

Die röntgenologische Darstellung der caudalen Facettengelenke der Halswirbelsäule beim Warmblutpferd

Ines Lautenschläger¹, Ina Baumann¹, Maren Schulze¹, Isabelle Martens¹, Karl Rohn² und Peter Stadler¹

Klinik für Pferde¹ und Institut für Biometrie, Epidemiologie und Informationsverarbeitung² der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

Zusammenfassung

Mit zunehmender Verbesserung der röntgenologischen Untersuchung beim Pferd wurde in den letzten Jahren auch die Halswirbelsäule vermehrt radiologisch untersucht. Dabei fiel auf, dass Veränderungen der Halswirbel häufig nicht nur bei Pferden mit, sondern auch bei Pferden ohne klinische Symptomatik auftraten. Deshalb ist derzeit die Interpretation von Röntgenbefunden in diesem Bereich schwierig. Ziele dieser Studie waren unter anderem die Evaluierung der Prävalenz von Röntgenbefunden bei klinisch unauffälligen im Vergleich zu klinisch auffälligen Pferden und die Optimierung der digitalen Röntgentechnik für die Halswirbelsäule. Dazu wurde neben den Standardaufnahmen mit latero-lateralem Strahlengang eine spezielle Röntgentechnik (Tangentialaufnahmen) weiterentwickelt, mit deren Hilfe die Facettengelenke besser darzustellen sind. Es wurden zunächst gut rittige Pferde (n = 60) ohne klinische Anzeichen von Erkrankungen der Halswirbelsäule röntgenologisch untersucht und die radiologische Darstellung, insbesondere der caudalen Halswirbel (C5-C7) mit der von 20 Pferden mit klinischen Symptomen (Rittigkeitsproblemen) verglichen. Auf den Übersichtsaufnahmen wurden vor allem der Öffnungsgrad der Foramina intervertebralia und auf den Tangentialaufnahmen die Form der Processus articulares, der Gelenkspalt sowie Kontur und Struktur der gelenkbildenden Anteile beurteilt. Befunde am Gelenkspalt traten beidseitig zwischen C5/C6 hoch signifikant häufiger und zwischen C6/C7 signifikant häufiger bei den schlecht rittigen Pferden auf. Die Kontur und Struktur der Facettengelenke unterschied sich zwischen gut und schlecht rittigen Pferden zwischen C5/C6 bzw. C6/C7 beidseits höchst signifikant. Insgesamt traten bei den klinisch unauffälligen Reitpferden im Vergleich zu den klinisch auffälligen Pferden seltener und wenn dezente Befunde auf.

Schlüsselwörter: Facettengelenke, Halswirbelsäule, Pferd, Röntgen, latero-lateraler Strahlengang, tangentialer Strahlengang

Radiographic imaging of the caudal cervical synovial intervertebral articulations in the warmblooded horse

In the course of the last years radiographic imaging of the horse has been improved. Along with these improvements the cervical vertebrae have been examined more frequently. It became apparent that alterations of the cervical vertebrae did not only occur in horses with clinical signs but also in horses without clinical signs. Therefore it is difficult to interpret positive findings in radiographs of individual cases. Objective of this study was the evaluation of the prevalence of radiographic findings in clinically unremarkable horses compared to horses with clinical findings. Additionally it was aspired to optimize digital radiographing of the cervical vertebrae. Besides standard imaging with latero-lateral projection a special technique was obtained (tangential imaging) and refined. Through this it was possible to depict the facet joints much clearer. Sixty well rideable horses that were clinically unremarkable regarding afflictions of the cervical vertebrae were examined radiographically. These radiographs – especially those of the caudal cervical vertebrae (C5-C7) – were compared to those of 20 horses with clinical abnormalities (these horses not being well rideable). Especially the opening degree of the foramina intervertebralia was assessed on the large overview images. The tangential images were used to evaluate the shape of the processus articulares, the joint gap and the outline and structure of structures belonging to the joint. Findings regarding the joint gap between C5/C6 were highly significantly more often in those horses not well rideable on both cervical sides. Furthermore findings between C6/C7 were significantly higher in the less well rideable horses. The outline and the structure of the facet joints regarding C5/C6 and C6/C7 differed highly significantly between well rideable and less well rideable horses. Overall findings in clinically unremarkable horses were fewer and subtler than in horses with clinical symptoms.

Keywords: facet joints, cervical spine, horse, x-ray, lateral radiation, tangential radiation

Einleitung

Erkrankungen der knöchernen Anteile der Halswirbelsäule der Pferde sind in der Literatur bereits beschrieben (Mayhew et al. 1978, Whitwell und Dyson 1987, Nowak und Huskamp 1989, Butler 2000). Dennoch ist die Interpretation der röntgenologischen Aufnahmen der Halswirbelsäule und die klinische Relevanz der beobachteten Veränderungen nach wie vor nicht immer eindeutig und führt deshalb häufig nur zu einer Verdachtsdiagnose (van Biervliet et al. 2006). Bei Pferden ohne röntgenologische Befunde verlaufen auf der latero-

lateralen Röntgenaufnahme die dorsale und die ventrale Begrenzung des Rückenmarkkanals parallel zueinander, das Foramen intervertebrale erscheint annähernd längsoval (Whitwell und Dyson 1987, Mayhew 1989) und auch die Facettengelenke zeigen ihre physiologische glatte, ovale Form dorsal eines jeden Foramen intervertebrale (Rendano und Quick 1978, Rantanen et al. 1981, Rush 2006).

Die Arthropathie der Facettengelenke wird röntgenologisch aufgrund unregelmäßiger oder verwuschener Kontur und vergrößerter Gelenkfortsätze diagnostiziert. Weitere Veränderungen

sind unregelmäßig verlaufende, ungleich breite Gelenkspalten, intraartikuläre Fragmente sowie ein sklerotischer Randsaum des subchondralen Knochens (Palmer et al. 1996, Butler 2000, Nout und Reed 2003). Auch Längen- und Größenunterschiede, wie Vergrößerung eines oder mehrerer Facettengelenke, sowie Änderungen der Weite des Gelenkspalts sind eventuell diagnostisch relevant (Rendano und Quick 1978, Rush 2006, Hett et al. 2006). Die Pathogenese einiger Erkrankungen der Wirbelsäule, insbesondere der Arthrosen der kleinen Wirbelgelenke, ist weitgehend unbekannt. Als Hauptursache der ossifizierenden Veränderungen wurden zunächst mechanische Einwirkungen durch Druckbelastung, vor allem aber durch Erschütterungen der Wirbelsäule vermutet (Cohrs und Messow 1969). In der neueren Literatur wird von einem multifaktoriellen Geschehen mit zusätzlich erblicher Komponente, Nahrungsimbalanzen oder intrauterinen Traumata ausgegangen (Rush 2006).

Rooney (1963) teilte die Veränderungen der Facettengelenke in drei verschiedene Formen ein: Veränderungen oder Malformationen der Gelenke, die zur dauerhaften Flexion der Wirbelkette führen, werden als Typ 1-Läsionen bezeichnet. Eine Typ 2-Läsion zeigt sich in deutlicher, aber symmetrischer Vergrößerung der Gelenkfortsätze des vierten und gelegentlich des fünften Halswirbels und kommt bei Saugfohlen und Absetzern vor. Bei erwachsenen Pferden sind eher die Facettengelenke im kaudalen Bereich der Halswirbelsäule vergrößert und deformiert (Typ 3-Läsion). Solche Veränderungen können ein- oder beidseitig auftreten (Rush 2006, Mayhew 2009). Bei hochgradigen Veränderungen der Gelenkfortsätze können durch Verbindung der Gelenkfortsätze mit dem Wirbelkörper Pseudarthrosen (Rantanen et al. 1981) entstehen. Klinisch bedeutsame arthrotische Veränderungen äußern sich als mechanische Behinderung im Halsbereich. Die Pferde sind steif, stolpern und zeigen in einigen Fällen auch Lahmheiten der Vordergliedmaßen (Ricardi und Dyson 1993, Markus et al. 2004).

