wird auch durch die symmetrische Zweiteilung der signalintensiven Muskeleinschlüsse deutlich. Diese setzten sich vom Ursprungsbereich bis maximal in den Anfangsabschnitt der beiden Fesselträgerschenkel fort. Die ansonsten ausschließlich sehnigen Fesselträgerschenkel entsenden in Höhe der Gleichbeine beidseits eine lange Unterstützungssehne zur langen Strecksehne. Somit weist der *M.interosseus medius* in seiner *Cauda muscularis* zwei gespaltene Sehnen, also insgesamt 4 Endsehnen auf.

In der Literatur herrscht Uneinigkeit in Bezug auf den Muskelfaseranteil im *M. interosseus medius*. Laut DYSON (1995) beträgt der Muskelfaseranteil des *M. interosseus medius* zwischen 2,1 % - 11 %, während SCHWARZKOPF (2000) sogar einen Spielraum von 0,3 % bis 40 % fand. In Hinblick auf die klinische Relevanz kann die vorliegende Arbeit die Aussagen von DYSON (1995) und SCHWARZKOPF (2000) bekräftigen: Es besteht eine auffällige Ähnlichkeit in der Menge und Anordnung der Muskelfasern zwischen den *kontralateralen* Gliedmaßen, weswegen vergleichende Betrachtungen immer zu empfehlen sind. Die Angaben in der Literatur zum Muskelfaseranteil im Verhältnis zum Alter des Pferdes sind ebenfalls widersprüchlich. Während CALLEGARI (1968), DYCE et al. (1991), SEIFERLE u. FREWEIN (2003) und SCHWARZKOPF (2000) von einer negativen Korrelation überzeugt sind, konnten ROONEY (1973), SISSON (1975), BINDEUS (1996) und WEILER (2000) in ihren Arbeiten dafür keine Bestätigung finden. In der vorliegenden Arbeit stellte der quantitative Anteil der Muskelfasern im *M. interosseus medius* keine primäre Fragestellung dar. Für Studien dieser Art wären weit höhere Patientenzahlen mit aufwendigen Selektionen in Alter, Geschlecht und Rassezugehörigkeiten der Pferde notwendig. Nach Auswertung der eigenen Befunde waren die signalintensiven Einschlüsse mit ihrem Hauptanteil, der quergestreiften Muskulatur, in allen Fällen so deutlich ausgeprägt, dass die Feststellung von SEIFERLE u. FREWEIN (2003), dass nur beim Fohlen vereinzelt Muskelfasern vorkommen, nicht bestätigt werden kann. Es waren große Variationen in der Menge der Muskelfasern zwischen den einzelnen Gliedmaßenpaaren auffällig, welche allerdings nicht in einem koordinierten Verhältnis zum Alter der Tiere standen. Übereinstimmend mit der Aussage von WEILER (2000), enthielten die verwendeten Präparate von Kleinpferden einen auffällig hohen Anteil an Muskelfasern im *M. interosseus medius*.

Der Muskelanteil in Abhängigkeit vom Alter sollte auch in Hinblick auf die Anwendbarkeit des inzwischen umstrittenen biogenetischen Grundgesetzes von HAECKEL (1886) überprüft werden, wonach die Ontogenese als kurze Wiederholung der Phylogenese zu werten sei. Ob die phylogenetische Reduzierung der kontraktile Muskelanteile zugunsten der Trageelemente eine äquivalente Transformation in der Individualentwicklung aufweist, ist auch mit der praktischen Frage verknüpft, ob proportionale Verschiebungen im Anteil der Gewebe mit einer Veränderung der mechanischen Belastbarkeit einhergehen.

