

Zur rechnerischen Nachbearbeitung solearer szintigraphischer Aufnahmen des Strahlbeins beim Pferd

Hans D. Lauk und Claudia Wanschura

Zusammenfassung

Die Bewertung knochenszintigraphischer Aufnahmen des Strahlbeins beruht meist auf deren subjektiver, rein visueller Befundung. Dies ist in deutlich positiven oder deutlich negativen Fällen zur Diagnosefindung ausreichend. Eine Objektivierung der Bildbefunde durch rechnergestützte Auswertung ist jedoch wünschenswert, um die Zuordnung von Grenzfällen oder von Sohlen-Aufnahmen mit polytraumatisierten Hufbeinen zu erleichtern und um subjektive Beurteilungen zu objektivieren. Durch Vergleich einer ROI (region of interest) über dem Strahlbein mit einer zweiten über der ganzen Sohle wurde der Quotient SSQ (Strahlbein-Sohle-Quotient) errechnet. 210 soleare Szintigraphieaufnahmen der Vordergliedmaßen von 35 klinisch Podotrochlose-kranken und 70 nicht Podotrochlose-kranken Pferden wurden einerseits subjektiv sowie andererseits mittels Kreuzprofil- und SSQ-Technik rechnerisch ausgewertet und die Ergebnisse miteinander und mit dem Ergebnis der klinischen Untersuchung verglichen. Die klinisch positiven Podotrochlose-Pferde wiesen einen mittleren SSQ von 0,156 ($p=0,027$) auf, bei den klinisch Podotrochlose-freien Pferden lag der SSQ bei 0,151 ($p=0,023$). Zwischen beiden Gruppen gab es keinen signifikanten Unterschied. Bei den Solear-Scans mit maximaler Anreicherung (MC) im Strahlbein lag der SSQ durchschnittlich bei 0,165 ($p=0,023$). Bei MC im Hufbeinbereich lag der mittlere SSQ bei 0,146 ($p=0,023$). Der SSQ ist bei solearen Szintigrammen mit MC über dem Strahlbein signifikant höher. In der überwiegenden Zahl der klinisch und szintigraphisch positiven Fälle liegt der SSQ über 0,140. Der Sohlen/Strahlbein-Quotient (SSQ) scheint eine geeignete Methode zur Objektivierung der Befunde zu sein. Zur Sicherung der Aussage bedarf es weiterer Untersuchungen mit größeren Patientenzahlen.

Schlüsselwörter: Nuklearmedizin, Knochenszintigraphie, ROI, Podotrochlose, Strahlbein, quantitative Beurteilung

Quantitative assessment of solear navicular bone scans in the horse

Evaluation of navicular bone scans is based on subjective visual image-analysis. The method is sufficient in clearly positive and clearly negative cases. Relation of questionable findings as in cases of polytraumatized coffin bones or different tracer uptake within the navicular bone often requires an additional computer based image calculation. A SSQ (navicular bone/total sole ratio) was calculated by comparing a ROI (region of interest) across the navicular bone and a ROI across the total sole. 210 solear front limb bone scans of 35 clinically navicular disease-positive horses and 70 horses without a front limb lameness were analyzed both visually and arithmetically using crossed profile- and SSQ-technique. Results were compared to each other and to the findings of the clinical examination. Horses suffering clinically from navicular disease had 0,156 median SSQ ($p=0,027$). Navicular disease free horses had 0,151 SSQ ($p=0,023$). In solear scans showing maximal counts (MC) across the navicular bone had a SSQ of 0,165 ($p=0,023$). Solear scans with MC across the coffin bone had 0,146 SSQ ($p=0,023$). Solear scans with MC across the navicular bone had significantly higher SSQs. In most clinically and scintigraphically positive cases SSQ is above 0,140. The SSQ seems to be a reliable method to objectify scintigraphic findings in solear scans. Further studies are required to assess the validity of SSQ or other applicable ROI-ratios as a scintigraphic tool, particularly in cases of navicular disease with subtle clinically symptoms and subtle alterations in radiopharmaceutical uptake.

Keywords: Bone scintigraphy, scan, navicular disease, navicular bone, ROI, imaging techniques, quantitative assessment

Einleitung

Mit der Einführung der Knochenszintigraphie in die Pferde-medicin durch Ueltschi 1975 wurde es möglich, diese Technik allgemein für die Aufdeckung von Ursachen obskurer Lahmheiten zu nutzen. Im Besonderen gestattet die bildliche Darstellung des Knochenstoffwechsels im Strahlbein die intensivere Erforschung des Podotrochlose-Syndroms (Ueltschi 1977 und 1980, Trout et al. 1991, Keegan et al. 1996, Dyson 2002, Schwan 2004). Jahrelange Erfahrung in der Befundung knochenszintigraphischer Aufnahmen in Verbindung mit der klinischen Untersuchung des betreffenden Patienten macht den Untersucher in der visuellen Beurteilung der Bilder sicher. So lässt sich feststellen, dass Strahlbeine von an Podotrochlose erkrankten Pferden in den meisten Fällen vermehrte Anreicherung des Radiopharmakons zeigen (Ueltschi 1990, Trout et al. 1991, Keegan et al. 1996, Dyson

