

Röntgenologische und magnetresonanztomographische Darstellung und Charakteristik zystoider Defekte im Hufbereich des Pferdes

Nadja Sönnichsen¹, Ina Lorenz¹ und Kerstin Gerlach²

¹ Pferdeklunik Bargteheide

² Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig

Zusammenfassung: Zystoide Defekte gehören zu den immer wieder auftretenden Befunden im Bewegungsapparat des Pferdes mit nicht eindeutig geklärt Ursache. Auch ihre Bedeutung in der Lahmheitsdiagnostik ist schwer zu bestimmen. Die Ziele der vorliegenden Studie waren die Untersuchung der Häufigkeit des Auftretens von zystoiden Defekten im Huf des Pferdes sowie ein Vergleich von röntgenologischen und magnetresonanztomographischen (MRT) Befunden bei lahmen und lahmfreien Pferden. Außerdem sollten die Eigenschaften der verschiedenen zystoiden Defekte in Relation zum klinischen Bild dargestellt werden. In dieser Studie wurden 195 Gliedmaßen von 176 Pferden analysiert. Eingeschlossen wurden Pferde mit röntgenologischem Verdacht auf einen zystoiden Defekt im Hufgelenk oder Strahlbein und solche Pferde, bei denen sich dieser Verdacht bestätigte oder widerlegt wurde. Für die Kontrollgruppe wurden außerdem alle Pferde erfasst, die im Untersuchungszeitraum in dieser Region keine abweichenden Befunde bei Röntgen- und MRT-Untersuchungen aufwiesen. Tatsächliche zystoide Defekte wiesen davon 109 Gliedmaßen von 103 Pferden auf. Dabei wurden 28% im Hufbein und am häufigsten midsagittal, 21% im Kronbein und am häufigsten midsagittal sowie 51% im Strahlbein, am häufigsten am distalen Rand, vorgefunden. Mittels MRT konnten diese vorwiegend der Sehnengleitfläche zugeordnet werden (93%). Die häufigste Form erschien kreisrund (65%) mit sklerotischem Randsaum (94%). Dabei wiesen die zystoiden Defekte im Hufgelenk häufiger Verbindungen zum Gelenk auf (77%) als die des Strahlbeins (14%). Die Größe der zystoiden Defekte im Hufbein wurde röntgenologisch häufiger etwas überschätzt und die im Strahlbein unterschätzt. Zystoide Defekte im Strahlbein traten signifikant häufiger bei älteren Pferden ($p=0,029$) und bei Freizeitpferden ($p=0,02$) auf. Die Übereinstimmung von röntgenologischen und MRT-Befundungen zystoider Defekte im Hufbereich konnte als moderat ($K=0,515$) eingestuft werden. Damit kann eine Sensitivität von 74,1% und eine Spezifität von 77,9% für den röntgenologischen Nachweis von zystoiden Defekten im Bereich der distalen Zehe ermittelt werden. 10% der Pferde mit zystoiden Defekten waren lahmfrei. Die Größe der zystoiden Defekte wies keine Relation zum Lahmheitsgrad auf. 69% der Gliedmaßen mit zystoiden Defekten wiesen bei lahmen Pferden eine Bursitis auf. Das Vorhandensein einer Bursitis, Hufgelenkfüllung und TBS-Läsion führte zu einer stärkeren Lahmheit. Wohingegen der Grad der Sklerose keine Auswirkung auf den Lahmheitsgrad zu haben scheint. Insgesamt lässt sich feststellen, dass zystoide Defekte im Strahlbein häufiger auftreten als in anderen Knochen des Hufes. Die Pferde sind beim Auftreten dieser zystoiden Defekte deutlich älter. Zusammenhänge zwischen Lahmheit und Eigenschaften der zystoiden Defekte bestanden nicht, während Alter und Verwendungszweck Zusammenhänge aufwiesen.

Schlüsselwörter: Zystoider Defekt, Huf, Strahlbein, Hufgelenk, MRT, Lahmheit

Radiographic and magnetic resonance imaging evaluation and characteristics of osseous cyst-like lesions in the equine hoof