Die Ausformungen der Einschlüsse mit ihrem Hauptanteil an quergestreifter Muskulatur nehmen im *M. interosseus medius*- Querschnitt typische Formen an. Im Ursprungsbereich, wenige mm distal des tarsometatarsalen Gelenkspaltes, liegen beidseits in den Muskelköpfen

Hiluseinschlüsse vor, die durch den Verlauf der Hilusgefäße geprägt sind. Die Hilusgefäße und Nervenäste verlaufen in bindegewebigen Septen zwischen den Skelettmuskelfaserbündeln, wodurch dieser Bereich des M.interosseus medius noch die meisten individuellen Unterschiede zwischen verschiedenen Pferden aufweist. Die Querschnittsbilder dieses Bereiches zeigen gewöhnlich ungleichmäßige Streifen- oder Inselbildungen der muskulären Einschlüsse im Sehnengewebe, wie sie bereits von TIETJE (1994) im CT-Bild erkannt wurden. Noch im Ursprungsbereich jedes Muskelkopfes formieren sich die Einschlüsse üblicherweise zu einer konvex nach lateral bzw. medial gewölbten Schalenform um, die im Querschnitt lateral an eine abnehmende und medial an eine zunehmende Mondsichel erinnert. In allen Fällen erschien die Mondsichelform mit dem Übergang zum Muskelbauch vermehrt dorsoplantar gestaucht, wodurch eine charakteristische „Zick-Zack“ Formation der Einschlüsse in den transversalen Schnittbildern sichtbar wurde. In Ausnahmefällen fand sich dieses Erscheinungsbild auch schon direkt im Ursprungsbereich des M.interosseus medius. In mehr oder weniger gestreckten Variationen bleibt die Zick-Zack Formation bis zum Übergang der parallel zueinander liegenden Muskelbäuche in die Fesselträgerschenkel bestehen. Dort laufen die axial orientierten Einschlüsse im Bindegewebe zwischen den Fesselträgerschenkel aus.

Die phylogenetische und die eventuell vorkommende ontogenetische Transformation von Muskel- in Sehnengewebe ist in keinem Fall so weitgehend, dass schließlich eine Bandstruktur (Ligamentum) entstünde, wie es z. B. am Ellenbogengelenk durch Umwandlung des M.pronator teres in das lange mediale Kollateralband erfolgte (Nickel et al. 2003). Für den M.interosseus medius besteht kein Grund, seine distalen Insertionen als *Bänder* zu bezeichnen, weshalb in der vorliegenden Arbeit eine nomenklatorische Korrektur vorgenommen wurde. Das so genannte *Unterstützungsband* (Lig. accessorium) zur langen Strecksehne wurde in *Unterstützungssehne* (Tendo accessorius) umbenannt.

5.8 *Bewertungen der klinischen Fallbeispiele*

In der Kernspintomographie haben verschiedene Faktoren Einfluss auf die Art und Weise der Gewebedarstellung und die Qualität der Bilder. Neben der Magnetfeldstärke sind besonders noch die Radiofrequenz-Spulen und das Software Paket, welches die Untersuchungssequenzen beinhaltet, von großer Bedeutung. In allen Punkten unterscheidet sich das für die klinischen Fälle verwendete „offene System“ von dem „High-Field“ Tomographen. Obgleich von den in dieser Arbeit präsentierten Fällen, wie schon für die anatomischen Beschreibungen des M.interosseus medius, vorrangig T1-gewichtete Sequenzen ausgewählt wurden, liegen bei genauerer Betrachtung feine Unterschiede in den Gewebedarstellungen vor. In „Low-Field“ Systemen erzeugen kleinere Band- oder Sehnenstrukturen geringgradig höhere Signalstärken, sodass sie oft leicht gräulich erscheinen. Ähnlich verhält es sich mit einigen schräg angeschnittenen Band- und Sehngewebe, wie zum Beispiel den Fesselträgerschenkeln. Ob die physikalischen Parameter der jeweiligen Systeme oder die veränderten Zug- und Druckverhältnisse am stehenden Patienten dafür verantwortlich sind, ist noch nicht erwiesen und bedarf weiterer Untersuchungen.