Als weitere pathologische Prozesse im Bereich der Halswirbelsäule kommen neben Spondylolisthesis und der Ausdehnung der caudalen Epiphysenfuge des Wirbelkörpers nach dorsal („ski-jump“) unter anderem synoviale Gelenkaussackungen oder -zysten (Gerber et al. 1980, Gerber et al. 1989, Papageorges et al. 1987) sowie Frakturen oder Fissuren des Wirbelkörpers und -bogens und der Fortsätze vor.

Röntgen der Halswirbelsäule

Für die Darstellung der Halswirbelsäule wurde in der älteren Literatur überwiegend die Aufnahmetechnik am narkotisierten Pferd beschrieben (Rendano und Quick 1978, Böhm und Hebler 1980, Gerber et al. 1989).

Heutzutage wird die Halswirbelsäule in der Regel am stehenden, sedierten Pferd geröntgt (Butler 2000, Dyson 2003). Besonders für ataktische Pferde ist diese Aufnahmetechnik zu bevorzugen, da so die Risiken einer Allgemeinanästhesie zu umgehen sind. Nach Nowak und Schüttert (2006) sind orthograde latero- laterale Aufnahmen am stehenden Pferd sogar besser als am narkotisierten Pferd anzufertigen. Am stehenden Tier lassen sich die Wirbel mit weniger Verzerrung darstellen und die Lateroflexion der Halswirbelsäule wird vermieden.

Standardaufnahmen

Die Aufnahmen mit latero- lateralem Strahlengang liefern eine erste Übersicht (Whitwell und Dyson 1987, Gerber et al. 1989, Butler 2000). In der Regel sind drei bis vier Aufnahmen notwendig (Denoix und Audigie 2005, Rush 2006). Es sollten das Genick, sowie der craniale, mittlere und caudale Abschnitt bis einschließlich des ersten Brustwirbels abgebildet sein (Rantanen et al. 1981, Nowak und Huskamp 1989, Butler 2000, Dyson 2003). Für orthograde Aufnahmen der Halswirbelsäule muss der Zentralstrahl senkrecht zur Körperachse stehen, im rechten Winkel auf die Kassette auftreffen und auf das Zentrum der zu erfassenden Region gerichtet werden (Zeller et al. 1975). Durch Sedation der Pferde werden Bewegungsartefakte vermindert und die optimale Positionierung von Kopf und Hals in der Medianebene erleichtert (Butler 2000, Dyson 2003, Huson und Mayhew 2005). Die Positionierung beeinflusst die Qualität und Aussagekraft der Aufnahme erheblich, da Rotationen oder Schrägprojektionen die Darstellung von Größe und Form der Gelenkfortsätze und des Wirbelkanals verändern (Denoix und Audigie 2005).

Spezialaufnahmen

Die Beurteilung der Facettengelenke ist auf den Standardaufnahmen nur eingeschränkt möglich. Die gelenkbildenden Anteile können nur undeutlich voneinander differenziert werden und oft ist auch der Gelenkspalt nicht eindeutig abgrenzbar. Am stehenden Pferd werden zur Darstellung der Facettengelenke beidseitig Aufnahmen im ventro- dorso- lateralen Strahlengang angefertigt. Hierbei wird der Zentralstrahl etwas oberhalb der Trachea auf das dorsale Intervertebralgelenk gerichtet (Studer 2005).

Von beiden Seiten der Halswirbelsäule angefertigte Tangentialaufnahmen ermöglichen die bessere Beurteilung der Facettengelenke. Der Strahlengang für diese Aufnahmen ist von caudodorsolateral nach cranioventrolateral, beziehungsweise die Aufnahme der linken Seite wird mit einem Winkel von 135° und die der rechten Seite mit einem Winkel von 225° zur Körperachse des Pferdes angefertigt (Aufnahmewinkel siehe Zeller et al. 1975). Zur Fokussierung und Reduktion der Streustrahlung wird oft ein Tubus verwendet (Studer 2005).

Mit der tangentialen Aufnahmetechnik sind die gelenkbildenden Anteile im Idealfall überlagerungsfrei darzustellen. Am fokusnahen Gelenk sind so die Gelenkfortsätze und der Gelenkspalt, am fokusfernen Gelenk die Kontur und Struktur der gelenkbildenden Anteile zu beurteilen (Denoix und Audigie 2005). Die Anfertigung von Röntgenaufnahmen beider Seiten kann zur Lokalisation einer Läsion hilfreich sein, da die fokusnahe Seite weniger der Vergrößerung unterliegt und so exakter zu interpretieren ist als die fokusferne Seite (Whitwell und Dyson 1987).

Material und Methode

Für diese Studie wurden 80 Warmblutpferde untersucht. 60 dieser Pferde dienten als Referenztiere. Sie waren regelmäßig geritten, überwiegend als Dressurpferde, aber auch als Spring- und Vielseitigkeitspferde mit einem Leistungsniveau

der Turnierklasse A bis M eingesetzt. Rittigkeitsprobleme dieser Pferde wurden von ihren ständigen Reitern nicht berichtet. Die anderen 20 Pferde waren dagegen Patienten mit Rittigkeitsproblemen, wie mangelhafte Stellung und Biegung, Steifheit, fehlende Losgelassenheit, Taktunreinheiten bis hin zum deutlichem Stolpern sowie deutlicher Widersetzlichkeit unter dem Reiter.

Alle Pferde wurden einer Allgemeinuntersuchung sowie einer speziellen klinischen Untersuchung mit besonderer Berücksichtigung der Halswirbelsäule unterzogen. Dabei wurden die aktive und passive Lateroflexion und -rotation, sowie die Flexion und Extension der Halswirbelsäule überprüft (Denoix und Pailloux 2000). Danach erfolgte die Anfertigung der röntgenologischen Aufnahmen. Die der gut rittigen Pferde wurden mit denen der schlecht rittigen Pferde verglichen.

Zusätzlich zu diesen 80 Pferden wurden vier weitere Pferde klinisch und röntgenologisch untersucht und nach der Euthanasie ihre röntgenologischen Aufnahmen mit den Ergebnissen der pathologisch- anatomischen Untersuchung verglichen.

Die digitale Röntgenuntersuchung erfolgte mit dem Gleichspannungsgenerator OPTIMUS 80® und einer Hochleistungsröhre (Typ SRO 33100) mit einem Röntgenröhrenschutzgehäuse (Typ ROT 350) der Firma Philips Medizinsysteme, Hamburg. Mit dieser Röntgenanlage wurden sowohl die Aufnahmen im latero- lateralen Strahlengang als auch die Aufnahmen im tangentialen Strahlengang erstellt. Für die Aufnahmen mit latero- lateralem Strahlengang wurden Röntgenkassetten mit dem Format 35 x 43 cm (Typ C) der Firma Fuji Photo Film, Japan verwendet. Die Tangentialaufnahmen wurden auf Röntgenkassetten (24 x 30 cm, Typ CC) desselben Herstellers angefertigt. Die Kassetten wurden in einen zwischen 100 cm und 160 cm verstellbaren Kassettenhalter geschoben.