Osseous cyst-like lesions belong to the recurrent findings in the locomotor system of the horse. Their cause is still not clearly understood. Their significance in the diagnosis of lameness is also difficult to determine. The objectives of the present study were to investigate the frequency of occurrence of osseous cyst-like lesions in the equine hoof and to compare radiographic and magnetic resonance imaging findings. In addition, the characteristics of the different osseous cyst-like lesions should be presented in relation to the clinical symptoms. In this study, 195 limbs of 176 horses were analyzed. Horses with radiographic suspicion of an osseous cyst-like lesion in the coffin joint or navicular bone were included and those horses in which this was confirmed or refuted. For the control group, all horses in the period that did not show any deviating findings in radiographic and MRI examinations were also recorded. Actual osseous cyst-like lesions were present in 109 limbs of 103 horses. Group 1 included 71 limbs of 68 lame horses with osseous cyst-like lesions in the coffin bone, middle phalanx or navicular bone that had positive anesthesia. Group 2 included 27 limbs of 26 horses with osseous cyst-like lesions that did not receive anesthesia. Group 3, which included 11 limbs from 11 horses, included sound horses with osseous cyst-like lesions in the coffin bone, middle phalanx or navicular bone. Of these 11 horses, 2 horses were already included in group 1 with a lame limb. Group 4, which included horses that had a suspected osseous cyst-like lesion on radiography that was not confirmed on MRI, included 19 limbs from 18 horses. In group 5, the control group without osseous cyst-like lesions and other findings in radiographic and MRI examination, 67 limbs of 55 horses were included. The age of the horses with osseous cyst-like lesions ranged from 1 to 22 years and was normally distributed ($p=0.175$). The majority of the patients were Warmbloods with 86 horses (82%). 12 patients (12%) belonged to Western horses, under which Paint Horses and Quarter Horses were grouped. For sport, 38 horses (37%) of the patient stock were used. For recreational use, there were 54 horses (52%). Of 109 osseous cyst-like lesions, 104 (95%) occurred on the forelimbs. The left forelimb was affected in 46% (49 horses) and the right forelimb in 49% (52 horses) of the patients. 28% of the osseous cyst-like lesions were found in the coffin bone and most commonly midsagittally, 21% in the middle phalanx and most commonly midsagittally, and 51% in the navicular bone, most commonly at the distal border. By MRI, these could be assigned predominantly to the flexor cortex (93%). The most common form appeared circular (65%) with a sclerotic rim (94%). Among these, the osseous cyst-like lesions in the coffin joint had more frequent communications with the joint (77%) than those of the navicular bone (14%). The size of osseous cyst-like lesions in the coffin bone was often somewhat overestimated radiographically and those in the navicular bone underestimated. Osseous cyst-like lesions in the navicular bone were significantly more common in older horses ($p=0.029$) and in pleasure horses ($p=0.02$). The agreement of radiographic and MRI findings of osseous cyst-like lesions in the coffin bone could be classified as moderate ($K=0.515$). Thus, a sensitivity of 74.1% and a specificity of 77.9% can be determined for radiographic detection of osseous cyst-like lesions in the distal toe. 10% of horses with osseous cyst-like lesions were sound. 24% of the limbs with positive

anesthesia had findings other than the osseous cyst-like lesion in the distal limb, so these were also omitted from the assessment of lameness severity because it could not be ruled out that the lameness was due to other findings. Lameness caused by the osseous cyst-like lesion was found in 52 limbs. The degree of lameness varied from grade 1 to grade 4. The size of osseous cyst-like lesion did not show any relation to the degree of lameness. 69% of the limbs with osseous cyst-like lesions showed bursitis in lame horses. The presence of bursitis, coffin joint filling, and deep digital flexor tendon lesion resulted in more severe lameness. Whereas the degree of sclerosis did not seem to have an effect on the degree of lameness. Overall, it can be concluded that osseous cyst-like lesions occur more frequently in the navicular bone than in other bones of the hoof. The horses are significantly older when these osseous cyst-like lesions occur. There were no correlations between lameness and characteristics of the osseous cyst-like lesions, while age and use showed correlations.

Keywords: osseous cyst-like lesion, hoof, navicular bone, coffin joint, MRI, lameness

Zitation: Sönnichsen N., Lorenz I., Gerlach K. (2023) Röntgenologische und magnetresonanztomographische Darstellung und Charakteristik zystoider Defekte im Hufbereich des Pferdes. *Pferdeheilkunde* 39, 300–311; DOI 10.21836/PEM20230401

Korrespondenz: Nadja Sönnichsen, Pferdeklinik Bargteheide, Alte Landstraße 104, 22941 Bargteheide, n.soennichsen@pferdeklinik-bargteheide.de

Eingereicht: 15. Februar 2023 | **Angenommen:** 4. Juni 2023

Einleitung

Erkrankungen an der distalen Gliedmaße des Pferdes sind neben Koliken und Atemwegserkrankungen der häufigste Grund für die tierärztliche Betreuung beim Pferd (Grosche 2000). Zystoide Defekte, auch subchondrale Knochenzysten genannt, gehören zu den immer wieder auftretenden Befunden im Bewegungsapparat des Pferdes, deren Ursache bis heute nicht eindeutig geklärt ist (Auer et al. 2001, Goodrich und McIlwraith 2008, Jeffcott et al. 1983, Ray et al. 1996). Sie kommen in verschiedenen Bereichen der Gliedmaßen zu unterschiedlichen Häufigkeiten vor (von Rechenberg et al. 1998). In der Zehe des Pferdes treten sie am häufigsten im Hufgelenk und im Strahlbein auf (Haack und Baez 1988).

Zystoide Defekte sind potentiell lahmheitsverursachend, sie können aber auch ohne jegliche klinische Symptomatik als Zufallsbefund identifiziert werden (Bonilla 2019, Zierz et al. 2000). Wirtschaftlich gesehen hat es jedoch eine Bedeutung, wenn ein lahmfreies Pferd aufgrund eines Röntgenbefundes nicht oder nur mit Einschränkungen vermarktet ist (Fuhrmann 2015, Markert 2016).