Die Abb. 83 - 89 geben klinische Befundbilder aus der Arbeit mit der „Standing-Unit“ der Firma „Hallmarq“ wieder. Beim ersten Fall (Abb. 83 – 85) handelt es sich um eine Insertionsdesmopathie des M.interosseus medius. Dieser hat im Ursprungsbereich seine signalarme Struktur fast vollständig verloren, was auf großflächige Sehndefekte hinweist. Es ist zudem auffällig, dass auch der Metatarsus Schaden genommen hat. Die deutliche Signalalteration proximoplantar im Knochen lässt auf eine akute Ostitis im Ursprungsbereich des M.interosseus medius schließen. Bei einer ausgeprägten Insertionsdesmopathie, wie sie in diesem Fall gegeben ist, sichert häufig schon eine sonographische und röntgenologische Untersuchung dem Tierarzt die Diagnose. Das MR-Bild diente der Bestätigung der Voruntersuchung und erlaubte dem Tierarzt wie auch den Besitzern einen guten Einblick in das Krankheitsstadium. Es zeigte sich, dass besonders bei prognostisch ungünstigen Erkrankungen diese hochwertige Bildgebung dem Pferdehalter ein leichteres Verständnis für die Situation vermittelt und dadurch die Akzeptanz für weitere Maßnahmen deutlich erhöht.

Ähnlich verhielt es sich beim zweiten präsentierten Fall. Die Abb. 86 - 89 zeigen eine Entzündung des medialen Fesselträgerschenkels mit einer Ausrissfraktur am gleichseitigen Sesambein. Der betroffene Fesselträgerschenkel weist in seinem distalen Bereich eine deutlich höhere Signalintensität auf, als der auf der kontralateralen Seite. In den frontalen Schnittbildern ist eine schräge hyperintense Frakturlinie abaxial im medialen Gleichbein erkennbar. Durch die Überlagerung der Gleichbeine im lateromedial angefertigten Röntgenbild war die Fraktur für den überweisenden Tierarzt nicht zu erkennen. Mit Hilfe einer von kranio-medial nach kaudolateral ausgerichteten Röntgenaufnahme ließ sich der Schaden gut darstellen, war jedoch im kernspintomographischen Bild differenzierter zu bewerten. Der longitudinale Defekt im Fesselträgerschenkel war sonographisch nicht darstellbar. In vielen Fällen ist bei sorgfältigem Einsatz konventioneller Untersuchungsmethoden wie Röntgen oder Sonographie ebenso eine Diagnose der Erkrankung möglich. Allerdings bieten Schnittbildverfahren die Möglichkeit, durch Ausschluss von Überlagerungen die Veränderungen räumlich besser einzuordnen. Die Kombination einer qualitativ hochwertigen Knochen- und Weichteildarstellung in einem Bild lässt den Tierarzt wie auch den Patientenbesitzer die anatomischen Zusammenhänge verschiedener Erkrankungen problemloser erkennen und angemessener einschätzen.