Die Sedation der Pferde erfolgte mit Detomidin (Domosedan®, 0,1- 0,2 ml/ 100 kg). Für die Aufnahmen mit laterolateralem Strahlengang wurde ein Fokus-Objekt-Abstand von 130 cm gewählt. Um den Vergrößerungseffekt gering zu halten, wurden die Kassetten so dicht wie möglich und parallel zum Verlauf der Halswirbelsäule positioniert. Die Pferde wurden mit einem Strickhalfter durch eine am Kopf stehende Person fixiert und parallel zur Röntgenanlage mit horizontaler und gerader Halshaltung unter Belastung aller vier Gliedmaßen ausgerichtet.

Es wurden vier Übersichtsaufnahmen angefertigt. Dabei wurden zunächst die caudalen Abschnitte der Halswirbelsäule und dann die cranialen geröntgt. Für die Anfertigung der Aufnahmen mit laterolateralem Strahlengang wurden von cranial nach caudal Belichtungswerte von 85 bis 117 kV, 50 bis 125 mA und 53 bis 188 ms verwendet.

Bei den Referenztieren wurden zusätzlich Tangentialaufnahmen der Facettengelenke des fünften und sechsten sowie des sechsten und siebten Halswirbels sowohl der linken als auch der rechten Halsseite angefertigt.

Von allen Pferden, die aufgrund von schlechter Rittigkeit im Beobachtungszeitraum in der Klinik vorgestellt wurden, wur-

den nur diejenigen in diese Studie einbezogen, bei denen auf den latero-lateralen Aufnahmen verdächtige Bereiche zwischen C5 und C7 vorlagen. Somit standen 20 unrittige Pfer-



Abb. 1 Positionierung der Röntgenanlage zur Anfertigung der Aufnahmen mit tangentialem Strahlengang, Ausrichtung zur Vertikalen
Placement of the x-ray equipment for the tangential radiographs, vertical direction



Abb. 2 Positionierung der Röntgenanlage zur Anfertigung der Aufnahmen mit tangentialem Strahlengang, caudo- dorsale Ausrichtung
Placement of the x-ray equipment for the tangential radiographs, caudo- dorsal direction

de mit Veränderungen zwischen C5 und C7 zur Verfügung. Auch bei diesen wurden die Facettengelenke des fünften bis siebten Halswirbels mit Hilfe der Tangentialaufnahmen röntgenologisch untersucht.

Diese Röntgenaufnahmen wurden mit einem Fokus-Objekt-Abstand von 85 cm unter Zuhilfenahme eines konischen Tubus (Länge: 36 cm, Durchmesser: 15 cm) bei erhobenem Hals der Pferde angefertigt. Der Strahlengang der Tangentialaufnahmen verlief von caudo-dorso-lateral nach cranio-ventro- lateral mit um 45° ventral gekippter Röntgenröhre (Röhrenwinkel zur Vertikalen, Abb. 1). Die Aufnahme der linken und rechten Halsseite erfolgte mit caudo-dorsaler Ausrichtung der Anlage um 135° bzw. 225° zur Körperachse des Pferdes (s. Abb. 2).

Der Zentralstrahl wurde im unteren Drittel des Halses etwas oberhalb der Trachea, am Übergang der knöchernen Strukturen zur umliegenden Muskulatur ausgerichtet. Die Kassette

wurde im Kassettenhalter vor dem Schultergelenk so weit wie möglich unter den Pferdehals geschoben und parallel zur Röntgenröhre ausgerichtet. Die Aufnahmen mit tangentialem

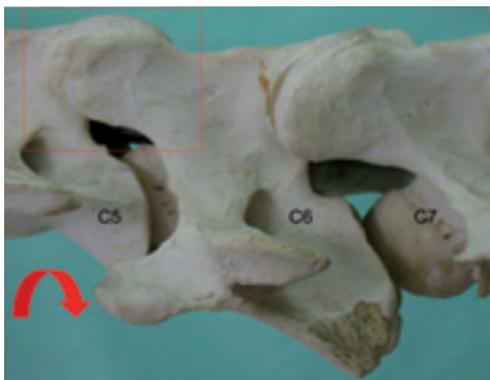


Abb. 3 Latero- laterale Röntgenaufnahme von C5 bis C7 am Beispiel des Skeletts, durch Drehen des Bildausschnitts (rot markiert) in Pfeilrichtung wird die Änderung des Bildausschnitts durch Positionierung der Röntgenanlage für die Tangentialaufnahmen verdeutlicht
Lateral radiograph showing C5 to C7, turning the detail (marked red) in direction of the arrow should illustrate how the detail changes through positioning of the focus for the tangential radiographs

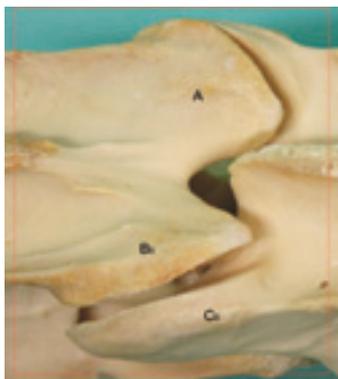


Abb. 4 Tangentiale Aufnahme des Facettengelenks zwischen C5/C6. A = rechtes Facettengelenk, plattennah, Bli = Proc. art. caudalis von C5 des linken Facettengelenks, fokusnah, Cli = Proc. art. cranialis C6 des linken Facettengelenks, fokusnah
Tangential photograph of the facet joint C5/C6. A = right facet joint, close- to- plate, Bli = left facet joint, Proc. art. caudalis of C5, close- to- focus, Cli = left facet joint, Proc. art. cranialis of C6, close- to- focus



Abb. 5 Latero-laterale Aufnahme der Halswirbelsäule eines ca. 550 kg schweren Warmblutpferdes im Bereich C5 – C7, Foramina intervertebralia unauffällig (s. Pfeile)
Lateral radiograph showing C5 to C7 of a 550 kg weighing warm-blooded horse, intervertebral foramina without pathological findings (s. arrows)

Strahlengang wurden mit Belichtungswerten von 96 bis 125 kV, 100 bis 125 mA und 120 bis 188 ms angefertigt. Ein Raster wurde nicht verwendet.

Die Abbildungen 3 und 4 verdeutlichen am Beispiel des Skeletts, wie sich durch die Winkelung der Röntgenanlage der Bildausschnitt einer Aufnahme mit latero-lateralem Strahlengang in einer Aufnahme mit tangentialem Strahlengang ändert (s. Abb. 3 und 4).

Befundbeschreibung der Röntgenaufnahmen

Aufnahmen mit latero- lateralem Strahlengang

Es wurden die Aufnahmen des caudalen Abschnitts der Halswirbelsäule von symptomfreien und klinisch auffälligen Pferden verglichen. Das Foramen intervertebrale wurde als unauffällig (s. Abb. 5), als zur Hälfte (s. Abb. 6) oder vollständig verschattet beurteilt (s. Abb. 7).