Zum Teil werden zystoide Defekte schon auf dem Röntgenbild diagnostiziert. Einige lassen sich jedoch erst im Magnetresonanztomographen (MRT) oder in der Computertomographie (CT) eindeutig identifizieren (Mair und Sherlock 2008, Schön et al. 2017).

Das Ziel der vorliegenden Studie war die Untersuchung der Morphologie von zystoiden Defekten im Hufbereich des Pferdes sowie der Vergleich von röntgenologisch und kernspintomographisch diagnostizierten zystoiden Defekten. Außerdem sollten die Befunde der kernspintomographischen Untersuchung in Relation zum klinischen Bild dargestellt werden.

Material und Methoden

Es handelt sich um eine retrospektive Studie in der Pferdeklinik Bargteheide. Alle Pferde im Zeitraum von Januar 2014

bis August 2020 wurden involviert, bei denen der Verdacht auf zystoide Defekte im proximalen Huf-, distalen Kron- oder Strahlbein erhoben wurde und bei denen eine Röntgen- und MRT-Untersuchung des Hufes durchgeführt wurde.

Für die Kontrollgruppe wurden zusätzlich alle Pferde in dem Zeitraum erfasst, welche keine abweichenden Befunde in Röntgen- und MRT-Untersuchungen aufwiesen.

Die Zuordnung der Pferde zu den Gruppen erfolgte über die Erstbefundung erfahrener Tierärzte/-innen der Pferdeklinik. Danach wurden alle Röntgen- und MRT-Bilder erneut nach definierten Kriterien von der Autorin im Konsens mit einer erfahrenen Untersucherin (IL) bewertet.

Die Pferde wurden in folgende Gruppen eingeteilt (Tab. 1): In Gruppe 1 wurden alle lahmen Pferde erfasst, die einen zystoiden Defekt in der Röntgen- und/oder MRT-Untersuchung aufwiesen. In Gruppe 2 wurden alle lahmfreien Pferde erfasst, die einen zystoiden Defekt in der Röntgen- und/oder MRT-Untersuchung aufwiesen. Gruppe 3 waren alle lahmen und lahmfreien Pferde zugeordnet, die einen Verdacht auf zystoiden Defekt in der Röntgenuntersuchung aufwiesen, der sich mittels MRT nicht bestätigte. In Gruppe 4 wurden alle lahmen und lahmfreien Pferde erfasst, die einen zystoiden Defekt in der MRT-Untersuchung aufwiesen. Die Gruppe 5, welche als Kontrollgruppe diente, beinhaltete lahme und lahmfreie Pferde ohne jeglichen abweichenden Befund in Röntgen- und MRT-Untersuchung des Hufes.

Die Röntgenuntersuchungen wurden mit dem stationären Röntgengerät der Firma SIEMENS Polydoros SX80 (Siemens Healthineers, Erlangen, Deutschland) durchgeführt. Als aufzeichnendes System wurde die Detektorplatte CXDI-801C Wireless (Canon Medical Systems Europe, Neuss, Deutschland, Auflösung: 125 Mikrons) verwendet. Ausnahme stellten Röntgenbilder von Pferden dar, welche bereits aus den überweisenden Kliniken und Praxen vorlagen.

Die MRT-Untersuchung wurde mit dem Magnetresonanztomographen „Hallmarq Veterinarian Limb Scanner“ der Firma

Hallmarq, Unit 1K Merrow Business Centre, Guildford, Surrey, GU 4 7 WA, United Kingdom durchgeführt.

Die Untersuchung erfolgte nach einem klinikinternen Protokoll, welches sagittale, transversale und frontale T1-gewichtete (GRE) (T1w), T2-gewichtete (FSE und GRE*) (T2w und T2*w) und STIR-gewichtete Sequenzen beinhaltet und einheitlich für jede Hufuntersuchung durchgeführt wurde.

Ausgewertet wurde im DICOM-Format mit der Software easyIMAGE (Version 16 8.0.0.16 R8, EasyVet, Isernhagen, Deutschland).

Signalement, Geschlecht, Alter, Rasse und Nutzungsform wurden erfasst. Die Nutzungsform als Sportpferd wurde über die Deutsche Reiterliche Vereinigung und die Fédération Equestre International-Datenbank geprüft. Für die Westernpferde wurde die erbrachte Leistung über die American Quarter Horse Association und die American Paint Horse Association geprüft. Das Pferd galt als Sportpferd, sofern es in dem Zeitraum von einem Jahr vor bis einem Jahr nach dem Untersuchungszeitpunkt auf einem Turnier gestartet ist. Dementsprechend wurden die Pferde in Sportpferde, Freizeitpferde sowie der Kategorie „andere“ (Rennpferde, Zuchtpferde und Pferde im Alter von bis zu zwei Jahren, die zum Zeitpunkt der Untersuchung noch nicht reitlich nutzbar waren) zugeordnet.

Die Daten der klinischen Untersuchung stammen aus demselben Untersuchungsintervall wie die röntgenologische und kernspintomographische Untersuchung.

