

# Quantitative Auswertung von Skelettszintigrammen mittels der „Regions of Interest“-Technik an der kaudalen Halswirbelsäule des Pferdes

Margarethe Keyl<sup>2</sup>, Walter Brehm<sup>1</sup> und Kerstin Gerlach<sup>1</sup>

Chirurgische Tierklinik, Universität Leipzig<sup>1</sup> und Pferdepraxis Dr. Haase, Bokel<sup>2</sup>

## Zusammenfassung

Im Rahmen der szintigraphischen Untersuchung existieren unterschiedliche Aussagen über das physiologische Speicherungsverhalten der Halswirbelsäule, insbesondere der kaudalen Facettengelenke. Eine Quantifizierung von Skelettszintigrammen durch Ermittlung der Normalbereiche der Speicherquotienten ist daher klinisch bedeutsam und stellt das Ziel dieser Studie dar. Zur Untersuchung kamen 31 Pferde mit klinisch unauffälliger Halswirbelsäule. Das Anreicherungsverhalten der Facettengelenke C3/C4 bis C7/Th1 und der Wirbelkörper des sechsten Halswirbels wurde mit Hilfe von „Regions of Interest“ (ROI) ausgewertet und zu verschiedenen Referenzarealen ins Verhältnis gesetzt. Als Referenzareale wurden die Wirbelkörper des dritten und vierten Halswirbels, sowie das Facettengelenk C3/C4, das bereits als „Region of Interest“ benutzt wurde, getestet. Auf diese Weise wurden die Normalbereiche der Speicherquotienten ermittelt. Nach sonographischer Messung der Muskeldicke im rechten Winkel zu den Facettengelenken wurde mittels einer mathematischen Formel der Abschwächungsgrad der Muskulatur auf die  $\gamma$ -Strahlung errechnet und die Speicherquotienten entsprechend angeglichen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Muskeldickenkorrektur aufgrund einer größeren Streuung der Speicherquotienten, und daraus resultierenden größeren Normalbereichen, keinen Vorteil in Form einer höheren Genauigkeit gegenüber den nativen Werten erbrachte. Somit sind die nativen Werte zu bevorzugen. Hervorzuheben sind die Normalbereiche der Speicherquotienten für die Gelenke C5/C6 und C6/C7, da hier am häufigsten röntgenologische Veränderungen in Form von Arthrosen zu finden sind. Sie betragen für das Gelenk C5/C6: 0,82-1,10 und für das Gelenk C6/C7: 0,75-1,23 bezogen aus das Referenzareal C3/C4. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die quantitative Auswertung von Skelettszintigrammen der Halswirbelsäule mittels der „Regions of Interest“ Technik möglich ist. Wie diese Studie zeigt, konnten akzeptable Normalbereiche für die Speicherquotienten der Facettengelenke C3/C4 bis C7/Th1, sowie für den Halswirbelkörper des sechsten Halswirbels ermittelt werden.

**Schlüsselwörter:** Szintigraphie, Halswirbelsäule, Pferd, Regions of Interest, Muskeldicke, bildgebende Diagnostik

---

## Quantitative assessment of nuclear bone scintigraphy using the 'regions of interest' technique as applied to the equine cervical spine

The interpretation of scintigraphic examination of the equine cervical spine is discussed differently, due to the physiological pattern of radiopharmaceutical uptake particularly with regards to the caudal articular facet joints. A quantification of bone scans and the determination of standard ranges of radiopharmaceutical uptake are of clinical importance and represent the intention of this study. For this reason 31 horses were examined, all of them showed clinically inconspicuous cervical spines. The articular facet joints C3/C4 to C7/Th1 and the vertebral body of C6, which served as 'regions of interest', were put into relation to different 'regions of reference' in order to create ratios of uptake. The vertebral bodies of C3 and C4, as well as the facet joint C3/C4, which already served as a region of interest, were tested as regions of reference. Furthermore, standard ranges for the ratios of uptake were determined. After sonographical measurement of the muscle thickness in horizontal direction to the articular facet joints, the uptake ratios of these joints were corrected towards a zero value using a mathematical formula. Likewise, standard ranges were assigned for the corrected values. The results showed, that the uptake ratios were scattering in a wider range after correction for muscle thickness as compared to the native values. This results in larger and therefore more inexact standard ranges. Accordingly the native values are to be preferred. Due to the fact that most radiologic changes are being found in these facet joints, the standard ranges of the native values of C5/C6 and C6/C7 should be pointed out. They constitute 0.82-1.10 for the facet joint C5/C6 and 0.75-1.23 for the facet joint C6/C7 with reference area C3/C4. In summary, it can be said that it proves to be feasible to quantitatively assess the equine cervical spine by using the 'regions of interest' technique. As this study shows, acceptable standard ratios can be determined for the articular facet joints C3/C4 to C7/Th1 and the vertebral body of C6.