Aufnahmen mit tangentialem Strahlengang

Auf den Tangentialaufnahmen wurden die fokushen und die plattennahen Facettengelenke beurteilt. Auf einer Aufnah-



Abb. 6 Latero-laterale Aufnahme der Halswirbelsäule eines ca. 550 kg schweren Warmblutpferdes im Bereich C5 – C7. Foramen intervertebrale C6/C7 zur Hälfte verschattet (s. Pfeil)
Lateral radiograph showing C5 to C7 of a 550 kg weighing warm-blooded horse with a half – shadowed intervertebral foramen (s. arrow) between C6/C7



Abb. 7 Latero-laterale Aufnahme der Halswirbelsäule eines ca. 550 kg schweren Warmblutpferdes im Bereich C5 – C7. Foramen intervertebrale C6/C7 vollständig verschattet (s. Pfeil)
Lateral radiograph showing C5 to C7 of a 550 kg weighing warm-blooded horse with a completely shadowed foramen intervertebrale C6/C7

me von der linken Halsseite sind die linken Facettengelenke fokusnah und die der rechten Seite plattennah abgebildet. Mit Hilfe der Tangentialaufnahmen wurde untersucht, ob die fokusnah abgebildeten Processus articulares eine glatte (s. Abb. 8), eine geringgradig gebrochene Kontur (s. Abb. 9) oder gelenkseitig eine konvexe Kontur und/ oder Randexostosen aufwiesen (s. Abb. 10 und 11) und ob der Gelenkspalt sich unauffällig (s. Abb. 12), wolkig oder schmal (s. Abb. 13) darstellte. Am plattennah abgebildeten Gelenk wurde festgestellt, ob die gelenkbildenden Anteile eine glatte Kontur und ovale Gelenkfacette (s. Abb. 14) oder eine geringgradig unregelmäßige Kontur (Knochenlinie mit dezenten Unebenheiten bei ovaler Gelenkform) aufwiesen. Hochgradige Veränderungen waren durch eine deutlich unregelmäßige Knochenkontur (Knochenlinie mit deutlichen Wellen, fehlende ovale Gelenkform und zum Teil inhomogene Struktur) gekennzeichnet (s. Abb. 15).

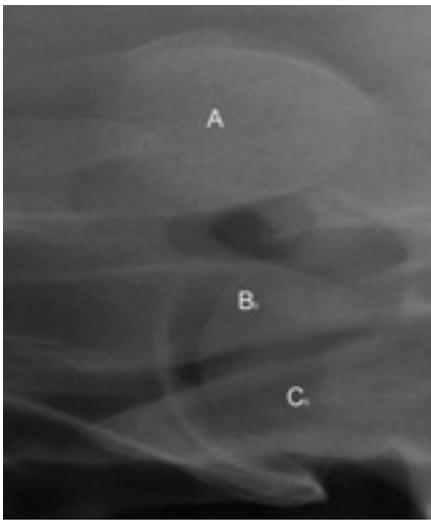


Abb. 8 Tangentiale Aufnahme des Facettengelenks C5/C6 der linken Halsseite, glatte Kontur der Processus articulares. A = rechtes Facettengelenk, plattennah, Bli = Proc. articularis caudalis C5, fokusnah, Cli = Proc. articularis cranialis C6, fokusnah
Tangential radiograph of the left facet joint C5/C6, plane contour of the Procc. articulares. A = right facet joint, close-to-plate, Bli = left facet joint, Proc. art. caudalis of C5, close-to-focus, Cli = left facet joint, Proc. art. cranialis of C6, close-to-focus

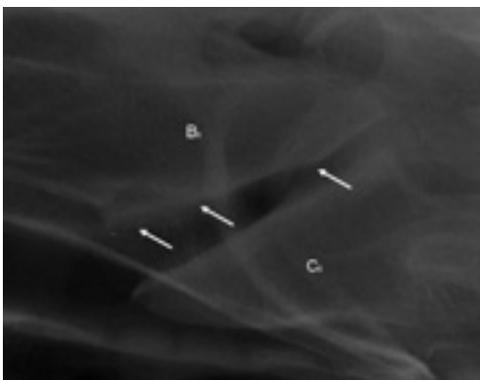


Abb. 9 Tangentiale Aufnahme des Facettengelenks C5/C6 der linken Halsseite, mit unregelmäßiger Knochenkontur des Processus articularis caudalis des 5. Halswirbels (s. Pfeile). Bli = Proc. art. caudalis C5, linke Halsseite, Cli = Proc. art. cranialis C6, linke Halsseite
Tangential view of the left facet joint C5/C6 with an irregular bone contour of the proc. articularis caudalis of C5 (s. arrows). Bli = Proc. art. caudalis C5, left side, Cli = Proc. art. cranialis C6, left side

Statistik

Die röntgenologischen Befunde wurden im Microsoft Excel® Programm, Version 2003 und mit dem Statistikprogramm SAS, Version 9.1 (SAS Institute Cary, NC) ausgewertet. Die

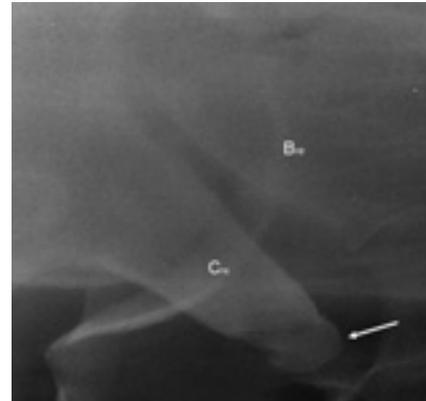


Abb. 10 Tangentialaufnahme des Facettengelenks C6/C7 der rechten Halsseite, knöcherner Zubildung am cranialen Ende des Processus articularis cranialis des 7. Halswirbels i. S. einer Exostose (s. Pfeil) Bre = Proc. art. caudalis C6, rechte Halsseite, Cre = Proc. art. cranialis C7, rechte Halsseite
Tangential radiograph of the right facet joint C6/C7, osseous proliferation at the cranial end of the proc. articularis cranialis of C7 in terms of an exostosis (s. arrow). Bre = Proc. art. caudalis C6, right side, Cre = Proc. art. cranialis C7, right side

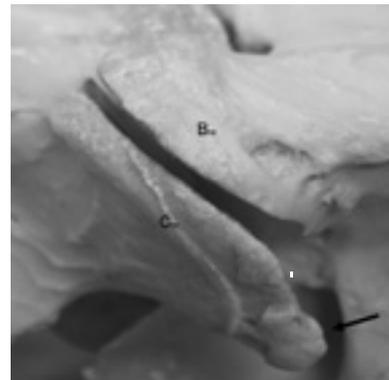


Abb. 11 Pathologisch-anatomisches Korrelat zu Abbildung 10
Pathological-anatomical correlative for figure 10

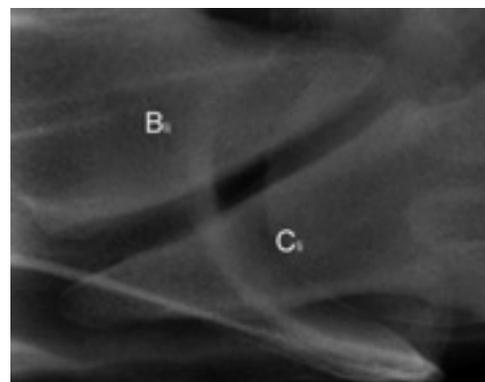


Abb. 12 Tangentialaufnahme des Facettengelenks C5/C6 der linken Halsseite, unauffälliger Gelenkspalt. Bli = Proc. art. caudalis C5, linke Halsseite, Cli = Proc. art. cranialis C6, linke Halsseite
Tangential radiograph of the left facet joint C5/C6, joint space without pathological findings. Bli = Proc. art. caudalis C5, left side, Cli = Proc. art. cranialis C6, left side

nominalen (qualitativen) Befundmerkmale wurden statistisch mit dem „Chi- Quadrat- Homogenitätstest“ ausgewertet. Die Merkmalsverteilung in den Stichproben „gut rittige Pferde“ und „schlecht rittige Pferde“ wurde mit Hilfe der Prozedur