2002). Auch das Verteilungsmuster des Radioisotops im gesunden bzw. Podotrochlose-unverdächtigen Huf ist bekannt. Auffällig ist jedoch, dass auch Strahlbeine nicht-lahmer Pferde häufig abnorm erhöhte Speichermuster zeigen, die, wie Verlaufsuntersuchungen zeigten, in Einzelfällen auch reversibel sind (Ueltschi 1990). Persistieren die abnormen Speichermuster, liegt es nahe, solche Fälle als Frühstadien einer Podotrochlose zu interpretieren. Die Knochenszintigraphie scheint dazu geeignet, eine Überbeanspruchung des Strahlbeins anzuzeigen lange bevor sich radiologische Veränderungen oder Gangstörungen entwickeln (Ueltschi 1990). Aus diesem Grunde kommt ihr bei der Erforschung des noch immer nicht gelösten Problems der Podotrochlose-Pathogenese besondere Bedeutung zu. Hier interessiert insbesondere die Frage, ob und wann ein szintigraphischer Befund am Strahlbein als deutliches Krankheitszeichen zu werten ist oder ob dies, wie für das Fesselgelenk bereits festgestellt, eher

nicht möglich ist (Ueltschi et al. 1996). Die Einordnung eindeutig positiver und eindeutig negativer Fälle ist bei der Befundung von Strahlbein-Scans unproblematisch. Jedoch bietet die rein visuelle Beurteilung von Grenzfällen immer wieder Schwierigkeiten. Neben Ueltschi (1990, 1999) und Pütz (1992) befassen sich auch Keegan et al. (1996), Dyson (2002) und zuletzt Schwan (2004) mit der quantitativen Beurteilung solearer Szintigraphieaufnahmen des Strahlbeins. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, eine wenig aufwändige Methode der ergänzenden rechnerischen Beurteilung szintigraphischer Aufnahmen durch einen möglichst objektiven Sohle/Strahlbein-Speicherquotienten (SSQ) anhand einer größeren Probandenzahl zu überprüfen. Durch einen derart geeigneten Speicherquotienten könnten Befunde präzisiert und objektiviert und die szintigraphische Frühdiagnostik der Podotrochlose verbessert werden.

Patienten und Methode

Für die Untersuchung standen 105 Pferde zur Verfügung. Es handelte sich um 8 Vollblüter, 3 Ponies, 2 Quarter Horses, 1 Island-Pferd und 1 Palomino und im Übrigen um Warmblutpferde unterschiedlicher Rasse, die in Dressur und/oder Springen genutzt wurden. Die Tiere hatten ein mittleres Alter von 8 Jahren und wurden meist zur Abklärung unklarer Lahmheiten der knochenszintigraphischen Untersuchung unterzogen. Fünfunddreißig Pferde waren unzweifelhaft an Podotrochlose erkrankt und zeigten eine ein- oder beidseitige Vorderhandlahmheit. Die restlichen 70 Pferde litten nicht an einer Vorderhandlahmheit, sodass insgesamt Knochenszintigramme von 70 Strahlbeinen klinisch podotrochlosekranker und von 140 Strahlbeinen nicht klinisch podotrochlosekranker Pferde für die Untersuchung zur Verfügung standen.

Die klinische Untersuchung der Pferde folgte den allgemein gültigen Richtlinien: Begutachtung von Gebäude, Stellung und Hufen; Beurteilung an der Hand auf hartem Boden in Schritt und Trab, Beuge- und Brettproben, manuelle und Zangen-Palpation sowie tiefe Palmarnerven-Anästhesie. Alle Strahlbeine wurden radiologisch in 3 Ebenen (seitlich, Oxspring, tangential) untersucht und die Aufnahmen nach dem Berner Bewertungsschema befundet.

Als Quelle für das üblicherweise zur Knochenszintigraphie eingesetzte Radionuklid ^{99m}Tc diente das Tecegen S-System und als Markierungsbesteck Teceos, beides hergestellt und vertrieben von Behring. Die Pferde erhielten je nach Gewicht eine Strahlendosis von 4-6 GBq. Der markierte Knochenmarker wurde 2-3 Stunden vor der Untersuchung intravenös verabreicht. Untersucht wurde ausschließlich in der metabolischen Spätphase, dann wenn das Nuklid aus Blutwegen und Interstitium weitgehend verschwunden und die Anreicherung im Skelett optimal ist. Da das Radiopharmakon über die Nieren ausgeschieden wird, trugen die Pferde in der Zeit zwischen Injektion und Untersuchung Gummischuhe, um eine Kontamination der Hufe durch radioaktiven Harn zu verhindern. Diagnostische Anästhesien weniger als 3 Tage vor der Szintigraphie wurden grundsätzlich vermieden, weil sie an den Injektionsstellen in den ersten Tagen zu störenden lokalen Anreicherungen des Knochenmarkers führen können (Rohs et al. 1994).

In den meisten Fällen war die szintigraphische Untersuchung der Strahlbeine Teil einer Übersichtsuntersuchung der jeweils erkrankten Gliedmaße oder sie konnte einer Szintigraphie von Rücken, Hals, Kopf oder Becken angeschlossen werden. Diese Untersuchungen wurden routinemäßig in Vollnarkose durchgeführt, wodurch eine bestmögliche Bildqualität erreicht und ein zügiger Ablauf der Untersuchung gewährleistet wird. Die Tiere wurden in der Regel mit Azepromazin (Vetranquil[®]) prämediziert, mit My 301 und Thiopental-Natrium (Trapanal[®]) abgelegt und mit Halothan in Sauerstoff in Narkose gehalten. Szintigraphie-Aufnahmen der Strahlbeine bzw. Hufe wurden in zwei Ebenen angefertigt. Zur seitlichen Übersichtsaufnahme der distalen Zehe wird der Kamerakopf parallel zur Längsachse der Gliedmaße gestellt. Bei der Aufnahme von solear wird der Kamerakopf plan an die Hufsohle plaziert und um mögliche Störstrahlung zu vermeiden, die proximal des Hufs gelegenen Gliedmaßenabschnitte durch 5mm-dicke Bleimatten abgeschirmt.