**Keywords:** scintigraphy, cervical spine, horse, regions of interest, muscle thickness, imaging technique

## Einleitung

Seit einigen Jahren werden in zunehmendem Maße Veränderungen im Bereich der Halswirbelsäule des Pferdes für Widerstandlichkeit beim Reiten, Stürze und Lahmheiten an den Vordergliedmaßen verantwortlich gemacht (Marks 1999, Stüder 2005, Ricardi und Dyson 1993). Dies gilt vor allem für spondylarthrotische Erkrankungen der Facettengelenke der Halswirbelsäule. Jedoch können bei einem Großteil der kli-

nisch unauffälligen Pferde röntgenologisch sichtbare arthrotische Prozesse, insbesondere im Bereich C6/C7 beobachtet werden (Down und Henson 2009, Whitwell und Dyson 1987).

Die Szintigraphie ist ein Verfahren zur Untersuchung der knöchernen Strukturen. In der Skelettszintigraphie hat sich die quantitative Auswertung mittels der „Regions of Interest“-Technik in bestimmten Bereichen neben der visuellen Aus-

wertung als hilfreich erwiesen. Hierzu existieren Arbeiten an verschiedenen Bereichen der Gliedmaßen, der Wirbelsäule und des Kopfes (Barakzai et al. 2006, Driesang und Böhm 1993, Erichsen et al. 2003a, b, Hieber et al. 2000, Murray et al. 2004, Murray et al. 2005, Schwan 2004, Weekes et al. 2004, Weekes et al. 2006). Mit der quantitativen Auswertung von Szintigrammen der Halswirbelsäule beschäftigte sich Bschorer 1988 mit nur eingeschränkten Möglichkeiten aufgrund der damals noch nicht so weit entwickelten Technik, sowie Didierlaurent et al. 2009. Studien der Halswirbelsäule sind mit einigen Schwierigkeiten verbunden. So existieren verschiedene Meinungen zum Speicherungsverhalten der einzelnen Wirbel. Während einige Autoren davon ausgehen, dass die messbare Aktivität der Wirbel nach kaudal aufgrund der zunehmenden, aber individuell variierenden Halsmuskeldicke abnimmt (Studer 2005), kommen andere zu dem Ergebnis, dass eine vermehrte Speicherung der kaudalen Facettengelenke als physiologisch anzusehen ist (Dyson 2003) bzw. bei einigen Rassen häufiger auftritt (Didierlaurent et al. 2009).

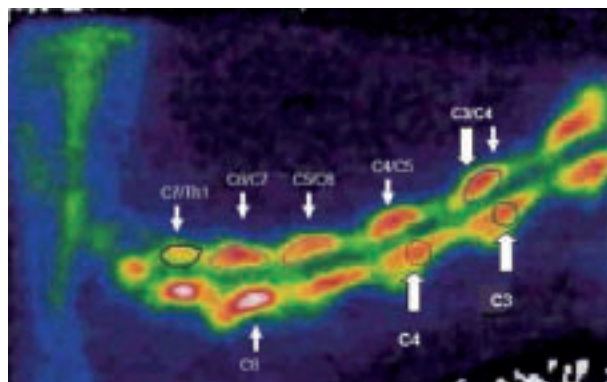
Ziel der Arbeit war eine Definition von Normalbereichen der Speicherquotienten für die klinisch unauffällige Halswirbelsäule, um objektive Kriterien zur Erleichterung der Interpretation von Szintigrammen der Halswirbelsäule zu schaffen. Weiterhin sollte die Anwendung einer Muskeldickenkorrektur über den Facettengelenken der kaudalen Halswirbelsäule getestet werden.

## Tiere und Methoden

Alle Pferde der Studie entstammen dem Patientengut der Chirurgischen Tierklinik der Universität Leipzig des Jahres 2008. Zu den Einschlusskriterien zählte eine freie Halsbeweglichkeit in alle Richtungen, vorherberichtlich durften keine Rittigkeitsprobleme des Pferdes bekannt sein. Bestanden Lahmheiten, musste die Ursache auf andere Bereiche als die Halswirbelsäule zurückzuführen sein. Diese Kriterien wurden von 31 Pferden erfüllt, welche in die Studie aufgenommen wurden. Dabei handelte es sich um 15 Stuten, 15 Wallache und einen Hengst. Das Alter der Tiere lag zwischen vier und 18 Jahren mit einem durchschnittlichen Alter von 9,7 Jahren, wobei gehäuft die Altersklassen 5-8 Jahre, sowie 11-15 Jahre vertreten waren. 74 % der Pferde waren Warmblüter, der Rest gemischt. Mit 39% wurde der Großteil der Pferde freizeitmäßig genutzt, 26% wurden im Dressursport eingesetzt.