Der Lahmheitsgrad wurde anhand der klinischen Lahmheitsuntersuchung festgestellt und nach dem von der American Association of Equine Practitioners (AAEP) vorgeschlagenen System eingeteilt. Die Lahmheitsuntersuchung fand im Schritt und im Trab auf der Geraden sowie auf dem Zirkel auf hartem und auf weichem Boden statt.

Die Pferde wurden entsprechend dem Zeitraum von Beginn der Lahmheit bis zum Zeitpunkt der Lahmheitsuntersuchung in drei Kategorien aufgeteilt. Pferde, die in einem Zeitraum von 0 bis 4 Wochen nach dem Auftreten der Lahmheit vorgestellt wurden, wurden in Kategorie 1 erfasst. Kategorie 2 beinhaltete Pferde mit einer Lahmheitsdauer von 4 Wochen bis 1 Jahr. Kategorie 3 erfasste dementsprechend alle Pferde, die 1 Jahr oder länger nach Lahmheitsbeginn vorgestellt wurden.

Bei lahmen Pferden wurden diagnostische Anästhesien durchgeführt. Dabei waren die Ergebnisse der entsprechenden Anästhesie (TPA, Hufgelenkanästhesie und/oder MPA) positiv oder negativ. Als positiv wurde die Anästhesie bezeichnet, sobald eine 80%ige Besserung der Lahmheit ersichtlich war. Weiterhin wurden diejenigen Pferde ausgewählt, bei denen keine Anästhesien durchgeführt werden konnten. Diese Pferde wurden nicht für die Beurteilung von Lahmheitsgrad und -dauer verwendet, aber bei der Bewertung von allen anderen Parametern.

Für jeden zystoiden Defekt, der röntgenologisch oder mittels MRT festgestellt wurde, wurde erhoben, welche der vier Gliedmaßen und in welchem Knochen (Hufbein, Kronbein oder Strahlbein) er lokalisiert war. Die genaue Lokalisation und Größe wurden gemessen. Dabei erfolgte die Beurteilung und Vermessung über die Software easyIMAGE (Version 16 8.0.0.16 R8, EasyVet, Isernhagen, Deutschland).

Die Sedation erfolgte mit Acepromazin (Tranquisol®, 0,05–0,1 mg/kg KW i.v., CP-Pharma, Burgdorf, Deutschland), Detomidin (Detogesic®, 0,02–0,04 mg/kg KW i.v., Zoetis, Parsippany, New Jersey, USA) und Romifidin (Sedivet®, 0,04–0,08 mg/kg KW i.v., Boehringer Ingelheim Vetmedica, Ingelheim am Rhein, Deutschland) jeweils in der Anwendung als Monopräparat oder in Kombination.

Beurteilung der Röntgenbilder

Die Beurteilung der Röntgenbilder wurde verblindet subjektiv im Konsens (NAS, IL) anhand der Kriterien Lokalisation, Form, Abgrenzung und andere abweichende Befunde bewertet. Es lag dafür die Hufrollenaufnahme nach Oxspring vor.

Die genaue Lokalisation des zystoiden Defekts wurde, angelehnt an die Studie von Schön et al. (2017), anhand von zwei Variablen analysiert. In Lokalisation 1 wurde zwischen medial, lateral und midsagittal befindlichen zystoiden Defekten unterschieden, sofern es sich um einen zystoiden Defekt in Hufbein oder Kronbein handelte. Bei zystoiden Defekten im Strahlbein wurde hier die distale, zentrale oder proximale Lokalisation erfasst.

Die Abgrenzung des zystoiden Defekts in Form eines sklerotischen Randsaums wurde subjektiv anhand der röntgenolo-

Tab. 1 Übersicht der untersuchten Gliedmaßen von Pferden unterteilt in fünf Gruppen mit Gruppenbeschreibung. | Overview of the examined limbs of horses divided into five groups with group description.

Gruppe	Beschreibung	Anzahl
1	alle lahmen Pferde, die einen zystoiden Defekt in der Röntgen- und/oder MRT-Untersuchung aufwiesen	98 Gliedmaßen von 94 Pferden
2	alle lahmfreien Pferde erfasst, die einen zystoiden Defekt in der Röntgen- und/oder MRT-Untersuchung aufwiesen	11 Gliedmaßen von 11 Pferden
3	alle lahmen und lahmfreien Pferde zugeordnet, die einen Verdacht auf zystoiden Defekt in der Röntgenuntersuchung aufwiesen, der sich mittels MRT nicht bestätigte	19 Gliedmaßen von 18 Pferden
4	alle lahmen und lahmfreien Pferde erfasst, die einen zystoiden Defekt in der MRT-Untersuchung aufwiesen (aus Gruppe 1 und 2)	50 Gliedmaßen von 48 Pferden
5	lahme und lahmfreie Pferde ohne jeglichen abweichenden Befund in Röntgen- und MRT-Untersuchung des Hufes (Kontrollgruppe)	67 Gliedmaßen von 55 Pferden

gischen und/oder magnetresonanztomographischen Bilder beurteilt und binär in vorhanden und nicht vorhanden klassifiziert (Peter et al. 2018).

Die Form des zystoiden Defekts wurde ebenso subjektiv beurteilt und in die Gruppen zirkulär, kuppelartig, ellipsoid und formlos eingeteilt (Schön et al. 2017).