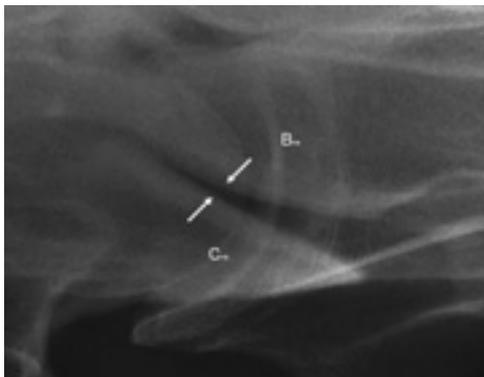


Abb. 13 Tangentialaufnahme des Facettengelenks C5/C6 der rechten Halsseite, schmaler Gelenkspalt im caudalen Gelenkdrittel (s. Pfeile). Bre = Proc. art. caudalis C5, rechte Halsseite, Cre = Proc. art. cranialis C6, rechte Halsseite
Tangential radiograph of the right facet joint C5/C6, thin joint space in the caudal third (s. arrows). Bre = Proc. art. caudalis C5, right side, Cre = Proc. art. cranialis C6, right side

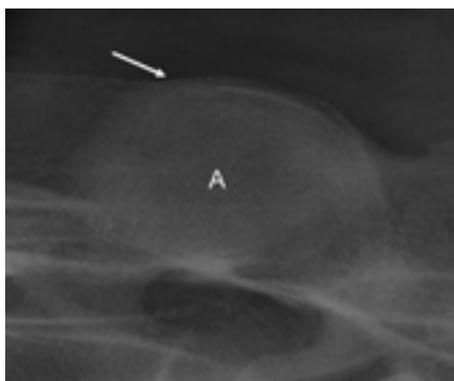


Abb. 14 Tangentialaufnahme des plattennahen Facettengelenks C6/C7 glatte Knochenkontur und ovale Gelenkform (s. Pfeil). Are = plattennah abgebildetes rechtes Facettengelenk
Tangential radiograph of the facet joint between C6/C7 mapped close-to-plate, plane bone contour and oval joint form (s. arrow). Are = right facet joint mapped close-to-plate

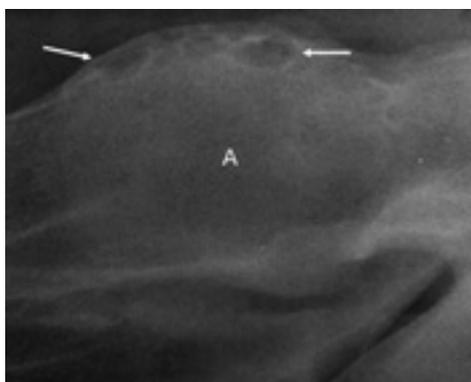


Abb. 15 Tangentialaufnahme des plattennahen Facettengelenks C6/C7, deutlich unregelmäßige Kontur sowie Strukturveränderungen der Processus articulares (s. Pfeile). Are = plattennah abgebildetes rechtes Facettengelenk
Tangential view of the facet joint between C6/C7 mapped close-to-plate, marked irregular contour and structural changes of the articular processes (s. arrows). Are = right facet joint mapped close-to-plate

FREQ und bei kleiner Stichprobengröße mit dem exakten Test nach R.A. Fischer ermittelt. Für die Beurteilung der Ergebnisse wurden für die Irrtumswahrscheinlichkeit p folgende Signifikanzstufen festgelegt: Bei $p > 0,05$ lag keine Signifikanz vor (n.s.). Ergebnisse mit einem p – Wert zwischen 0,01 und 0,05 waren signifikant (*). Hoch signifikante Ergebnisse (**) lagen bei p – Werten zwischen 0,001 und 0,01 und höchst signifikante Ergebnisse (***) bei p – Werten von kleiner oder gleich 0,001 vor.

Ergebnisse

Die Pferde ohne klinische Symptome waren im Durchschnitt zehn, die mit klinischen Symptomen im Durchschnitt acht Jahre alt. Die Muskulatur der Kontrollpferde war im Bereich von Hals und Rücken bei einigen Pferden weich, bei anderen geringgradig tonisiert. Deutliche Verspannungen, Verhärtungen und/oder Umfangsvermehrungen beziehungsweise sonstige Auffälligkeiten lagen nicht vor. Fünf Pferde zeigten eine reduzierte aktive laterale Flexion des cranialen Halsdrittels und wichen durch Drehen des Kopfes der Flexion des Halses aus. Die aktive Beweglichkeit des caudalen Abschnitts der Halswirbelsäule war bei 56 der gut rittigen Pferde zu beiden Seiten gut möglich. Die Ventroflexion der Halswirbelsäule war bei allen gut rittigen Pferden uneingeschränkt möglich. Die Pferde mit Rittigkeitsproblemen zeigten im Gegensatz zu den Kontrolltieren entweder ein- oder beidseitige Verhärtungen bzw. Verspannungen der Halsmuskulatur. Einige Pferde reagierten mit deutlicher Druckempfindlichkeit und mit Abwehrbewegungen während der Palpation.

Im Vergleich zu den Kontrolltieren zeigten die Pferde mit schlechter Rittigkeit insgesamt eine deutlich reduzierte Lateroflexion im cranialen und caudalen Abschnitt und somit eine verminderte Biegsamkeit der gesamten Halswirbelsäule. Die geforderte Flexion wurde durch Drehen des Kopfes kompensiert. Die Drehung des cranialen Drittels war bei den meisten Pferden mit Rittigkeitsproblemen eingeschränkt. Dagegen war die Ventroflexion auch bei allen schlecht rittigen Pferden uneingeschränkt möglich.

Zwei der vier euthanasierten Pferde waren zehn und zwölf Jahre alt, die beiden anderen 20 und 22. Alle vier Pferde zeigten keine Auffälligkeiten bei der klinischen Untersuchung. Die röntgenologischen Aufnahmen mit laterolateralem Strahlengang waren bei den jüngeren Pferden ohne Auffälligkeiten. Die älteren Pferde zeigten auf den Tangentialaufnahmen Unregelmäßigkeiten der Facettengelenke und bei einem der beiden lag eine Verschattung des Foramen intervertebrale vor.

Die Befunde im Bereich des Foramen intervertebrale von C5 bis C7 unterschieden sich auf den Aufnahmen im laterolateralen Strahlengang zwischen den gut ($n = 60$) beziehungsweise schlecht ($n = 20$) zu reitenden Pferden höchst signifikant ($p < 0,001$, siehe Tab. 1). Auf den tangentialen Röntgenaufnahmen waren die fokussnah abgebildeten Processus articulares caudales von C5 und C6 der linken und rechten Halsseite sowie der Processus articularis cranialis der linken Seite von C6 signifikant bis höchst signifikant verschieden ($p < 0,001$ bis $p = 0,04$) zwischen gut- und schlecht rittigen Pferden (siehe Tab. 2). In Tabelle 3 ist die Verteilung der wichtigsten Befun-

Tab. 1 Röntgenologische Erscheinungsformen des Foramen intervertebrale bei gut und schlecht rittigen Pferden.
Radiographical appearances of the foramen intervertebrale in well and poorly rideable horses

Befund	Foramen intervertebrale C5/C6		Foramen intervertebrale C6/C7	
	gut rittig (GR)	schlecht rittig (SR)	gut rittig	schlecht rittig
unauffällig	68%	10%	62%	5%
zur Hälfte verschattet	30%	75%	33%	45%
vollständig verschattet	2%	15%	5%	50%

Tab. 2 Unterschiede der röntgenologischen Erscheinungsformen der fokusnah abgebildeten Procc. articulares zwischen C5 und C7 bei gut und schlecht rittigen Pferden. P. art. caudalis C5 li. bzw. re. = P. articularis caudalis C5, linke bzw. rechte Halsseite. P. art. cranialis C6 li. bzw. re. = P. articularis cranialis C6, linke bzw. rechte Halsseite, P. art. caudalis C6 li. bzw. re. = P. articularis caudalis C6, linke bzw. rechte Halsseite, P. art. cranialis C7 li. bzw. re. = P. articularis cranialis C7, linke bzw. rechte Halsseite
Radiographical differences of the close- to- focus mapped Procc. articulares from C5 to C7 in well and poorly rideable horses

Lokalisation	p	Signifikanz
P.art.caud. C5 li	0,001	***
P.art.cran. C6 li	0,037	*
P.art.caud. C6 li	0,002	**
P.art.cran. C7 li	0,093	n.s.
P.art.caud. C5 re	0,008	**
P.art.cran. C6 re	0,240	n.s.
P.art.caud. C6 re	<0,001	***
P.art.cran. C7 re	0,081	n.s.