Zur szintigraphischen Untersuchung wurde als Kamerasystem der Equine Scanner H. R.<sup>®</sup> (Medical Imaging Electronics, Seth) genutzt, welcher einen Low-Energy-All-Purpose Kollimator besitzt. Zur Auswertung der Szintigramme wurde das integrierte Bildverarbeitungsprogramm Scintron<sup>®</sup> VI genutzt. Die Bilder wurden mit einer 128 x 128 Matrix mit dem Bewegungskorrekturprogramms Paralyzer angefertigt (1s Bild, 90 Bilder), jeweils ein Bild von der rechten und von der linken Seite des Halses. Die Herstellung des Radiopharmakons erfolgte mit Hilfe eines <sup>99</sup>Mo/<sup>99m</sup>Tc-Generators (Tyco Healthcare, Schaffhausen) und des Knochenmarkers Hydroxymethylendiphosphonat (TechneScan<sup>®</sup>HDP). Es wurden seitliche Röntgenaufnahmen (Polydoros 100<sup>®</sup>, Siemens, Erlangen) angefertigt. Eine Einteilung der bei den Pferden auftretenden röntgenologischen Veränderungen erfolgte in Anlehnung an

Lautenschläger et al. 2007 nach dem Verschattungsgrad des For. intervertebrale zunächst in vier Gruppen: keine Verschattung, geringgradige Verschattung, mittelgradige Verschattung und hochgradige Verschattung. Die Gruppen ohne und mit geringgradiger Verschattung (Gruppe 1), sowie die Gruppen mit mittel- und hochgradiger Verschattung (Gruppe 2) wurden nachfolgend jeweils zu einer Gruppe zusammengefasst, da hier im szintigraphischen Speicherungsverhalten keine signifikanten Unterschiede gefunden wurden. Die sonographische Messung der Muskeldicke (LOGIQ 5 Expert<sup>®</sup> GE Healthcare, München) erfolgte mit einem 7,5 MHz Linear-schallkopf. Für die sonographische Untersuchung wurde das entsprechende Vorderbein wie auch bei der szintigraphischen Untersuchung etwas zurückgestellt, um gleiche Bedingungen zu schaffen. Die Dicke der Muskulatur wurde über den Gelenken rechtwinklig gemessen. Diese Messung über den Facettengelenken C7/Th1 war aufgrund der teilweise großen Muskelmasse und des zum Teil über dem Gelenk liegenden Schulterblattes nicht in allen Fällen möglich. Die Muskeldickenkorrektur wurde nach Erichsen et al. 2003 unter Anwendung des Schwächungsgesetzes durchgeführt. Für die Berechnung der Speicherquotienten wurden die sogenannten Impulsdichten (Zählimpulse [counts]/Bildflächeneinheit [pixel oder cm<sup>2</sup>]) des jeweiligen Interessenareals zahlenmäßig erfasst und zur Impulsdichte eines Referenzareals ins Verhältnis gesetzt. Der daraus resultierende Quotient wird als Speicherquotient (Interessenareal [cpm/cm<sup>2</sup>]/Referenzareal [cpm/cm<sup>2</sup>]) bezeichnet.

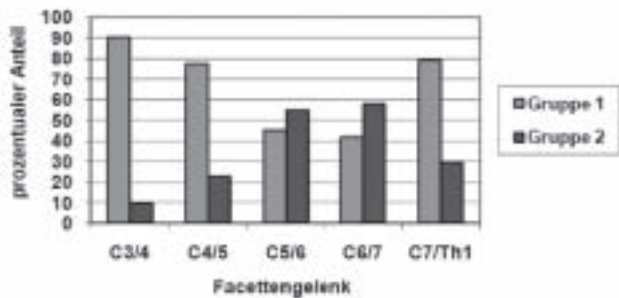


**Abb. 1** Interessenareale und Referenzareale am Beispiel der rechten Ansicht einer Halswirbelsäule, links ist kaudal. Kleine Pfeile: Interessenareale, große Pfeile: Referenzareale. C3/C4 dient sowohl als Interessen- als auch als Referenzareal  
*Regions of interest and regions of reference, using the example of a right view of the cervical spine. Small arrow: regions of interest, big arrow: regions of reference. C3/C4 serves as both, region of interest and region of reference.*