5.9 Die Bewertung des „offenen“ MRT in der Pferdemedizin

Die Entwicklung eines „offenen Low-Field“ Systems für die Pferdemedizin hat in der Veterinärmedizin größere Einsatzmöglichkeiten der MR-Technik in der täglichen Praxis geschaffen. Die Patienten stehen während der Untersuchung lediglich unter einer Sedation in einem speziell angefertigten Untersuchungsstand. Dadurch entfällt für das Pferd die nie risikolose Vollnarkose, was zu einer wesentlich höheren Besitzerakzeptanz dieses Verfahrens führt. In Kombination mit geringeren Anschaffungs- und Unterhaltungskosten erlangte die Technik auch eine wirtschaftliche Tragfähigkeit. Dennoch ist der Kostenaufwand zu hoch, um der MR-Untersuchung das Potenzial eines diagnostischen Verfahrens der ersten Wahl zuzugestehen. Des Weiteren bringt die mit einem „offenen“ Magneten einhergehende Technik auch signifikante Nachteile. Das „Field of View“ wird durch das relativ kleine homogene Magnetfeld begrenzt, was zu einem Bildausschnitt von ungefähr 14 cm führt. Im „High-Field“ Tomographen wurden für die Standardaufnahmen in dieser Arbeit Bildausschnitte von 16 und 23 cm ausgewählt, welche für sagittale Übersichtsaufnahmen sogar bis auf 45 cm ausgedehnt werden konnten. Damit werden Darstellungen von wesentlich größeren Bezirken im Verlauf einer einzelnen Untersuchung möglich. Die Ausdehnung des „Field of View“ bedingt allerdings Einschränkungen in der Auflösungsstärke. Die Nutzung der Kernspintomographie und insbesondere die einer „Standing-Unit“ in der Pferdeorthopädie erfordert deshalb immer eine vorausgehende Lahmheitsuntersuchung mit einer möglichst exakten Eingrenzung des betroffenen Bezirkes am Pferdebein. Systeme mit einem schwächeren Magnetfeld benötigen für die Erstellung eines qualitativ hochwertigen Bildmaterials länger laufende Sequenzen als Hochfeldanlagen. Dies erschwert die Untersuchung an einem stehenden Patienten. Aufgrund unvermeidlicher leichter Bewegungen während laufender Sequenzen sind Artefaktbildungen nie auszuschließen, wodurch die Gefahr von „falsch-positiven“ Befundungen in der „Standing-Unit“ erhöht ist. Das System verfügt zwar über eine fortschrittliche „Motion Correction“ Software ist aber dennoch nicht jeden Bewegungen des Pferdes gewachsen. Die Beurteilung des Bildmaterials durch einen erfahrenen Untersucher ist damit eine Voraussetzung für eine gesicherte Diagnose.

Beim heutigen Stand der Technik sind im Kernspintomographen Schnittdicken von 2-6 mm notwendig, um qualitativ hochwertige MR Bilder in angemessenen Zeitfenstern zu produzieren. Dadurch besteht die Gefahr, dass sich in Bereichen von Gewebeübergängen zwei unterschiedliche Strukturen in ein einzelnes Bild hineinprojizieren und dadurch scheinbare

Defekte vortäuschen. Das hat zur Folge, dass auch nach einer einmaligen Lageveränderung der zu untersuchenden Struktur Bildartefakte auftreten können. Zur Minimierung der Gefahr von Fehlinterpretationen ist es deshalb besonders bei MRT Untersuchungen unerlässlich, einen Befund in wenigstens zwei Ebenen und mehreren Sequenzen darstellen zu können. Dies ist aufgrund des sehr komplexen Informationsgehaltes eines MR Bildes und zum Schutz vor Überbewertungen natürlich genauso für „Low-Field“ MR Untersuchungen wie für „High-Field“ Tomographien zu empfehlen.

In Vergleichen von „High-Field“ und „Standing-Unit“ Systemen gestalten sich Vermutungen, ob die Be- oder Entlastungen von Gliedmaßen während kernspintomographischen Untersuchungen von Vor- bzw. Nachteil sind, noch rein spekulativ. Es ist wahrscheinlich, dass Abhängigkeiten von der Art und Lokalisation der zu untersuchenden Strukturen vorliegen. Während bei Untersuchungen des hyalinen Gelenkknorpels zum Beispiel die Separation der gegenüberliegenden Strukturen durch eine Entlastung vorteilhaft sein könnte, wären eventuell für band- und sehnenartige Strukturen gerade die Ansichten unter Belastung von besonderem Interesse (z.B. zum Verstreichen der Mikrowellung der Unterstützungssehnen zur langen Strecksehne). Grundlegende Antworten müssen zukünftigen Arbeiten mit Vergleichen beider Systeme vorbehalten bleiben.

In Anbetracht dieser doch bedeutenden Unterschiede beider Systeme darf die „Standing-Unit“ nicht als ein konkurrierendes Verfahren zu den „High-Field“ Systemen angesehen werden. Mit dem Verzicht auf eine Vollnarkose sind Abstriche in der Bildqualität in Kauf zu nehmen. Des Weiteren sind ausschließlich Untersuchungen der Gliedmaßen möglich, nicht aber des Kopf- und Halsbereiches. Für spezielle Indikationen bleibt die Untersuchung in einem „geschlossenen“ Tomographen deswegen weiterhin die erste Wahl.