Das Strahlbein ist die einzige knöcherne Struktur, die ohne Inkaufnahme reduzierter Bildqualität auch am nicht narkotisierten Tier knochenszintigraphisch untersucht werden kann. Zwar bewegt sich die proximale Gliedmaße im Lauf des spontanen Gleichgewichtsausgleichs ggf. um mehrere Zentimeter, Huf- und Strahlbein bleiben dabei unbewegt. Die szintigraphische Untersuchung des Hufes inklusive des Strahlbeins, kann deshalb unproblematisch auch am stehenden, sedierten Pferd durchgeführt werden (Ueltschi 1990). Bei der Anfertigung beider Aufnahmeebenen, der seitlichen und der solearen, kann die Zehe während der relativ langen Dauer der Aufnahmezeit von bis zu 60 sec. problemlos vor bzw. auf dem Kamerakopf ruhig gehalten werden. So wurde für diese Studie in Einzelfällen, wenn ausschließlich das Strahlbein untersucht werden sollte, auch am stehenden Pferd szintigraphiert. Für die seitliche Aufnahme wurde der betreffende Huf dann auf einen Holzblock vor den Kamerakopf, für die soleare Aufnahme direkt auf den Kamerakopf gestellt und festgehalten. Mögliche Bewegungen des Hufes bei unruhigen Pferden führten zu Abbruch und Wiederholung der Aufnahme.

Bei der eingesetzten Gamma-Kamera handelte es sich um den Typ Sigma 410 des Herstellers Ohio Nuclear, eine Ganzkörperkamera aus der Humanmedizin, die in Verbindung mit einem speziellen Lagerungstisch beim Pferd ausreichende Beweglichkeit von Kamerakopf und Zielorgan gewährleistet. Die Verwendung eines niederenergetischen Parallelochkollimators führt bei der eingesetzten Strahlendosis und 250 Tsd. Counts (Zählereignissen) pro Aufnahme zu befriedigender Bildauflösung und Aufnahmezeiten von maximal 60 Sekunden. Das nuklearmedizinische Rechnersystem Mikrodelta Plus von Siemens diente der digitalen Umwandlung und Bearbeitung der Bilddaten.

Die Aufnahmen von lateral vermitteln eine Übersicht über das Strahlungsmuster der Zehe sowie einen ersten Eindruck über deutlich vermehrte bis hochgradige Anreicherungen im Strahlbein. Mittelgradige bis subtile Anreicherungen oder gar Grenzfälle sind auf den seitlichen Aufnahmen jedoch nicht zu beurteilen. Eine aussagekräftige Befundung oder ergänzende Berechnungen lassen sich wegen des geringen Organquerschnitts an dieser Aufnahmeebene nicht durchführen.

Bezüglich des Strahlbeins sind allein die solearen Aufnahmen auszuwerten. Sie wurden zunächst subjektiv d.h. visuell begut-

achtet und anschließend mit Hilfe von Kreuzprofil (Crossed-Profile)- und ROI (Regions of interest)- Techniken rechnerisch bearbeitet und befundet. Beim Kreuzprofil wurde der Mittelpunkt durch das Zentrum des Strahlbeins gelegt. Der Rechner zeichnet dann die Anreicherung des Radiopharmakons entlang der horizontalen und vertikalen Profillinien als Intensitätskurven und berechnet diese über jedem einzelnen Bildpunkt. Diese Methode erleichtert die Bewertung unklarer Fälle besonders dann, wenn die Traceraufnahme innerhalb des Strahlbeins uneinheitlich ist, fließende Übergänge z.B. zum Ansatzbereich der tiefen Beugesehne bestehen oder zusätzlich das Hufbein oder verknöchernde Strukturen wie ggf. die Hufknorpel abnorm vermehrte Strahlung aufweisen.

Zur Berechnung eines aussagekräftigen Aufnahmequotienten für eine objektive Beurteilung des Strahlbeinmetabolismus wurden schließlich zwei rechtwinklige ROIs festgelegt. Die erste umfasst die gesamte Sohle, die zweite ausschließlich den Bereich des Strahlbeins (Abb. 1). Das Verhältnis beider ROIs zueinander ergab den Sohle/Strahlbein-Speicherquotienten (SSQ) als rechnerischen Ausdruck der Stoffwechsellintensität des Strahlbeins im Vergleich zur gesamten Sohle. Die Ergebnisse der klinischen Untersuchung und die szintigraphischen Bewertungen „visuell“, „Kreuzprofile“ und „SSQ“ wurden in die drei Gruppen „positiv“, „Grenzfall“ und „negativ“ eingeteilt und dann untereinander verglichen, um die Aussagekraft der einzelnen Methoden und die Sicherheit insbesondere des SSQ zu überprüfen.

Zur Ermittlung von Häufigkeiten und statistischen Zusammenhängen diente das Programm SAS. Je nach Fragestellung wurden t-Test, Varianzanalyse oder Chi-Quadrat-Test angewandt. Zur statistischen Ermittlung von Alterabhängigkeiten wurden die Probanden in drei ungefähr gleichgroße Altersgruppen unterteilt: Gruppe I: 1-6-Jährige (n=35), Gruppe II: 7-9-Jährige (n=38) und Gruppe III: 10-20-Jährige (n=32).

Ergebnisse

Über eine mögliche Rasse- oder Disziplin-Disposition für Podotrochlose lassen sich aus den Ergebnissen dieser Untersuchung keine Schlüsse ziehen. Das Patientengut rekrutierte sich überwiegend aus dem Dressur- und Springsport, Vollblüter standen kaum zur Verfügung und schließlich ist die Probandenzahl insgesamt zu gering, um unter den Warmblütern eine mögliche prädisponierte Rasse ausfindig machen zu können.

Altersabhängigkeiten

An 61 (29,05%) Gliedmaßen wurde klinisch Podotrochlose diagnostiziert. 17 Pferde zählten zur Altersgruppe I, 8 zu Gruppe II und 26 zu Gruppe III. Erwartungsgemäß ergab die statistische Auswertung, dass in der Altersgruppe III Podotrochlose signifikant häufiger diagnostiziert wird. 117 (56,25%) Strahlbein-Szintigramme wurden bei der subjektiven, d.h. nicht rechnergestützten Beurteilung als + bewertet, 43 (20,67%) als Grenzfall. Nur 48 (23,08%) Strahlbeine wurden hierbei als Podotrochlose-negativ eingestuft. Die Ergebnisse verteilen sich nun gleichmäßig auf alle Altersgruppen. Nach Auswertung der Kreuzprofile galten 106 (58,24%) der Strahlbeine als + und 41 (22,53%) als Grenzfall. Nunmehr

zeigten nur noch 35 (19,23%) der Strahlbeine keine vermehrte Strahlungsintensität. Die Ergebnisse der Kreuzprofil-Beurteilung waren nicht altersabhängig. Auch für die SSQ-Werte konnte eine Abhängigkeit vom Alter der Pferde statistisch nicht nachgewiesen werden.