MRT-Bilder

Die MRT-Bilder wurden anhand derselben subjektiven Kriterien wie für das Röntgen in allen durchgeführten Ebenen ausgewertet. Zusätzlich wurde das Vorhandensein einer Gelenkverbindung bewertet.

Folgende Kriterien wurden verwendet

Die Beurteilung der Variable Lokalisation 1 wurde analog zur röntgenologischen Befundung durchgeführt. Zusätzlich wurde in der MRT-Untersuchung eine Beurteilung der dorso-palmaren Ausrichtung des zystoiden Defektes vorgenommen, welche in Lokalisation 2 erfasst wurde. Sie wurde unterteilt in dorsal, zentral oder palmar im Falle eines zystoiden Defekts in Huf- oder Kronbein. Die zystoiden Defekte im Strahlbein wurden in ihre Lokalisation zum Hufgelenk oder zur Beuge-sehnengleitfläche hin eingeteilt.

Die Beurteilung von Abgrenzung und Form des zystoiden Defekts wurden analog zur röntgenologischen Befundung durchgeführt.

Über die Gelenkverbindung konnte ausschließlich in den MRT-Bildern eine Aussage getroffen werden. Die Einteilung erfolgte in vorhanden und nicht vorhanden.

Eine erweiterte Beurteilung der MRT-Bilder wurde bei den Bildern der Gruppe 4 durchgeführt. Zu den oben genannten Variablen wurde hier zusätzlich eine Aussage über das Vorhandensein einer ödemähnlichen Knochenveränderung und eines Fett-Wasser-Verschiebungsartefaktes in dem betroffenen Knochen erfasst. Es wurde das Vorhandensein einer Läsion in der tiefen Beugesehne überprüft, welche in Abhängigkeit von ihrer Lokalisation (auf Höhe der Facies flexoria des Strahlbeins oder außerhalb der Facies flexoria) befundet wurde. Die Einteilung erfolgte binär in vorhanden und nicht vorhanden. Die Abgrenzung in Form des sklerotischen Randsaums wurde in dieser Gruppe genauer klassifiziert und in nicht vorhanden, geringgradig, mittelgradig oder hochgradig vorhanden eingeteilt. Dieselbe Beurteilung erfolgte für den Füllungsstatus des Hufgelenkes sowie für die Füllung der Bursa podotrochlearis der betroffenen Gliedmaßen.

Quantitative Beurteilung der Röntgenbilder

Um die zystoiden Defekte hinsichtlich ihrer Größe vergleichen zu können, wurden angelehnt an die Studie von Jackson et al. (2008) entsprechende Messungen durchgeführt.

Die Vermessung der Röntgenaufnahmen erfolgte in zwei Ebenen in den Aufnahmen nach Oxspring. Es wurden die

maximale Höhe und Breite des zystoiden Defekts sowie die maximale Breite des Knochens gemessen und ins Verhältnis zueinander gesetzt (Abb. 1). Die verwendete Formel nach Jackson et al. (2008) lautete:

$$G = \frac{\text{Länge} + \text{Breite (max. Durchmesser des zystoiden Defekts)}}{\text{Durchmesser des Knochens (max. Breite)}}$$

Für die Vermessung der MR-Bilder wurde im sagittalen Schnitt der T2*w GRE-Sequenz die Höhe und Tiefe des zystoiden Defekts gemessen (Abb. 2). Für die Breite wurde in der frontalen T2*w GRE-Sequenz in Huf- oder Kronbein vermessen. Das Strahlbein und seine entsprechenden zystoiden Defekte wurden in der transversalen T2*w GRE-Sequenz gemessen, da diese Ebene das Strahlbein optimal anschnidet. Die Formel von Jackson et al. (2008) wurde dementsprechend angepasst und lautete:

$$G = \frac{\text{Länge} + \text{Breite} + \text{Tiefe (max. Durchmesser des zystoiden Defekts)}}{\text{Durchmesser des Knochens (max. Breite)}} \times \frac{2}{3}$$

Die röntgenologisch und kernspintomographisch gemessenen zystoiden Defekte wurden daraufhin ihrer Größe (G) nach in drei Klassen eingeteilt (Tab. 2).

Auswertung der Kontrollgruppe

Die Pferde, welche keine von der Norm abweichenden Befunde aufwiesen, bildeten die Gruppe 5. Es handelte sich dabei um Pferde aus Kaufuntersuchungen oder kontralateralen Gliedmaßen. Die Gliedmaßen wurden dann als physiologisch bewertet, wenn sie sowohl auf der Oxspringaufnahme als auch in der kernspintomographischen Untersuchung keine abweichenden Befunde aufwiesen. Röntgenologisch wurde eine durchgehend gleichmäßige Röntgendichte in Kompakta und Spongiosa als physiologisch bezeichnet. Die Gelenkflächen des Huf- und Kronbeins waren glatt, röntgendicht und kongruent mit genügend Abstand im Gelenkspalt. Die MRT-Sequenzen wiesen ein gleichmäßiges, niedriges Signal ohne abweichende Signalintensitäten auf.