Tab. 3 Prävalenz und Unterschiede der häufigsten röntgenologischen Erscheinungsformen der fokusnah abgebildeten Processus articulares bei gut und schlecht rittigen Pferden. P. art. caud. C5 li. oder re. = Processus articularis caudalis des 5. Halswirbels der linken oder rechten Halsseite, P. art. cran. C6 li. oder re. = Processus articularis cranialis des 6. Halswirbels der linken oder rechten Halsseite, P. art. caud. C6 li. oder re. = Processus articularis caudalis des 6. Halswirbels der linken oder rechten Halsseite, P. art. cran. C7 li. oder re. = Processus articularis cranialis des 7. Halswirbels der linken oder rechten Halsseite, GR = gut rittige Pferde, SR = schlecht rittige Pferde, n.s. = nicht signifikant
Prevalence and differences of the main radiographic appearances of close- to- focus mapped Procc. articulares in well and poorly rideable horse

Lokalisation	glatte Kontur		unregelmäßige Kontur		konvexe Kontur		Randexostosen	
	GR	SR	GR	SR	GR	SR	GR	SR
P. art. caud. C5 li	65%	20%	8%	25%	n.s.		2%	10%
P. art. cran. C6 li	58%	40%	5%	25%	n.s.			n.s.
P. art. caud. C6 li	55%	15%	3%	15%	13%	25%	7%	25%
P. art. cran. C7 li	57%	35%		n.s.	3%	20%		n.s.
P. art. caud. C5 re	67%	25%	7%	20%	n.s.		10%	25%
P. art. cran. C6 re	55%	35%		n.s.	n.s.			n.s.
P. art. caud. C6 re	65%	20%	5%	20%	7%	25%	8%	25%
P. art. cran. C7 re	68%	40%	7%	25%	n.s.			n.s.

Tab. 4 Unterschiede der röntgenologischen Erscheinungsformen der fokusnahen Gelenkspalten der caudalen Facettengelenke bei gut und schlecht rittigen Pferden. GS C5/6 li bzw. re. = Gelenkspalt zwischen dem 5. und 6. Halswirbel der linken bzw. rechten Halsseite, GS C6/7 li. bzw. re. = Gelenkspalt zwischen dem 6. und 7. Halswirbel der linken bzw. rechten Halsseite
Different radiographic appearances of the close- to- focus mapped joint spaces of the caudal facet joints in well and poorly rideable horses

Lokalisation	p	Signifikanz
GS C5/6 li	0,002	**
GS C6/7 li	0,04	*
GS C5/6 re	0,01	**
GS C6/7 re	0,04	*

de der Processus articulares detailliert enthalten (s. Tab. 3). Am fokusnah abgebildeten Gelenkspalt wurden beidseitig zwischen C5/C6 hoch signifikant ($p = 0,002$ und $p = 0,01$) und zwischen C6/C7 signifikant häufiger ($p = 0,04$) röntgenologisch auffällige Befunde bei den schlecht als bei den gut rittigen Pferden festgestellt (s. Tab. 4). In der Tabel-

le 5 sind die wichtigsten röntgenologischen Erscheinungsformen der plattennah abgebildeten Gelenkspalten zusammengefasst (s. Tab. 5).

Die röntgenologische Darstellung der Knochenkontur und -struktur der plattennah abgebildeten Facettengelenke unter-

Tab. 5 Häufigkeitsverteilung auffälliger röntgenologischer Erscheinungsformen des fokusnahen Gelenkspalts an den Facettengelenken von C5/C6 und C6/C7 bei gut und schlecht rittigen Pferden. GS 5/6 li. = Facettengelenksspalt zwischen dem 5. und 6. Halswirbel der linken Halsseite, GS 6/7 li. = Facettengelenksspalt zwischen dem 6. und 7. Halswirbel der linken Halsseite, GS 5/6 re. = Facettengelenksspalt zwischen dem 5. und 6. Halswirbel der rechten Halsseite, GS 6/7 re. = Facettengelenksspalt zwischen dem 6. und 7. Halswirbel der rechten Halsseite, GR = gut rittige Pferde, SR = schlecht rittige Pferde, n.s. = nicht signifikant

Frequency distribution of radiographic appearances of the close- to- focus mapped joint space of the facet joints C5/C6 and C6/C7 in well and poorly rideable horses

Lokalisation	unauffälliger Gelenkspalt		wolkiger Gelenkspalt		schmalere Gelenkspalt	
	GR	SR	GR	SR	GR	SR
GS 5/6 li	55%	15%	7%	30%	15%	30%
GS 6/7 li	62%	25%	5%	20%		n.s.
GS 5/6 re	72%	40%	8%	25%	2%	20%
GS 6/7 re	68%	30%	10%	20%		n.s.

Tab. 6 Unterschiede von Kontur und Struktur der plattennah abgebildeten caudalen Facettengelenke bei gut und schlecht rittigen Pferden. Fac C5/C6 li. = plattennah abgebildetes Facettengelenk zwischen dem 5. und 6. Halswirbel der linken Halsseite, Fac C6/C7 li. = plattennah abgebildetes Facettengelenk zwischen dem 6. und 7. Halswirbel der linken Halsseite, Fac C5/C6 re. = plattennah abgebildetes Facettengelenk zwischen dem 5. und 6. Halswirbel der rechten Halsseite, Fac C6/C7 re. = plattennah abgebildetes Facettengelenk zwischen dem 6. und 7. Halswirbel der rechten Halsseite

Differences in bony contour and structure of the close- to- plate mapped facet joints in well and poorly rideable horses

Lokalisation	p	Signifikanz
Fac 5/6 li	0,031	*
Fac 6/7 li	< 0,001	***
Fac 5/6 re	0,035	*
Fac 6/7 re	< 0,001	***

Tab. 7 Röntgenologische Erscheinungsformen der plattennah abgebildeten Facettengelenke bei gut und schlecht rittigen Pferden. Fac C5/C6 li. = plattennah abgebildetes Facettengelenk zwischen dem 5. und 6. Halswirbel der linken Halsseite, Fac C6/C7 li. = plattennah abgebildetes Facettengelenk zwischen dem 6. und 7. Halswirbel der linken Halsseite, Fac C5/C6 re. = plattennah abgebildetes Facettengelenk zwischen dem 5. und 6. Halswirbel der rechten Halsseite, Fac C6/C7 re. = plattennah abgebildetes Facettengelenk zwischen dem 6. und 7. Halswirbel der rechten Halsseite, GR = gut rittige Pferde, SR = schlecht rittige Pferde, ggr. = geringgradig, deutl. = deutlich, unregelm. = unregelmäßig n.s. = nicht signifikant

Radiographic appearances of the facet joints mapped close- to- plate in well and poorly rideable horses

Lokalisation	glatte Kontur		ggr. unregelm. Kontur		deutl. unregelm. Kontur	
	GR	SR	GR	SR	GR	SR
Fac C5/6 li	53%	25%	43%	70%		n.s.
Fac C6/7 li	42%	5%	52%	65%		n.s.
Fac C5/6 re	55%	25%	43%	70%		n.s.
Fac C6/7 re	48%	5%	42%	85%	8%	10%

schied sich zwischen gut und schlecht rittigen Pferden zwischen dem fünften und sechsten Halswirbel beidseitig signifikant ($p = 0,031$ und $p = 0,035$) und zwischen dem sechsten und siebten Halswirbel beidseitig höchst signifikant ($p < 0,001$, s. Tab. 6). Tabelle 7 enthält die detaillierte Befundverteilung bei den untersuchten Pferden (s. Tab. 7).