Geschlechtsabhängigkeiten

Von den untersuchten Strahlbeinen mit klinisch diagnostizierter Podotrochlose stammten 42,62% von Stuten, 55,74% von Wallachen und eines (1,64%) von einem Hengst. Von insgesamt 60 untersuchten Strahlbeinen von Stuten wurde in 26 (43,33%) Fällen Podotrochlose festgestellt. Bezüglich der klinischen Untersuchung trat Podotrochlose in der vorliegenden Studie bei Stuten signifikant ($p=0,010$) häufiger auf. Anders bei der szintigraphischen Bewertung. Hier war keine Geschlechtsabhängigkeit nachzuweisen.

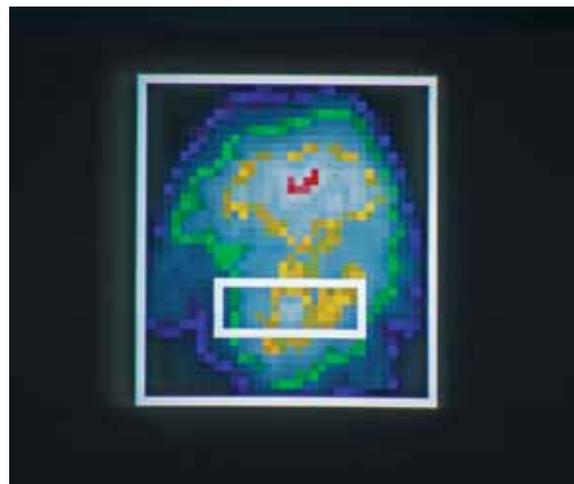


Abb. 1 Isometrische Darstellung einer solearen Szintigraphieaufnahme mit Sohlen- und Strahlbein-ROI
Isometric picture of a solear scintigraphic scan with total sole and navicular bone ROI

Strahlungsmaximum (Maximal Counts, MC) und Kreuzprofile

Von 48 Strahlbeinen klinisch Podotrochlose-kranker Pferde waren 6 szintigraphisch unauffällig. Von 130 Strahlbeinen nicht Podotrochlose-kranker Pferde waren 107 nach der subjektiven und/oder rechnergestützten Befundung szintigraphisch positiv.

In 35,5% aller szintigraphisch untersuchten Strahlbeine lag der ermittelte MC-Wert (Punkt der maximalen Strahlung) über dem Strahlbein. In allen anderen Fällen lag diese Stelle außerhalb des Strahlbeins, d.h. im Bereich des Hufbeins. 71,88% der Fälle mit MC im Strahlbein und 73,73% der Fälle mit MC im Hufbein waren Tiere ohne klinische Podotrochlose. Von den klinischen Podotrochlose-Pferden hatten 36,73%, von den klinischen negativen Fällen 34,59% den MC im Strahlbein. Zwischen dem Ergebnis der klinischen Untersuchung und der Lage des MC konnte kein statistischer Zusammenhang nachgewiesen werden.

89,06% der Szintigramme mit MC im Strahlbein wurden subjektiv als + eingestuft, 9,38% als (+) und 1,56% als negativ. Lag das MC im Hufbeinbereich, wurden 32,2% als +, 30,51

als (+) und 37,29% als – bewertet. Von allen Szintigrammen, die subjektiv als + eingestuft wurden, lag bei 60% der MC im Strahlbein. 85,71% der (+)-Szintigramme hatten MC nicht im Strahlbeinbereich. Von den als negativ bewerteten Aufnahmen hatten 97,78% MC im Hufbeinbereich. Statistisch war nachzuweisen, dass Szintigramme mit dem MC über dem Strahlbein signifikant häufiger als Positive eingestuft wurden.

87,5% der Szintigramme mit MC im Strahlbein wurden anhand der Kreuzprofile als +, 6,25% als (+) und 6,25% als – eingestuft. Von Szintigrammen mit MC im Hufbein waren 42,37% im Kreuzprofil +, 31,36% (+) und 26,27% negativ. Bei 52,83% aller Kreuzprofil-positiven Szintigramme lag MC im Strahlbeinbereich. 90,24% der Kategorie Kreuzprofil-(+) und 88,57% der Kategorie Kreuzprofil-negativ wiesen MC im Hufbeinbereich auf. Kreuzprofile mit MC im Strahlbein werden signifikant häufiger als positiv bewertet.

Sohlen/Strahlbein-Quotient (SSQ)

Die klinisch positiven Podotrochlose-Pferde wiesen einen mittleren SSQ von 0,156 (Standardabweichung 0,027) auf, bei klinische Podotrochlose-freien Pferden lag er bei 0,151 (Standardabweichung 0,023). Zwischen beiden Gruppen gab es keinen signifikanten Unterschied. Vergleicht man den SSQ mit der subjektiven und Kreuzprofil-Auswertung der Sohlen-Scans ergibt sich folgendes: Bei subjektiv positiven Scans lag der mittlere SSQ bei 0,162 (0,021), bei subjektiv als (+) eingestuften Fällen bei 0,149 (0,018) und bei subjektiv negativen Szintigrammen bei 0,136 (0,026). Diese Unterschiede sind signifikant.