Statistische Auswertung

Bei den Daten der Pferde handelte es sich teils um qualitative, teils um quantitative Merkmale, die mittels deskriptiver und schließender Statistik retrospektiv erneut ausgewertet wurden.

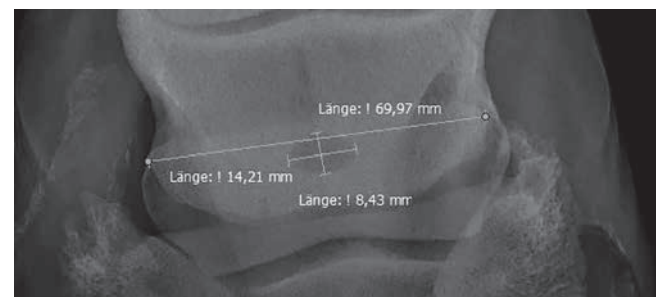


Abb. 1 Röntgenbild eines Strahlbeins nach Oxspring mit einer ovalen Aufhellung. Die gemessene Größe des zystoiden Defekts wird in Relation zum Knochendurchmesser (Röntgen) durch Messung der maximalen Höhe und Breite ermittelt. | Radiograph of the navicular bone according to Oxspring showing an oval radiolucency. The measured size of the osseous cyst-like lesion is determined in relation to the bone diameter (X-ray) by measuring the maximum height and width.

Alle Daten wurden in Excel-Tabellen aufgezeichnet. Die statistische Auswertung erfolgte mittels der Statistik-Software IBM SPSS Statistics 28 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Für die deskriptive Statistik wurden absolute und relative Häufigkeitsverteilungen und Grafiken erstellt.

Mittels Chi-Quadrat-Tests wurden Zusammenhänge zwischen den kategorischen Merkmalen geprüft. Das Signifikanzniveau war bei $p < 0,05$ gesetzt.

Anhand einer Vierfeldertafel wurden Sensitivität und Spezifität errechnet sowie positiver und negativer prädiktiver Wert. Mittels Cohens Kappa Test wurde das Maß der Übereinstimmung der Testverfahren Röntgen und MRT überprüft.

Die metrischen Variablen der Größenberechnung wurden mithilfe des Shapiro-Wilk-Tests auf Vorliegen der Normalverteilung geprüft. Für die Prüfung auf Vorliegen der Normalverteilung mit dem Shapiro-Wilk-Test wurde die im Internet frei verfügbare Software Past benutzt (Past Version 4.10, National History Museum, University of Oslo, Norwegen).

Ergebnisse

Insgesamt wurden 195 Gliedmaßen von 176 Pferden eingeschlossen. Tatsächliche zystoide Defekte wiesen davon 109 Gliedmaßen von 103 Pferden auf, welche in Gruppe 1–2 summiert wurden. In Gruppe 1 befanden sich 98 Gliedmaßen von 94 lahmen Pferden mit zystoiden Defekten in Huf-, Kron- oder Strahlbein. Gruppe 2, welche 11 Gliedmaßen von 11 Pferden aufwies, umfasste lahmfreie Pferde mit zystoiden Defekten in Huf-, Kron- oder Strahlbein. Von diesen 11 Pferden waren 2 Pferde bereits in Gruppe 1 mit einer lahmen Gliedmaße erfasst. In Gruppe 3, welcher Pferde zugeordnet waren die einen Verdacht auf zystoiden Defekt in der Röntgenuntersuchung aufwiesen, der sich im MRT nicht bestätigte, wa-

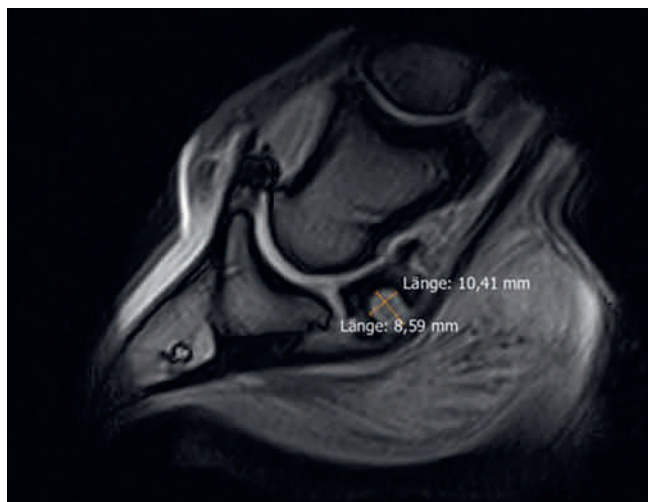


Abb. 2 Sagittales MRT-Bild eines Hufes in T2*-gewichteter GRE (Gradientenecho) Sequenz: Messung der maximalen Höhe und Tiefe des zystoiden Defekts im Strahlbein. | *Sagittal MRI image of the hoof in T2*-weighted GRE (gradient echo) sequence: measuring the maximum height and depth of the osseous cyst-like lesion in the navicular bone.*

ren 19 Gliedmaßen von 18 Pferden eingeschlossen. Gruppe 4 erfasste 50 lahme Gliedmaßen und lahmfreie Gliedmaßen von 48 Pferden (aus Gruppe 1 und 2), die einen zystoiden Defekt in der MRT-Untersuchung aufwiesen.