Die röntgenologischen Befunde auf den Tangentialaufnahmen der vier pathologisch- anatomisch untersuchten Pferde wurden an diesen Lokalisationen makroskopisch überprüft. Bei einem der älteren Pferde konnte röntgenologisch am Processus articularis cranialis des siebten Halswirbels der rechten Halsseite eine deutlich unregelmäßige Konturbildung festgestellt werden. Diese war auch im pathologisch- anatomischen Präparat zu erkennen (s. Abb. 11). Auch bei den übrigen drei Pferden stimmte das röntgenologische Erscheinungsbild mit dem pathologisch- anatomischen Bild überein.

Diskussion

Die Erfahrungen zu röntgenologischen Veränderungen im Bereich der Halswirbelsäule bei schlecht rittigen Pferden haben zugenommen, weil Pferde mit Rittigkeitsproblemen inzwischen vermehrt dem Tierarzt vorgestellt werden und die Röntgentechnik in den letzten Jahren verbessert werden konnte. Es liegen jedoch wenige Informationen zu Befunden an den Facettengelenken der Halswirbelsäule bei Pferden ohne Rittigkeitsprobleme vor.

In der vorliegenden Studie konnte erstmalig die Halswirbelsäule einer größeren Anzahl ($n = 60$) regelmäßig gearbeiteter, gut rittiger Warmblutpferde klinisch und röntgenologisch untersucht werden. Die klinischen und röntgenologischen Befunde dieser Pferde ohne Rittigkeitsprobleme wurden mit denen von 20 weiteren Pferden, die aufgrund schlechter Rittigkeit oder vorberichtlichen Hinweisen auf eine Erkrankung

im Bereich der Halswirbelsäule vorgestellt wurden, verglichen.

Klinisch fiel auf, dass nur einzelne der gut rittigen Pferde eine Einschränkung der aktiven Beweglichkeit aufwiesen und diese lediglich geringgradig ausgeprägt war. Die Ergebnisse sowohl der klinischen als auch der röntgenologischen Untersuchung der schlecht rittigen Pferde unterschieden sich deutlich von denen der gut rittigen Pferde. So lässt sich vermuten, dass ein Zusammenhang zwischen schlechtem Reitkomfort und den klinischen und röntgenologischen Befunden besteht. Obwohl sich die hier untersuchten Befunde gut und schlecht rittiger Pferde signifikant unterschieden, bleibt eine sichere Zuordnung der Röntgenbefunde als tatsächliche Ursache für die Rittigkeitsprobleme aus folgenden Gründen weiterhin schwierig:

Die eingeschränkte Beweglichkeit des Halses der schlecht rittigen Pferde kann primär sowohl skelettal als auch muskulös bedingt sein. Insbesondere die schlecht rittigen Pferde wiesen durchschnittlich einen höheren Tonus der Halsmuskulatur auf, wofür fehlerhaftes Reiten ursächlich sein kann, ohne dass direkt Veränderungen an den kleinen Wirbelgelenken auftreten.

Pathologisch-anatomische Untersuchungen sind im Rahmen einer wie hier durchgeführten Studie nicht möglich und liegen somit nicht vor. Deshalb können gerade einige der hier erhobenen dezenten Röntgenbefunde zunächst noch keinem pathomorphologischen Substrat zugeordnet werden.

Die Erkenntnisse dieser Arbeit haben dennoch für die Interpretationen des Ausmaßes der Radioluzenz im Bereich des Foramen intervertebrale eine wichtige klinische und auch forensische Bedeutung. Bisher wurde davon ausgegangen, dass eine weitgehende Verschattung des Foramen intervertebrale durch Vergrößerung der Gelenkfacette meistens im Sinne einer Spondylarthrose zu interpretieren ist. Hierzu können aus mehreren Gründen Fehlinterpretationen erfolgen:

Bei tiefer Kopf-Hals-Haltung und nicht ausreichender Qualität der Röntgenaufnahmen, ist eine deutliche Konturkennung der Processus articulares nicht immer zu gewährleisten. Bei tiefer Kopf-Hals-Haltung entsteht durch eine größere Inkongruenz der Gelenkflächen als bei erhobener Kopf-Hals-Haltung eine insgesamt größere Gelenkfacette (Denoix und Pailoux 2000), welche in einer Verschattung des Foramen intervertebrale resultieren kann.

Aber auch bei guter Röntgenqualität kann durch eine nicht vollständig orthograde Darstellung der Wirbelkörper durch Überlagerung eine weitgehende Verschattung des Foramen intervertebrale vorliegen, welche nicht mit einer pathologischen Zunahme der Gelenkfacette verwechselt werden darf.

Während dieser Arbeit stellte sich heraus, dass häufig eine orthograde Darstellung sämtlicher Halswirbel, die mit einer Teilaufnahme der Halswirbelsäule erfasst werden können, nicht möglich war, so dass nicht selten erst nach Korrektur der Position des Halses und/oder der Röntgenanlage eine deckungsgleiche Position der Laminae ventrales des 6. Halswirbels erreicht werden konnte. Dann stellte sich meist ein größerer Anteil des Foramen intervertebrale radioluzent dar als

zuvor. Ist eine vollständig radioluzente Darstellung der Foramina intervertebrale der Halswirbelsäule nicht möglich, bedeutet das nicht zwangsläufig, dass eine pathologische Situation vorliegt. Diese Annahme wurde durch das Fehlen radiologischer Veränderungen auf den zugehörigen Tangentialaufnahmen in vielen Fällen bestärkt. In den tangentialen Darstellungen konnten häufig keine Konturveränderungen der Processus articulares festgestellt werden. Wenn allerdings nicht nur das Foramen intervertebrale zu einem größeren Anteil verschattet, sondern zusätzlich eine wellenförmige Kontur mit dem Verdacht auf eine Vergrößerung des plattennahen Facettengelenks insgesamt oder sogar eine inhomogene Röntgenstruktur im Randbereich eines Processus articularis vorliegt, ist die Wahrscheinlichkeit sehr hoch, dass radiologisch mit Hilfe der Tangentialaufnahmen der Befund einer Spondylarthrose richtig erhoben wird.

Gleichermaßen vorsichtig muss bei der Interpretation der röntgenologischen Darstellung der fokushen Processus articulares in den Tangentialaufnahmen vorgegangen werden. Hierbei können dezente Befunde, wie z. B. eine nicht ganz deutlich erkennbare Kontur der Gelenkfortsätze oder ein geringgradig verdichteter Gelenkspalt (zu 30% bei klinisch unauffälligen Pferden, zu 40% bei klinisch auffälligen Pferden) auftreten, die nicht eindeutig entweder als unbedeutend z. B. projektionsbedingt oder im Sinne einer Formvariante oder als pathologisch im Sinne des Anfangsstadiums einer Arthrose gedeutet werden können. Da diese Unsicherheiten auch bei Röntgenaufnahmen hervorragender Qualität auftreten, werden an dieser Stelle Grenzen der radiologischen Untersuchung der Halswirbelsäule deutlich. Die Ursachen dafür sind einerseits die komplexe Morphologie der Halswirbel mit der Überlagerung einer Vielzahl von Konturen im Röntgenbild und andererseits die Einbettung der Wirbelkörper in die umgebende Muskulatur und die relativ variable Ausrichtung der Halswirbel zueinander in Relation zur Rotationsachse des Halses (Steinbrecht 2004). Die Erfahrungen zeigen, dass eine vollständig gleichartige Ausrichtung der Wirbelkörper in der vertikalen bzw. horizontalen Ebene auch beim gesunden Pferd meistens nicht vorliegt.