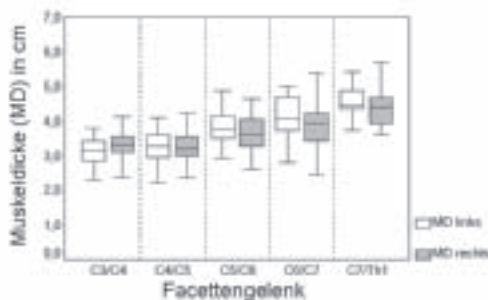
Vor der Szintigraphie wurden die Pferde longiert und erhielten anschließend 1GBq/100kg KM <sup>99m</sup>Tc-HDP injiziert. Mit der Knochenphase wurde nach zwei Stunden unter Sedierung (Sedivet<sup>®</sup>, Boehringer Ingelheim, 0,5ml/100kg KM, und L-Polamivet<sup>®</sup>, Intervet, 2ml/100kg KM) begonnen. Der Kopf wurde auf einer Stütze in physiologischer Stellung abgelegt, um Bewegungsschwankungen zu minimieren. Um den kaudalen Bereich der Halswirbelsäule darzustellen, wurde der Detektor an die Schulter des Pferdes angelegt und so eingestellt, dass alle Halswirbel ungefähr den gleichen Abstand aufwiesen. Das gleichsei-

tige Vorderbein wurde zurückgestellt, um das Facettengelenk C7/Th1 besser darstellen zu können. Bei der anschließenden Auswertung der Szintigramme wurden drei Referenzareale und sechs Interessenareale getestet. Die Referenzareale befanden sich auf den Wirbelkörpern des dritten und des vierten Halswirbels jeweils auf Höhe des Processus transversus. Als drittes Referenzareal diente das Facettengelenk C3/C4. Interessenareale waren die Facettengelenke C3/C4, C4/C5, C5/C6, C6/C7 und C7/Th1 sowie der Wirbelkörper des sechsten Halswirbels (Abb. 1). Das Facettengelenk C3/C4 wurde doppelt verwendet und diente als Referenzareal für die Facettengelenke C4/C5 bis C7/Th1 und den Wirbelkörper C6. Als Interessenareal wurde es zu den Referenzarealen C3 und C4 ins Verhältnis gesetzt (Abb.1).

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS® 15.0 für Windows (SPSS Software-GmbH, München). Nach Prüfung auf Normalverteilung mit dem Shapiro-Wilk-Test erfolgte die deskriptive Statistik mit der Berechnung des arithmetischen Mittelwertes, der Standardabweichung, des Medianwertes und des 1. und 3. Quartils, des Minimums sowie des Maximums der einzelnen Gelenke bzw. Wirbelkörper. Die rechts-links-Vergleiche der einzelnen Gelenke bzw. Wirbelkörper wurden mittels gepaartem T-Test auf Unterschiede getestet mit einem Signifikanzniveau von  $p \leq 0,05$ . Für die graphischen Darstellungen wurden „Box-and-Whiskers-Plots“ verwendet.



**Abb. 2** Prozentualer Anteil der röntgenologischen Veränderungen an den Facettengelenken  
*Percentage of radiological changes at the articular facet joints*

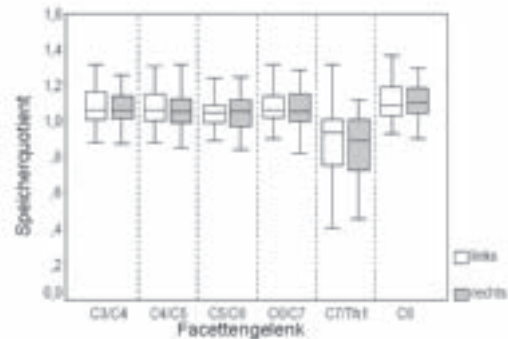


**Abb. 3** Muskeldicken (MD) über den einzelnen Facettengelenken der rechten und der linken Halsseite.  
*Muscle thicknesses (MD) measured above the articular facet joints of left and right side of the neck, MD in cm on the y-axis*

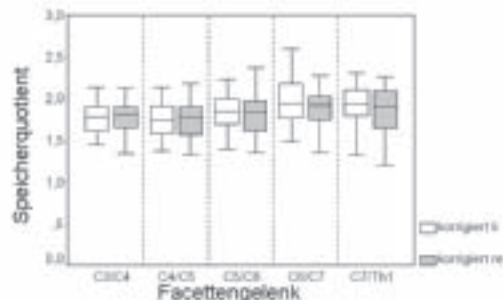
## Ergebnisse

Röntgenologisch fanden sich die meisten Veränderungen als Arthrose in Form von Zubildungen an den Facettengelenken C5/C6 und C6/C7, rot in Abbildung 2 dargestellt. Die Graphik der Muskeldickenmessung über den Facettengelenken beweist eine Zunahme der Dicke ab dem Gelenk C5/C6 nach kaudal (Abb. 3). Die Muskeldicke weist jedoch auch große interindividuelle Unterschiede auf, welche über vier Zentimeter betragen können.