Der mittlere SSQ bei positiven Scans nach Kreuzprofil-Beurteilung lag bei 0,163 (0,021), für Grenzfälle (+) bei 0,143

(0,016) und in negativen Fällen bei 0,131 (0,023). Auch diese Unterschiede waren signifikant. Bei den Solear-Scans mit MC im Strahlbein lag der SSQ durchschnittlich bei 0,165 (Standardabweichung 0,023). Fand sich MC im Hufbeinbereich lag der mittlere SSQ bei 0,146 (Standardabweichung 0,023). Der SSQ ist bei solearen Szintigrammen mit MC über dem Strahlbein signifikant höher. In der überwiegenden Zahl der klinisch und szintigraphisch positiven Fälle liegt der SSQ über 0,14. Niedrigere Werte entstehen in Fällen starker fokaler Anreicherungen im Hufbein. Klinisch und szintigraphisch negative Fälle zeigen in der Regel einen SSQ von unter 0,14.

Einen Überblick über die Ergebnisse der einzelnen Bewertungsmethoden für die Sohlen-Szintigramme im Vergleich mit dem klinischen Befund und den entsprechenden SSQ-Werten geben die Tabellen 1 und 2.

Diskussion

Die Ergebnisse der Untersuchungen hinsichtlich einer Altersabhängigkeit klinisch apparenter Podotrochlose einerseits und eines erhöhten Knochenstoffwechsels im Strahlbein andererseits entsprechen den Erwartungen. Setzt man eine mechanische Überlastung des Strahlbeins als Ursache der Podotrochlose voraus, so leuchtet es ein, dass sich der Prozess langsam entwickelt, wobei sich der knochenszintigraphische Nachweis lange vor der klinischen Erkrankung führen lässt (Ueltschi 1990). Podotrochlosebedingte Gangstörungen und Lahmheiten entwickeln sich vermehrt bei Pferden im Alter von mehr als 10 Jahren. Der szintigraphische Nachweis abnorm erhöhten Knochenstoffwechsels im Strahlbein als Ausdruck dessen übermäßiger Beanspruchung ist jedoch bei Pferden jedes Alters zu führen, was bedeutet, dass die Erkrankung sehr früh beginnen kann.

Tab 1 Radiologische und szintigraphische Befunde sowie Anzahl der Strahlbeine von Vordergliedmaßen podotrochloselahmer Pferde. *Radiographic and scintigraphic findings and number of front limb navicular bones in horses suffering from navicular disease.*

positive klinische Untersuchung				
szintigraphisch subjektiv	Kreuzprofil	SSQ	radiologisch	Anzahl Strahlbeine
+	+	0,175	+	13
+	+	0,162	(+)	8
+	+	0,157	-	4
+	(+)	0,172	+	2
+	(+)	0,144	(+)	1
(+)	+	0,181	+	1
(+)	+	0,134	-	2
(+)	(+)	0,140	+	1
(+)	(+)	0,126	(+)	2
(+)	(+)	0,139	-	3
(+)	-	0,146	+	1
(+)	-	0,156	-	1
-	+	0,155	+	1
-	+	0,143	(+)	2
-	-	0,137	+	2
-	-	0,147	(+)	1
-	-	0,124	-	3

Tab 2 Radiologische und szintigraphische Befunde sowie Anzahl der Strahlbeine von Vordergliedmaßen nicht podotrochlose Lahmer Pferde. *Radiographic and scintigraphic findings and number of front limb navicular bones in horses not suffering from a front limb lameness.*

negative klinische Untersuchung				
szintigraphisch subjektiv	Kreuzprofil	SSQ	radiologisch	Anzahl Strahlbeine
+	+	0,165	+	10
+	+	0,161	(+)	18
+	+	0,161	-	24
+	(+)	0,150	+	2
+	(+)	0,124	(+)	1
+	(+)	0,147	-	7
+	-	0,151	(+)	1
(+)	+	0,153	(+)	3
(+)	+	0,163	-	12
(+)	(+)	0,151	(+)	2
(+)	(+)	0,140	-	11
(+)	-	0,143	-	3
-	+	0,184	(+)	2
-	+	0,174	-	2
-	(+)	0,124	+	1
-	(+)	0,143	-	8
-	-	0,131	(+)	5
-	-	0,125	-	18

Dies entspricht durchaus den bisherigen Erkenntnissen bzw. Vermutungen.

Auf eine mögliche Geschlechtsprädisposition für Podotrochlose kann hier nicht eingegangen werden. Um diesbezüglich verlässliche Aussagen zu treffen, sind standardisierte Untersuchungen an einer großen Tierzahl nötig. Gleiches gilt für eine eventuelle Rassedisposition.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden alle Strahlbeine in 3 Aufnahmeebenen auch eingehend radiologisch untersucht. Die Befunde bleiben im Rahmen dieses Berichts jedoch unberücksichtigt. Der Vergleich der Ergebnisse der radiologischen Untersuchung mit denen der szintigraphischen Beurteilung bleibt einer gesonderten Publikation vorbehalten. Es hat sich aber bestätigt, dass radiologische Veränderungen im Sinne einer Podotrochlose zwar in den meisten Fällen die Erkrankung bestätigen, respektive pathognostisch sind, das Fehlen solcher Befunde eine Podotrochlose jedoch nicht ausschließt. Dies deckt sich mit den Aussagen anderer Autoren (*Trout et al. 1991, Keegan 1996, Dyson 2002*). Der szintigraphischen Untersuchung kommt deshalb bei der Podotrochlose-Diagnostik und insbesondere im Rahmen der Früherkennung, größte Bedeutung zu.

Beim vorliegenden Patientengut fällt der relativ hohe Anteil (6 von 48) szintigraphisch negativer klinischer Podotrochlosefälle auf. Da diese degenerative Erkrankung des Strahlbeins in großer Regelmäßigkeit mit einer Erhöhung des Knochenumsatzes verbunden, und dieser szintigraphisch grundsätzlich auffällig ist, bleibt nicht auszuschließen, dass es sich in den entsprechenden Fällen um unpräzise klinische Diagnosen bzw. um Strahlbein-nahe Lahmheitsursachen anderer Genese handelte. Der hohe Anteil (107 von 130) szintigraphisch auffälliger Strahlbeine bei den klinisch unverdächtigen Pferden

weist auf die Bedeutung subklinischer Strahlbein-Überlastungen unter der Sportpferde-Population hin.