In Gruppe 5, der Kontrollgruppe ohne zystoide Defekte und andere Befunde in Röntgen- und MRT-Untersuchung, konnten 67 Gliedmaßen von 55 Pferden erfasst werden (Tab. 1).

Populationsübersicht, Zystenmorphologie

Das Alter der Pferde mit zystoiden Defekten lag zwischen 1 und 22 Jahren ($p = 0,175$). Die meisten Pferde gehörten den Altersgruppen zwischen 8 und 10 Jahren an (25 Pferde, 24%) und 11–14 Jahren (31 Pferde, 30%) an. 41 von 103 Pferden (40%) waren weiblichen und 62 Pferde (60%) waren männlichen Geschlechts.

Der Großteil der Patienten war mit 86 Pferden (82%) Warmblüter. 12 Patienten (12%) waren den Westernpferden zugehörig, unter denen Paint Horses und Quarter Horses zusammengefasst wurden. Des Weiteren hatten ein Pony, ein Vollblut und ein Traber einen zystoiden Befund.

Sportlich genutzt wurden 38 Pferde (37%) des Patientenguts. Für den Freizeitbereich waren es 54 Pferde (52%). Acht Pferde (8%) wurden einer Gruppe bestehend aus Fohlen, ein- und zweijährigen Pferden zugeordnet, die zu jung für eine reiterliche Nutzung waren. Ein Pferd (1%) wurde für Rennen genutzt und zwei Pferde (2%) ausschließlich für die Zucht.

Von 109 zystoiden Defekten traten 104 (95%) an den Vordergliedmaßen auf. Der linke Vorderhuf war bei 46% (49 Pferden), der rechte Vorderhuf bei 49% (52 Pferden) der Patienten betroffen. Davon waren bei drei Pferden beide Vorderhufe betroffen. Bei weiteren drei Pferden traten zwei zystoide Defekte an demselben Vorderbein auf. Nur fünf Pferde (5%) wiesen zystoide Defekte an den Hinterhufen auf. Davon wurden drei zystoide Defekte hinten rechts und zwei hinten links diagnostiziert.

Dabei wurden 28% ($n = 30$) im Hufbein und am häufigsten midsagittal ($n = 28$, 93%) (Abb. 3 und 4), 21% ($n = 23$) im Kronbein und am häufigsten midsagittal ($n = 17$, 74%) sowie 51% ($n = 56$) im Strahlbein, am häufigsten am distalen Rand ($n = 34$, 61%), vorgefunden. Mittels MRT konnten diese vorwiegend der Sehnengleitfläche zugeordnet werden ($n = 26$, 93%) (Tab. 3 und 4).

Tab. 2 Einteilung der gemessenen zystoiden Defekte in Huf-, Kron- und Strahlbein anhand ihrer Größe (G): Addition von Länge und Breite (und Tiefe) des zystoiden Defekts (multipliziert mit zwei Dritteln) dividiert durch die maximale Breite des jeweiligen Knochens. | *Classification of measured osseous cyst-like lesions in the coffin bone, middle phalanx and navicular bone based on their size (G): Addition of length and width (and depth) of the osseous cyst-like lesion (multiplied by two thirds) divided by the maximum width of the respective bone.*

Bezeichnung des zystoiden Defektes	Relative Größe des zystoiden Defektes
kleiner zystoider Defekt	$G < 0,15$
mittelgroßer zystoider Defekt	$G = 0,15-0,3$
großer zystoider Defekt	$G > 0,3$

Die häufigste Form erschien kreisrund (n = 71, 65%) mit sklerotischem Randsaum (n = 102, 94%). Ellipsoid geformt waren 17% (n = 18). Zehn zystoide Defekte (9%) waren kuppelartig. Diese waren bis auf einen zystoide Defekt im Hufbein ausschließlich im Kronbein lokalisiert. Zehn (9%) waren irregulärer Form.

Es bestanden im Hufgelenk häufiger Verbindungen zum Gelenkspalt (n = 23, 77%) als im Strahlbein (n = 4, 14%).

Die Größe der zystoiden Defekte wurde zunächst röntgenologisch beurteilt. Von 51 röntgenologisch diagnostizierten zystoiden Defekten stellten sich 7 (14%) klein dar, 36 (71%) waren mittelgroß und 8 (16%) groß (Tab. 3). Im MR-Bild erwiesen sich 17 (29%) von 58 kernspintomographisch diagnostizierten zystoiden Defekten als klein, 29 (50%) als mittelgroß und 12 (21%) als groß (Tab. 4).



Abb. 3 Röntgenbild eines zystoiden Defekts midsagittal im Hufbein in der Oxspringaufnahme. | Radiographic image of an osseous cyst-like lesion midsagittal in the coffin bone in the oxspring image.



Abb. 4 Frontale MRT-Abbildung eines zystoiden Defekts midsagittal im Hufbein in T2*-gewichteter GRE (Gradientenecho)-Sequenz. | Frontal MRI image of an osseous cyst-like lesion midsagittal in the coffin bone in T2*-weighted GRE (gradient echo) sequence.