Im Vergleich der Speicherquotienten konnten zwischen den Gelenken ohne und mit geringgradiger Verschattung des For. intervertebrale (Gruppe 1), sowie zwischen den Gelenken mit mittelgradiger und mit hochgradiger Verschattung des For. intervertebrale (Gruppe 2) keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden, so dass in den folgenden Berechnungen jeweils zwei Gruppen zu einer zusammengefasst werden konnten. Dies resultiert in einer erhöhten Anzahl von Gelenken pro Gruppe und somit in statistisch besser verwertbaren Ergebnissen. Es bestand mittels Muskeldickenkorrektur kein Vorteil in Form einer höheren Genauigkeit der Normalbereiche gegenüber den nativen Werten. Die Speicherquotienten wiesen nach der Muskeldickenkorrektur eine größere Streuung gegenüber den nativen Speicherquotienten auf und brachten somit größere und ungenauere Normalbereiche hervor (Abb. 4, Abb. 5). Dementsprechend sollten die nativen Speicherquotienten bevorzugt werden. Beim Facet-



**Abb. 4** Darstellung der nativen Speicherquotienten für die Facettengelenke und für C6 am Beispiel des Referenzareals C3  
*Native ratios of uptake for the articular facet joints and C6, using the example of region of reference C3*



**Abb. 5** Darstellung der Speicherquotienten für die Facettengelenke nach Muskeldickenkorrektur am Beispiel des Referenzareals C3  
*Ratios of uptake for the articular facet joints after correction of muscle thickness, using the example of region of reference C3*

tengelenk C3/C4 erwiesen sich dabei C3 oder C4 als Referenzareale als am besten geeignet. Für die Facettengelenke C4/C5 bis C7/Th1 eignet sich der Vergleich mit dem Referenzareal C3/C4 und für das Interessenareal C6 ist der Vergleich mit dem Referenzareal C4 am besten. Hervorzuheben sind die nativen Werte der Normalbereiche für die Gelenke C5/C6 und C6/C7, da hier am häufigsten röntgenologische Veränderungen in Form von Arthrosen zu finden sind. Sie betragen für die Gelenke C5/C6: 0,82-1,10 und für die Gelenke C6/C7: 0,75-1,23 (Tab. 1).

**Tab. 1** Normalbereiche der nativen Speicherquotienten. Aufgeführt ist jeweils das am besten geeignete Referenzareal für das jeweilige Interessenareal.

*Standard ranges for native ratios of uptake. The most suitable region of reference is pointed out on the left side.*

Interessensareal	Referenzareal	Speicherquotienten
C3/C4	C3	0,85 - 1,31
	C4	0,86 - 1,34
C4/C5	C3/C4	0,86 - 1,10
C5/C6	C3/C4	0,82 - 1,10
C6/C7	C3/C4	0,75 - 1,23
C7/Th1	C3/C4	0,46 - 1,18
C6	C4	0,93 - 1,26

## Diskussion

Veränderungen der knöchernen Halswirbelsäule können zu Rittigkeitsproblemen, Halsbiegeschmerzen und zu Ataxien führen (Nixon et al. 1983, Fürst 2006). Die Gelenkaussackungen und das Rückenmark liegen eng beieinander, so dass eine vermehrte Füllung im Zusammenhang mit anatomischen Veränderungen Kompressionen hervorrufen könnte (Claridge et al. 2010).). Aufgrund der Nähe der Facettengelenke zur Austrittsstelle der Spinalnerven aus den Foramina intervertebralia können arthrotische Prozesse in diesem Bereich auch zu Lahmheiten der Vordergliedmaße führen, weil die Nerven im kaudalen Bereich der Halswirbelsäule mit dem Plexus brachialis in Verbindung stehen.

Nach wie vor ist es jedoch schwierig, Veränderungen der Halswirbelsäule in diesem Zusammenhang röntgenologisch zu verifizieren. Es werden viele Messmethoden zur Beurteilung der Facettengelenke als ungenau bewertet (Lischer et al. 2010). Außerdem besteht bei ca. 50 % der klinisch unauffälligen Pferde sowieso ein Remodelling der Facettengelenke C6/C7 (Whitwell und Dyson 1987) und auch die Gelenke C5/C6 sind häufig von Umbauprozessen betroffen. Damit ist es sehr schwer, röntgenologische Befunde einer klinischen Problematik zuzuordnen und eine Wertung vorzunehmen.