Publikationen, die sich mit der quantitativen Bewertung szintigraphischer Aufnahmen des Strahlbeins befassen, existieren nur in kleiner Zahl. Zu diesem Thema liegen Arbeiten von *Ueltschi (1990 und 1999), Pütz (1992), Keegan et al. (1996), Dyson (2002) und Schwan (2004)* vor. *Ueltschi (1990)* verwendet anfangs neben der ROI über den Strahlbein 4 verschiedene Bereiche im Hufbein und später (1999) den linken und/oder rechten Hufbeinast. *Pütz (1992)* verwendet einen Speicherquotienten aus einer ROI über dem Strahlbein und kleiner ROIs standardisierter Größe über der Ballenregion. *Keegan et al. (1996)* zieht zum Vergleich der Aktivität über den Strahlbein in Relation die mittlere Speicherung über dem Hufbein heran. Seiner Studie liegen aber nur die Ergebnisse von 7 lahmen und 7 lahmfreien Pferden zu Grunde. *Dyson (2002)* verwendet verschiedene Speicherquotienten durch Vergleich einer ROI über dem Strahlbein mit verschiedenen ROIs über der Insertionsstelle der tiefen Beugesehne am Hufbein, der Hufbeinspitze und beiden Hufbeinästen. *Dyson (2002)* vergleicht die Ergebnisse 15 gesunder Grandprix-Springpferde mit denen von 49 huflahmen (21) bzw. Pferden unklarer Lahmheitsgenese und kommt zu dem Ergebnis, dass bei 97% der untersuchten Zehen gesunder Springpferde die Variabilität des Speichermusters über den verschiedenen ROIs unter 10% liegt. Bezüglich der Speicherintensität über dem Strahlbein gab es einen signifikanten Unterschied zwischen gesunden Springpferden und huflahmen Pferden. Für den Bereich der Insertion der tiefen Beugesehne am Hufbein berichtet *Dyson (2002)* über häufige falsch positive szintigraphische Befunde, was darauf hinweist, dass die Szintigraphie belastungsbedingten Knochenstress anzeigt, ohne dass oder bevor klinische Symptome auftreten. *Schwan (2004)* arbeitete in der jüngsten Studie

ausschließlich mit Podotrochlose-positiven Pferden und errechnet aus 53 solearen Szintigrammen Speicherquotienten aus Strahlbein einerseits und Hufbeinspitze, Hufbeinäste oder Ballenbereich andererseits.

Allen Techniken, die mit kleinen ROIs arbeiten, gemeinsam ist das Problem, dass sich in der Mehrzahl der Fälle in Hufbeinkörper und -ästen mehr oder weniger deutlich vermehrte Anreicherungen finden, die, obschon klinisch vielleicht wenig oder nicht bedeutsam, die Quotientenberechnung störend beeinflussen. Durch erhöhte Speicherung im Hufbein wird Aktivität vom Strahlbein in andere, in diesem Fall nicht interessierende Bereiche abgezogen und das Strahlbein dann fälschlicherweise als weniger auffällig oder ggf. gar befundfrei eingestuft. Dieses Problem gilt m. E. für alle Befundungsarten, sei es subjektiv visuell oder rechnerisch. Die Verwendung von ROIs im Ballenbereich wird durch die Tatsache erschwert, dass dort die Traceraufnahme oft zu gering ist, um daraus verlässliche Quotienten berechnen zu können. Die manuelle Einzeichnung von ROIs über dem gesamten Hufbein oder Hufbeinästen ist insofern problematisch, als dass sich diese Strukturen im Szintigramm nicht so scharf darstellen wie z.B. im Röntgenbild. Zudem hat man mit störender

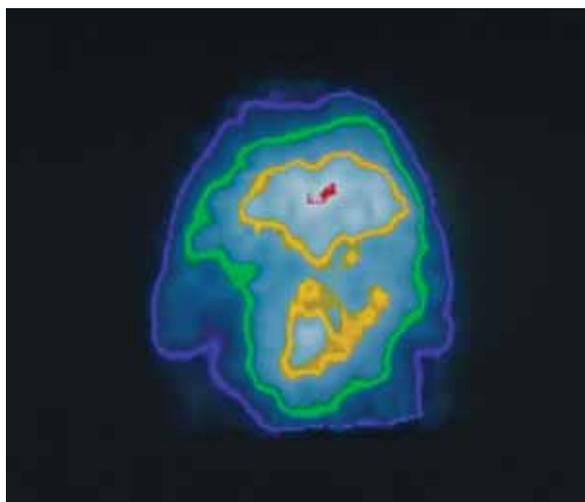


Abb 2 Solearer Scan mit Speichermaximum über dem Hufbeinkörper: Podotrochlose-verdächtig.
Solear scan with maximal tracer uptake across the coffin bone: navicular disease-negative

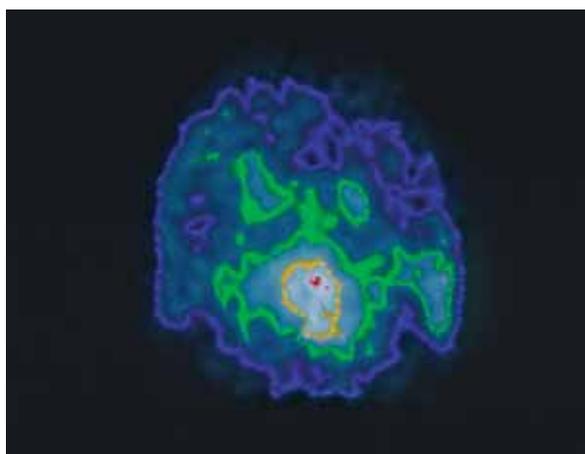


Abb 3 Solearer Scan mit fokal vermehrter Speicherung im Strahlbein: Podotrochlose-positiv
Solear scan with focal increased tracer uptake in the navicular bone: navicular disease positive

Strahlung aus weiter proximal liegenden Bereichen zu rechnen, die oft nicht durch Bleimatten abgeschirmt werden kann. Schließlich nimmt die Berechnung von Speicherquotienten nach den bisherigen Methoden relativ viel Zeit in Anspruch und sie eignen sich für die Routinediagnostik deshalb nur bedingt.