Daher sind die in dieser Studie angewendeten Positionen für die Röntgenanlage und -kassette Richtwerte, von denen im Einzelfall abgewichen werden muss, um die ideale Darstellung zu erhalten. Die ideale röntgenologische Darstellung unveränderter Facettengelenke ist erreicht, wenn der Gelenkspalt nicht durch eine Doppelkontur eines der beiden Processus articulares überlagert ist, bzw. Doppelkonturen eindeutig den Gelenkfortsätzen zugeordnet werden können.

Zusammenfassend wurde mit der vorliegenden Studie die Prävalenz der Röntgenbefunde im Bereich der Halswirbelsäule bei klinisch unauffälligen Pferden ohne Rittigkeitsprobleme und mit schlechter Rittigkeit erhoben. Bei schlecht rittigen Pferden wurden deutlich häufiger auffällige Befunde höheren Grades festgestellt als bei gut rittigen. Dennoch waren auch gut rittige Pferde nicht vollständig ohne Befunde. Die klinische Relevanz von Einzelbefunden und die Bedeutung von dezenten Befunden als Artefakt oder unbedeutende morphologische Abweichung vom röntgenologischen „Idealbild“ muss allerdings im Einzelfall speziell im Rahmen einer umfassenden Diagnostik abgeklärt werden. Die erhobenen Daten können zukünftig zur Orientierung für weitere Untersuchungen dienen

und vermitteln einen ersten Eindruck zur röntgenologischen üblichen Beschaffenheit (Adolphsen 2003) der Halswirbelsäule von Warmblutpferden.

Literatur

- Adolphsen J. (2003) Die Kaufuntersuchung nach der Schuldrechtsreform: Teil 1- Neue Aspekte beim Pferdekauf. *Prakt. Tierarzt* 84, 114-119
- Böhm D. und Hebeler W.-G. (1980) Die funktionelle Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule des Pferdes unter Berücksichtigung der spinalen Ataxie. *Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr.* 93, 181-184
- Butler J. A. (2008) Chapter 9: The Spine. In: Butler J. A. (Hrsg.): *Clinical radiology of the horse*. Wiley - Blackwell, Oxford, UK, 3rd Edition, 505-535
- Denoix J.-M. und Pailloux J.-P. (2000) Biomechanik der Wirbelsäule. In: Denoix, J.-M. und Pailloux J.-P. (Hrsg.): *Physiotherapie und Massage bei Pferden*. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart (Hohenheim), 38-51
- Denoix J.-M. und Audigie F. (2005) Imaging techniques for horses with diseases of the central nervous system. In: *Tagungsband zur 16. Tagung über Pferdekrankheiten*, Essen, 36-42
- Dyson S. J. (2003) The Cervical Spine and Soft Tissues of the Neck. In: Ross M. W., Dyson S. J. (Hrsg.): *Diagnosis and Management of Lameness in the horse*. Saunders/ Elsevier, St. Louis, Missouri, 522-531
- Cohrs P. und Messow C. (1969) Gelenke. In: Joest E. (Hrsg.): *Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere*, Band 1. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 3. Auflage, 250- 259
- Gerber H., Fankhauser R., Straub R. und Ueltschi G. (1980) Spinale Ataxie beim Pferd, verursacht durch synoviale Cysten in der Halswirbelsäule. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 122, 95-106
- 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
- Hudson N. P. H. und Mayhew I. G. (2005) Radiographic and myelographic assessment of the equine cervical vertebral column and spinal cord. *Equine vet. Educ.* 17, 34-38
- Markus R., Tipold A., Bilzer T. und Stadler P. (2004) Der Einsatz von Elektromyographie (EMG) und histologischer Untersuchung von Muskelbiopaten zur Diagnostik von neuromuskulären Bewegungsstörungen des Pferdes. In: 18. Arbeitstagung der Fachgruppe „Pferdekrankheiten“ der DVG. DVG Service GmbH, Gießen, 74-79
- Mayhew I. G., De Lahunta A., Whitlock R. H., Krook L. und Tasker J. B. (1978) Spinal cord disease in the horse. *Cornell Vet. Suppl.* 6, 1-207
- Mayhew I. G. (2009) Problem 10: Tetraparesis, paraparesis and ataxia of the limbs: spinal cord diseases. In: Mayhew I. G. (Hrsg.): *Large Animal Neurology*. Wiley- Blackwell, 2nd Edition, 147-153
- Nowak M. und Schüttert B. (2006) Krankheiten der Halswirbelsäule. In: Dietz O., Huskamp B. (Hrsg.): *Handbuch der Pferdepraxis*. Enke Verlag, Stuttgart, 3. Auflage, 812-820
- Nowak M. und Huskamp B. (1989) Über einige spezielle Befunde bei Erkrankungen der Halswirbelsäule des Pferdes. *Pferdeheilkunde* 5, 95-107
- Nout Y. S. und Reed S. M. (2003) Cervical vertebral stenotic myelopathy. *Equine vet. Educ.* 15, 212-223
- Palmer J. L., Bertone A. L., Malesud C. J. und Mansour J. (1996): Biochemical and biomechanical alterations in equine articular cartilage following an experimentally induced synovitis. *Osteoarthritis Cartilage* 4, 127-137
- Papageorges M., Gavin P. G. und Sande R. D. (1987) Radiographic and myelographic examination of the cervical vertebral column in 306 ataxic horses. *Vet. Radiol.* 28, 53-59
- Rantanen N. W., Gavin P. B., Barbee D. B. und Sande R. D. (1981) Ataxia and Paresis in Horses Part II. Radiographic and Myelographic Examination of the Cervical Vertebral Column. *Comp. Cont. Educ.* 3, 161-171
- Rendano V. T. und Quick C. B. (1978) Equine radiology- the cervical spine. *Modern veterinary practice* 59, 921-927
- Ricardi G. und Dyson S. J. (1993) Forelimb lameness associated with radiographic abnormalities of the cervical vertebrae. *Equine vet. J.* 25, 422-426
- Rooney J. R. (1963) Equine Incoordination. I: Gross Morphology. *Cornell. Vet.* 53, 411-422
- Rush B. R. (2006) Developmental Vertebral Anomalies. In: Auer, J. A. und J. A. Stick (Hrsg.): *Equine Surgery*. Saunders/ Elsevier, St. Louis, 3rd Edition, 659-666
- Steinbrecht G. (2004) Systematische Dressur des Pferdes. In: Steinbrecht G. (Hrsg.): *Gymnasium des Pferdes*. FNverlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung GmbH, Warendorf, 86-97
- Studer M. (2005) Vergleich der radiologischen und szintigraphischen Befunde an der Halswirbelsäule des Pferdes und deren klinische Bedeutung- retrospektive Studie. *Vet. Med. Diss. Bern*
- Whitwell K. E. und Dyson S. (1987) Interpreting radiographs 8: Equine cervical vertebrae. *Equine vet. J.* 19, 8-14
- Zeller R., Hertsch B., Wilkens H., Neurand K. und Hartung K. (1975) Die Bezeichnung der Aufnahmerichtungen bei der Röntgenuntersuchung in der Veterinärmedizin. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 82, 22-24

Dr. Ines Lautenschläger
Klinik für Pferde
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
Bischofsholer Damm 15, Haus 118
30173 Hannover
ilautens@gmx.de