Die szintigraphische Untersuchung der Halswirbelsäule liefert Aussagen darüber, ob es sich um aktive oder um inaktive Prozesse am Knochen handelt. Jedoch kann der subjektive Eindruck bei der visuellen Auswertung aufgrund vergrößerter, aber nicht vermehrt anreichernder Facettengelenke täuschen. Weiterhin existieren hinsichtlich des Speicherungsmusters der kaudalen Halswirbelsäule unterschiedliche Aussagen. Bschorer (1988) fand eine abnehmende Speicherung des Radiopharmakons von C1 bis C5, jedoch ein auffallend höheres, aber als physiologisch anzusehendes Speicherungsverhalten des Gelenks C6/C7. Dyson (2003) schreibt ebenfalls, dass ein vermehrter radioaktiver uptake am Facettengelenk C6/C7 als physiologisch anzusehen ist. Bei Studer 2005 hingegen findet man die Aussage, dass die Speicherungsintensität der Facettengelenke C5/C6 und C6/C7 aufgrund zunehmender Muskeldicke in diesem Bereich deutlich abnehmen sollte. Stellen sich diese Gelenke mit der gleichen Speicherungsintensität wie die weiter kranial liegenden Gelenke dar, ist bereits ein erhöhter Knochenumbau vorhanden. Auch wird in der zuletzt genannten Studie festgestellt, dass eine Auswertung mittels „Regions of Interest“ an der Halswirbelsäule aufgrund zunehmender, individuell jedoch unterschiedlicher Dicke der Halsmuskulatur im kaudalen Bereich nicht möglich oder sehr ungenau ist. In der Studie von Didierlaurent et al. 2009, in welcher die „Regions of Interest“ Technik für die Facettengelenke und den Bereich der Wirbelsymphysen angewendet wurde, konnte eine signifikant erhöhte Speicherung des Radiopharmakons im Bereich C6/C7 gefunden werden, jedoch nur bei im Galopprennsport eingesetzten Vollblütern und nicht bei den ebenfalls untersuchten Trabern und Springpferden.

Ein wichtiger Aspekt bei der Durchführung der Szintigraphie des Halses bestand darin, das zur Kamera zeigende Vorderbein so weit wie möglich nach hinten zu stellen. Die Muskulatur im Bereich der kaudalen Halswirbelsäule wird hierbei durch die Dehnung bereits etwas schmaler und das Schulterblatt verdeckt den ersten Brustwirbel nicht. Mit Hilfe dieser einfachen Methode gelang es in den meisten Fällen, das Gelenk C7/Th1 besser darzustellen. Eine Standardisierung der Methode ist jedoch nicht möglich, da sich jedes Pferd sein Vorderbein unterschiedlich weit zurücksetzen lässt, um es in dieser Position für die Dauer der Untersuchung zu belassen.

Als Interessenareale wurden bei der anschließenden Bearbeitung der Szintigramme die Facettengelenke ausgewählt, da in deren Veränderungen die Ursachen für klinische Probleme liegen können. Als zusätzliches Interessenareal wurde der Wirbelkörper des sechsten Halswirbels mit einbezogen, da hier visuell häufig, verglichen mit den weiter kranial liegenden Wirbelkörpern, eine vermehrte Anreicherung vorliegt.

Als Referenzareal sollte möglichst geringen metabolischen Schwankungen unterliegen, um vergleichbare Situationen zwischen den Patienten herstellen zu können. Daher wurden die verschiedenen Referenzareale in dieser Studie im Bereich der kranialen Wirbel gelegt. Hier findet der geringste Prozentsatz an pathologischen Umbauprozessen statt, wahrscheinlich weil die Gelenke in diesem Bereich gut beweglich sind und somit im Gegensatz zu den kaudal gelegenen Facettengelenken Stöße und andere mechanisch-traumatische Einwirkungen besser abfedern können (Gerber et al. 1989). Weiterhin ist die Muskeldicke im Bereich der kranialen Wirbel geringer und unterliegt weniger individuellen Schwankungen als im kaudalen Bereich der Halswirbelsäule. Die Höhe der eingegrenzten Region beinhaltete dabei die Strecke vom ventralen Rand des Wirbelkanals bis zum ventralen Rand des Wirbelkörpers. So ist die Platzierung der Referenzareale auf den Wirbelkörpern bei jedem Pferd reproduzierbar und nur geringen subjektiven Einflüssen unterworfen. Das dritte Referenzareal (C3/C4) diente bereits als Interessenareal und ist

aufgrund der Verwendung von Isokontur-Regions ebenfalls nur begrenzt subjektiven Einflüssen unterworfen.

Ein Problem bei der Untersuchung stellte langes Fell der Tiere dar, wenn sie nicht geschoren werden konnten. Im Sommer ließen sich die Gelenke nach Entfettung der Haut mit 70%igem Alkohol meist problemlos darstellen, bei Pferden mit Winterfell gestaltete sich dies jedoch gerade im kaudalen Teil der Halswirbel schwieriger. Es bedingte die Notwendigkeit eines teilweise stärkeren Andrückens des Schallkopfes und damit eine Kompression der Muskulatur, was wiederum zu Messungenauigkeiten führen konnte.