Ziel der vorliegenden Studie war, eine einfache und wenig zeitaufwändig durchzuführende Berechnung eines Speicherquotienten zur quantitativen szintigraphischen Beurteilung des Strahlbeins zu prüfen. Der hier festgelegte und überprüfte Speicherquotient aus den zwei ROIs "gesamte Sohle" einerseits und "Strahlbein" andererseits erscheint objektiv, weil die Begrenzungen der jeweiligen anatomischen Struktur weitgehend klar sind. Störende fokale Anreicherungen außerhalb des Strahlbeins werden zwar durch die ROI über der ganzen Sohle miterfasst, sie wirken sich jedoch nur in Extremfällen derart verfälschend aus, dass eine rechnerische Beurteilung nicht möglich wäre.

Aufgrund der subjektiven Erfahrung lässt sich das Speichermuster eines befundfreien Sohlenscans recht eindeutig beschreiben. Das Strahlbein tritt dabei nicht oder nur undeutlich in Erscheinung und der Bereich der maximalen Anreicherung liegt in keinem Fall über dem Strahlbein, sondern als Ausdruck physiologischer Stoffwechselaktivität im Hufbeinkörper, als dem Bereich der maximalen Belastung. Der Hufbeinkörper stellt sich im unauffälligen Sohlenszintigramm mehr oder weniger gleichmäßig und sichelförmig dar (Ueltschi 1980). Ein derartiges Erscheinungsbild ist aber nicht die Regel. In der Mehrzahl der Fälle finden sich auch beim klinisch gesunden, d. h. nicht lahmen Pferd im Bereich des Hufbeins eine oder mehrere umschriebene Stellen vermehrter Speicherung (Abb. 2), was die Beurteilung des Strahlbeins oft erschwert. Dies ist wahrscheinlich Ausdruck subklinischer Traumatisierungen der Sohle. Nach dem Ergebnis dieser Studie liegt in diesen Fällen der SSQ meist im Bereich bis 0,15 und nur in Ausnahmefällen darüber.

Jede fokal vermehrte Speicherung im Strahlbein gilt als Ausdruck abnormer Stoffwechselaktivität (Ueltschi 1988), was für eine abnorme mechanische Belastung des Strahlbeins spricht. Eindeutig positive Fälle bieten bei der Beurteilung keine Schwierigkeiten. Der MG liegt hier immer im Bereich des

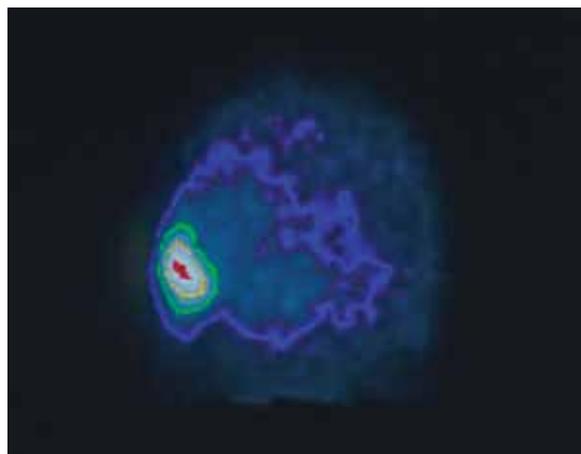


Abb 4 Solearer Scan: Grenzfall, Die Beurteilung ist durch starke fokale Anreicherung im Hufbein erschwert.
Solear scan: borderline case, difficult evaluation due to high focal uptake in the medial wing of the coffin bone or hoof cartilage.

Strahlbeins und beides, normale und pathologische Anreicherung im Hufbein, treten mehr oder weniger in den Hintergrund (Abb 3). Der SSQ liegt im Bereich über 0,15.

Fragwürdige szintigraphische Befunde sind bei Sohlenscans jedoch nicht selten. Zu ihnen zählen besonders Aufnahmen polytraumatisierter Hufbeine und/oder verknöchern der Hufknorpel. Die entsprechenden Bereiche nehmen relativ viel des radioaktiv markierten Tracers auf, so dass eine möglicherweise existierende vermehrte Anreicherung des Strahlbeins in den Hintergrund treten und ggf. übersehen werden kann (Abb. 4). Hier bietet das Anlegen und die Auswertung von Kreuzprofilen eine wertvolle Ergänzung der rein subjektiven Beurteilung der Strahlbein-Scans. Der entsprechende SSQ-Bereich liegt bei der Mehrzahl dieser Fälle zwischen 0,14 und 0,16. Dieser Bereich scheint im vorliegenden Untersuchungsmaterial den Übergang vom Podotrochlose-negativen zum Podotrochlose-positiven Befund zu kennzeichnen. Werte darüber können für eine abnorme Beanspruchung des Strahlbeins und für die Entwicklung oder Manifestation einer Podotrochlose sprechen, Werte darunter für eine Belastung im physiologischen Bereich.

Der SSQ stellt bei den Verdachtsfällen allerdings keinen verlässlichen Wert dar und er eignet sich keinesfalls als alleiniger Parameter zur Diagnosefindung. Wie die Knochenszintigraphie selbst nie getrennt vom Patienten, bzw. dessen klinischem Bild gesehen werden darf, so ist auch diese rechnergestützte Hilfe zur Bildinterpretation letztendlich nur im Zusammenhang mit den übrigen Beurteilungskriterien aussagekräftig. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen jeweils den linken und rechten solearen Scan der Vordergliedmaßen desselben Pferdes. Dabei weist das linke Strahlbein deutlich vermehrte Anreicherung im Sinne einer Podotrochlose auf. Die Beurteilung des rechten Strahlbeins ist durch eine fokale Anreicherung im Bereich des medialen Hufbeinastes oder Hufknorpels erschwert. In diesem Fall hilft die Kreuzprofil-Technik, das Strahlbein verlässlicher zu interpretieren, der SSQ ist nicht aussagekräftig.