5.10 Angewandt- anatomische, klinische Bedeutung der erarbeiteten Ergebnisse

licher Befund ist der Nachweis der langen proximalen Ursprungssehne des M.interosseus medius, die weit proximal über das Röhrlbein hinaus bis zum Calcaneus reicht. In klinisch-funktioneller Hinsicht liegt einerseits diese rein sehnige Struktur relativ fest eingebettet zwischen plantaren Tarsalgelenksbändern, Bindegewebe und Beugesehnen und ist somit in ihrer Mobilität stark eingeschränkt. Andererseits überquert sie drei Gelenksspalten und inseriert in ihrem Verlauf mit tiefen Fasern am Os tarsale quartum. Damit erfüllt sie gelenksstabilisierende Funktionen und ist bei Gelenksaktionen stetigen Druck- und Zugkräften ausgesetzt. Eine Beugeprobe des Tarsalgelenkes im Rahmen einer Lahmheitsuntersuchung provoziert Zug auf die plantaren Bandstrukturen des Gelenkes. Diese Gegebenheit kann zweierlei Einfluss auf den M.interosseus medius der Hintergliedmaße haben: Zum einen verursacht eine Zugbelastung der proximalen langen Ursprungssehne einen erhöhten Stress auf den gesamten M.interosseus medius. Das würde positive Resultate von Provokationsproben des Tarsus auch bei Erkrankungen des M.interosseus medius erklären. Zum anderen ist die proximale lange Ursprungssehne in der Beugstellung des Sprunggelenkes besonders in Höhe des Os tarsale quartum in hohem Maße einer Druckbelastung ausgesetzt, was mit Einschränkung auch für die anderen Teile des M.interosseus medius gilt. Das Zusammenwirken von dauerhaften, heftigen Zug- und Druckkräften provoziert nach dem Prinzip der kausalen Histogenese (KUMMER 1985) die Metaplasie von Sehnengewebe zu festerem Faserknorpelgewebe. Anhand der Metachromasie und der beobachteten Abrundungen sowie Fortsatzverlusten konnte in der proximalen Ursprungssehne in hohem Maße die Transformation von Sehnenzellen zu Knorpelzellen nachgewiesen werden. Die einhergehende Umwandlung und Vermehrung der Sehnengrundsubstanz zur Knorpelgrundsubstanz mit vermehrter Bildung von Keratinsulfat und Chondroitinsulfat sowie der Synthesewandel von sehnentypischen Kollagen-Typ I Fasern zu den knorpeltypischen Kollagen-Typ II Fasern geht mit einer Minderung der Zugbelastbarkeit einher. Mögliche Sehnenfaser- oder Muskelfaserrisse können eine Insertionsdesmopathie initiieren.

Eine Studie von DYSON (1994) ergab schlechte prognostische Aussichten bei Fesselträgerursprungsproblemen der Beckengliedmaße und zeigte eine deutliche Diskrepanz zu den besser heilenden Defekten im M.interosseus medius der Schultergliedmaße. Es ist zu

überlegen, ob die proximale Ursprungssehne für den M.interosseus medius die Funktion einer Unterstützungssehne erfüllt, wie es analog für die Verhältnisse der Zehenbeuger beschrieben ist. In diesem Fall wäre zu klären, ob die ausschließlich an der Beckengliedmaße auffindbare proximale Ursprungssehne die Ausheilung von Erkrankungen des M.interosseus medius negativ beeinflussen kann. Die Beantwortung der Frage in welchem Maß die proximalen Ursprungssehne von klinischer Bedeutung ist und ob sich über derlei Erkenntnisse eventuell neue therapeutische Ansätze ergeben, obliegt weiterführenden Untersuchungen an beteiligten Strukturen.

Das Hauptziel dieser Arbeit, vollständige Bildsequenzen als Referenzphotographien für Wissenschaft und Praxis zu liefern, konnte durch die großzügige Nutzungsmöglichkeit moderner und hochwertiger bildgebender Verfahren erreicht werden.