*Erichsen et al.* (2003b) beschreiben eine Methode zur quantitativen Auswertung von Skelettszintigrammen des Iliosakralgelenkes, wobei sie unter Zuhilfenahme einer mathematischen Formel die Dicke der Muskulatur auf einen Nullwert zurückrechneten, um somit bei vorhandenen Differenzen in der Muskeldicke die rechte und die linke Seite besser miteinander vergleichen zu können. Diese Methodik sollte nun hier an der Halswirbelsäule getestet werden. Auf Höhe des sechsten Halswirbelkörpers wurde keine sonographische Muskeldickenmessung durchgeführt, da das Interessenareal im Szintigramm sowohl den eigentlichen Wirbelkörper als auch den Processus transversus einschließt, welcher sich mit dem Wirbelkörper überlagert. Da über dem Processus transversus jedoch eine andere Muskeldicke besteht als über dem Wirbelkörper, ist eine mathematische Korrektur der Speicherquotienten hier nicht möglich. Dass die Muskeldicke eine nicht zu unterschätzende Rolle spielt, zeigt sich über dem Gelenk C7/Th1. Hier konnte die deutliche Abweichung der Speicherquotienten nach unten mit Hilfe der Muskeldickenkorrektur ausgeglichen werden. Dementsprechend findet sich hier ohne Korrektur der, verglichen mit den weiter kranial gelegenen Gelenken, größte Normalbereich. Für das Gelenk C6/C7 konnten auch ohne Korrektur akzeptable Normalbereiche definiert werden, da durch die Rückstellung des kameraseitigen Vorderbeins bereits eine Verringerung der Muskeldicke über diesem Gelenk bewirkt wurde.

Finden sich bei einem Patienten mit der dazugehörigen klinischen Problematik deutliche Unterschiede der Speicherquotienten zwischen der rechten und der linken Seite, kann dies ein Hinweis auf eine Ursache im Halswirbelsäulenbereich sein, und die szintigraphische Untersuchung kann auch zur genaueren Lokalisation des entsprechenden Gelenks beitragen. Weiter ist zu bedenken, dass auch aktive Umbauprozesse im Bereich der Facettengelenke, welche sich im Szintigramm als „IRU“ (increased radiopharmaceutical uptake) darstellen und später im Röntgenbild als Spondylarthrosen sichtbar werden, nicht zu einer klinischen Problematik führen müssen. Die alleinige vermehrte Anreicherung im Szintigramm ohne entsprechende klinische Problematik sollte also mit Vorsicht interpretiert werden. Auch sollte eine Vergrößerung des Facettengelenks nicht mit einer vermehrten Anreicherung des Radiopharmakons verwechselt werden. Durch zunehmende Schichtdicke wird Strahlung absorbiert, was sich hauptsächlich im Bereich des Gelenks C7/Th1 bemerkbar macht. Aufgrund teilweise starker, interindividueller Unterschiede der Halsmuskeldicke sollte besonders bei vermehrter Speicherung im kaudalen Bereich der Halswirbelsäule die Muskeldicke überprüft werden, da diese nicht bei allen Pferden gleichmäßig zunimmt. Bei einigen Pferden ist sie dünner

als erwartet und kann somit eine vermehrte Anreicherung im entsprechenden Facettengelenk vortäuschen.

Die quantitative Auswertung stellt einen wichtigen Faktor zur objektiven Beurteilung von Skelettszintigrammen dar und wird immer häufiger und an verschiedenen Körperregionen eingesetzt. Grundlage für die Auswertung ist die Definition von Normal- oder Referenzbereichen der Speicherquotienten in der entsprechenden Körperregion. Es ist mit dieser Arbeit gelungen, Normalbereiche für die Facettengelenke C3/C4 bis C7/Th1, sowie für den Wirbelkörper des sechsten Halswirbels zu definieren. Dabei konnte keine Verbesserung durch die rechnerische Korrektur der Muskeldicke erzielt werden. Diese Studie dient als Grundlage für nachfolgende Arbeiten, in denen Werte von Pferden mit klinischer Halswirbelsäulenproblematik den ermittelten Normalbereichen gegenübergestellt werden müssen.