Dem breiteren Einsatz der Knochenszintigraphischen Untersuchung des Strahlbeins an sich steht angesichts der wenig zeitaufwändigen und relativ kostengünstigen Durchführung dieser Untersuchung am stehenden Pferd, einer sofortigen Verfügbarkeit der Ergebnisse und einer stetig zunehmenden Anzahl von Gammakameras in tiermedizinischen Einrichtungen immer weniger im Wege. Nach unserer Kenntnis sind derzeit allein in Deutschland in Pferdekliniken mindestens 10 Gammakameras im Einsatz, die sich einigermaßen gleichmäßig über das Land verteilen und weitere werden voraussichtlich eingerichtet. Für Podotrochlose-Verlaufsuntersuchungen und zur Beurteilung der Strahlbeine wertvoller Pferde z.B. anlässlich von Kaufuntersuchungen bietet sich die szintigraphische Technik an. Bei der routinemäßigen Bewertung solearer Szintigraphieaufnahmen wird eine subjektive Befundung meist ausreichend sein. Zur Objektivierung szintigraphischer Strahlbeinaufnahmen und als Ergänzung in der Beurteilung unklarer Fälle bietet sich der SSQ-Wert an, verbunden mit der Einschränkung nicht eindeutiger Werte im Übergangsbereich und z.B. bei hochgradiger fokaler Anreicherung im Hufbein. Der Sohlen/Strahlbein-Quotient (SSQ) scheint dennoch eine geeignete Methode zur Objektivierung der Befunde zu sein. Der routinemäßige Einsatz einer rechnergestützten Beurteilung des Knochenstoffwechsels im Strahlbein würde die Podotrochlose-Diagnostik möglicher-

weise verbessern helfen. Es bedarf jedoch weiterer Überprüfung und insbesondere größerer Fallzahlen, um die Aussagekraft des SSQ in Zusammenhang mit dem Podotrochlose-Syndrom unter Beweis zu stellen oder um ggf. nach besseren rechnerischen Methoden zu suchen. Dies umso mehr, als dass die Befundung szintigraphischer Aufnahmen wegen der hohen Sensitivität der Technik grundsätzlich vorsichtig zu erfolgen hat. Dies betonen alle mit diesem Verfahren vertraute Tierärzte und zuletzt haben nochmals Archer et al. (2007) auf diesen Umstand hingewiesen. Schließlich sollte es möglich sein, sich länderübergreifend auf einen Speicherquotienten zur szintigraphischen Beurteilung des Strahlbeins zu einigen.

Grundsätzlich sind mehr Verlaufsuntersuchungen Podotrochlose-verdächtiger Pferde notwendig, um Veränderungen der Erkrankung im Sinne von Pro- und Regression im Szintigramm verfolgen und belegen zu können. Insbesondere interessiert die Frage, ob klinisch und radiologisch unverdächtige Pferde mit vermehrter Radionuklid-Anreicherung im Strahlbein als Ausdruck abnorm erhöhten Knochenstoffwechsels in der späteren Folge klinisch Podotrochlose entwickeln. Zu diesem Zweck ist eine enge wissenschaftliche Zusammenarbeit der nuklearmedizinisch arbeitenden Tierärzte wünschenswert.

Literatur

- Archer D. C., Boswell J. C., Voute L. C. und Clegg P. D. (2007): Skeletal scintigraphy in the horse: current indications and validity as a diagnostic test. *Vet J.* 173, 31-44
- Dyson S. J. (2002): Subjective and quantitative scintigraphic assessment of the equine foot and its relationship with foot pain. *Equine Vet J.* 34, 164-170
- Keegan K. G., Wilson D. A., Lattimer J. C., Twardock A. R. und Ellersieck M. R. (1996): Scintigraphic evaluation of ^{99m}Tc-methylene diphosphonate uptake in the navicular area of horses with lameness isolated to the foot by anesthesia of the palmar digital nerves. *Am J Vet Res.* 57, 415-421
- Pütz C. (1992): Vergleich der szintigraphischen und radiologischen Untersuchung am Strahlbein des Pferdes. *Vet. Med. Diss. Bern*
- Rohs E., G. Ueltschi und H.D. Lauk (1994): Untersuchungen zur lokalen Interaktion zwischen Lokalanästhetika und ^{99m}Tc-DPD. *Pferdeheilkunde* 10, 289-300
- Schwan M.-M. (2004): Quantitative Auswertung von Skelettszintigrammen mittels der „Region of interest“ Technik an Strahlbein und Insertion der tiefen Beugesehne am Hufbein beim Pferd. *Vet. Med. Diss. Leipzig*
- Ueltschi G. (1977): Bone and joint imaging with ^{99m}Tc labelled phosphates as a new diagnostic aid in veterinary orthopedics. *J Am Vet Rad Soc* 18, 80-84
- Ueltschi G. (1980): Die Skelettszintigraphie beim Pferd. *Habilitationschrift Universität Bern*
- Ueltschi G. (1990): Hinweise in der szintigraphischen Untersuchung auf das Strahlbeinsyndrom. *DVG 11. Arbeitstagung*, 223- 228
- Ueltschi G. (1988): Die Szintigraphie in der Lahmheitsdiagnostik. *DVG-Tagungsberichte* 5
- Ueltschi G. (1999): Stellenwert der Knochenszintigraphie und der Röntgenuntersuchung beim Problemkreis der Podotrochlose. *Pferdeheilkunde* 15, 122-128
- Ueltschi G., K. Voswinkel und H.D. Lauk (1996): Knochenszintigraphische und röntgenologische Untersuchung am Fesselgelenk klinisch gesunder und lahmer Pferde. *Pferdeheilkunde* 12, 25-32

Dr. H. D. Lauk
Postfach 08 05 39, 10005 Berlin
hdlauk@gmx.de