## Literatur

- Barakzai S., Tremaine H. und Dixon P.* (2006) Use of Scintigraphy for Diagnosis of Equine Paranasal Sinus Disorders. *Vet. Surg.* 35, 94-101
- Bschorer W. M.* (1988) Klinische, röntgenologische und szintigraphische Untersuchung der Halswirbelsäule des Pferdes unter spezieller Berücksichtigung der spinalen Ataxie. *Diss. Med. Vet. München*
- Claridge, H. A. H., Piercy R. J., Parry, A und Weller R.* (2010) The 3 D anatomy of the cervical articular process joints in the horse and their topographical relationship to the spinal cord. *Equine Vet. J.* 42, 726-731
- Didierlaurent D., Contremoulins V., Denoix J.-M. und Audigié F.* (2009) Scintigraphic pattern of uptake of 99mTechnetium by the cervical vertebrae of sound horses. *Vet. Rec.* 164, 809-813
- Down S. S. und Henson F. M. D.* (2009) Radiographic retrospective study of the caudal cercicular process joints in the horse. *Vet. Radiol. Ultras.* 41, 518-524
- Driesang I. und Böhm D.* (1993) Spat beim Pferd – klinische, röntgenologische und szintigraphische Befunde. *Tierärztl. Prax.* 21, 141-148
- Dyson S.* (2003) The sports horse. In: *Dyson S. J., Pilsworth R. C., Twardock A. R., Martinelli M. J. Equine Scintigraphy. Equine Vet. J. Ltd. Nerwmarket*, 191-224
- Erichsen C., Eksell P., Widström C., Roethlisberger Holm K., Johnston C. und Lord P.* (2003a) Scintigraphic evaluation of the thoracic spine in the asymptomatic riding horse. *Vet. Radiol. Ultras.* 44, 330-338
- Erichsen C., Eksell P., Widström C., Berger M., Roethlisberger Holm K. und Johnston C.* (2003b) Scintigraphy of the sacroiliac joint region in asymptomatic riding horses: scintigraphic appearance and evaluation of method. *Vet. Radiol. Ultras.* 44, 699-706
- Fürst A.* (2006) Halswirbelsäulenarthrose beim Pferd: eine Übersicht. *Praktischer Tierarzt* 87, 956-964
- Gerber H., Ueltschi G., Diehl M., Schatzmann U. und Straub R.* (1989) Untersuchungen an der Halswirbelsäule des Pferdes – eine klinisch-radiologische Studie. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 131, 311-321
- Hett A. R., Busato A. und Ueltschi G.* (2006) Radiologische Messungen an der arthrotisch veränderten Halswirbelsäule des Pferdes – eine retrospektive, statistische Studie. *Pferdeheilkunde* 22, 241-249
- Hieber N., Lauk H. D. und Ueltschi G.* (2000) Zur Auswertung szintigraphischer Aufnahmen des Kniegelenks beim Pferd. *Pferdeheilkunde* 16, 568-578
- Lautenschläger I. E.* (2007) Die röntgenologische und ultrasonographische Darstellung der Facettengelenke der Halswirbelsäule beim Warmblutpferd. *Diss. Med. Vet. Hannover*
- Lischer C. J., Withers J. M. und Parkin T.* (2010) Accuracy of radiographic measurements of the cervical articular process joints of the horse. *Pferdeheilkunde* 26, 553-558

- Marks D.* (1999) Cervical root impingement in a horse, treated by epidural injection of corticosteroids. *J. Equine Vet. Sci.* 19, 399-401
- Murray R. C., Dyson S. J., Weekes J. S., Branch M. V. und Hladick S.* (2004) Nuclear scintigraphic evaluation of the distal tarsal region in normal horses. *Vet. Radiol. Ultras.* 45, 345-351
- Murray R., Dyson S. J., Weekes J. S., Short C. und Branch M. V.* (2005) Scintigraphic evaluation of the distal tarsal region in horses with distal tarsal pain. *Vet. Radiol. Ultras.* 46, 71-178
- Nixon A. J., Stashak T. S. und Ingram J. T.* (1983) Diagnosis of cervical vertebral malformation in the horse. *Proc. Amer. Ass. Eq. Pract.* 28, 253-266
- Ricardi G. und Dyson S.* (1993) Forelimb lameness associated with radiographic abnormalities of the cervical vertebrae. *Equine Vet. J.* 25, 422-426.
- Ross M. W. und Dyson S. J.* (2003) *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse.* St. Louis: W. B. Saunders, 524
- 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. Diss. Med. Vet. Leipzig
- Studer M. J.* (2005) Vergleich der radiologischen und szintigraphischen Befunde an der Halswirbelsäule des Pferdes und deren klinische Bedeutung – eine retrospektive Studie. Diss. Med. Vet. Bern
- Weekes J. S., Murray R. C. und Dyson S. J.* (2004) Scintigraphic evaluation of metacarpophalangeal and metatarsophalangeal joints in clinically sound horses. *Vet. Radiol. Ultras.* 45, 85-90
- Weekes J. S., Murray R. C. und Dyson S. J.* (2006) Scintigraphic evaluation of the proximal metacarpal and metatarsal regions in clinically sound horses. *Vet. Radiol. Ultras.* 47, 409-416
- Whitwell K. E. und Dyson S. J.* (1987) Interpreting radiographs 8: Equine cervical vertebrae. *Equine Vet. J.* 19, 8-14

*Dr. Kerstin Gerlach,  
Chirurgische Tierklinik der Universität Leipzig  
An den Tierkliniken 21  
04103 Leipzig  
gerlach@vetmed.uni-leipzig.de*