Abb. 5 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Alter der Pferde und dem Vorkommen von zystoiden Defekten in den unterschiedlichen Knochen. Sie zeigten im Hufbein ein vermehrtes Auftreten zwischen 5–7 Jahren (11 von 30 Zysten) und 11–14 Jahren (8 von 30 zystoide Defekten). Zystoide Defekte im Kronbein traten vermehrt in den ersten vier Lebensjahren (6 von 23 zystoide Defekte) und zwischen 11 und 14 Jahren (7 von 23 zystoide Defekte) auf. Bei den zystoiden Defekten im Strahlbein zeigte sich ein hohes Aufkommen im Alter von 8–14 Jahren (40 von 55 Pferden). Zystoide Defekte im Strahlbein treten signifikant häufiger bei älteren Pferden (p = 0,029) und bei Freizeitpferden (p = 0,02) auf.

Anhand einer Vierfeldertafel (Tab. 5) wurde die Methode der Röntgenuntersuchung mit der MRT als Goldstandard geprüft (Biggi und Dyson 2011).

Röntgenologisch verdächtig waren 19 zystoide Defekte von 18 Pferden, die sich nicht im MRT bestätigten. 15 zystoide Defekte von 14 Pferden konnten im MRT nachgewiesen werden und waren röntgenologisch nicht sichtbar (Tab. 5). Damit

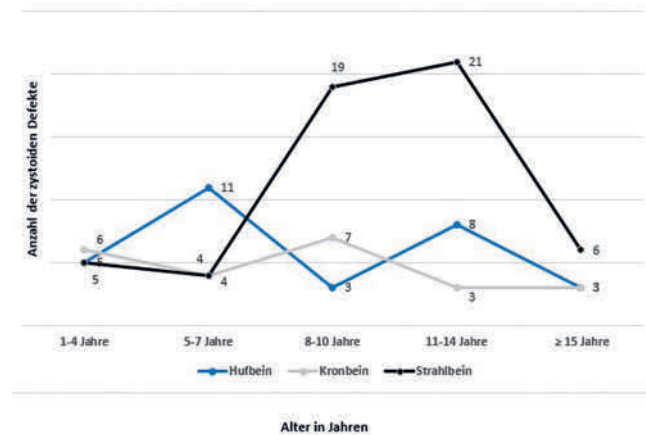


Abb. 5 Diagramm zur Darstellung der Korrelation vom Alter der Pferde und Vorkommen der zystoiden Defekte im Huf-, Kron- und Strahlbein – diagnostiziert mittels Röntgenuntersuchung und Magnetresonanztomographie (MRT) (n = 108; p = 0,029). | Diagram showing correlation of age of horses and incidence of osseous cyst-like lesions in coffin bone, middle phalanx and navicular bone diagnosed by X-ray examination and magnetic resonance imaging (MRI) (n = 108; p = 0.029).

Tab. 3 Tabelle der Häufigkeitsverteilung der zystoiden Defekte in Huf-, Kron- und Strahlbein nach Lokalisation und Größe der röntgenologisch diagnostizierten zystoiden Defekte. | Table of frequency distribution of osseous cyst-like lesions in coffin bone, coronet bone and navicular bone according to location and size of osseous cyst-like lesion, X-ray only.

Zystoider Defekt	Lokalisation	Größe
Hufbein	midsagittal 14	klein 3
	medial 0	mittel 8
	lateral 0	groß 3
Kronbein	midsagittal 7	klein 1
	medial 1	mittel 7
	lateral 1	groß 1
Strahlbein	distal 11	klein 3
	proximal 2	mittel 21
	zentral 15	groß 4

kann eine Sensitivität von 74,1% für den röntgenologischen Nachweis von zystoiden Defekten im Bereich der distalen Zehe ermittelt werden. Die Spezifität liegt etwas höher bei 77,9%. Der positive prädiktive Wert liegt bei 69,4%, der negative prädiktive Wert bei 81,7%. Mittels Cohens-Kappa-Test wurde das Maß der Übereinstimmung beider Testverfahren bestimmt. Der Kappa-Wert betrug $\kappa = 0,515$ und konnte als moderat eingestuft werden.

Vorkommen von Lahmheit bei Pferden mit zystoiden Defekten

Von 109 Gliedmaßen (103 Pferden) mit zystoiden Defekten waren insgesamt elf Gliedmaßen von elf Pferden (10%) lahmfrei. Eine Lahmheit konnte bei 93 Gliedmaßen (85%) von 89 Pferden mit zystoiden Defekten festgestellt werden. Bei fünf Gliedmaßen (5%) von fünf Pferden fehlte die Angabe zum Lahmheitsgrad. Ein Pferd zeigte eine Lahmheit auf zwei Gliedmaßen. Zwei Pferde wiesen nur auf einem Bein eine Lahmheit auf, obwohl sie auf zwei Beinen einen zystoiden Befund hatten.

Von 68 Gliedmaßen mit positiver Leitungsanästhesie wurden bei 16 Gliedmaßen von 14 Pferden noch andere Befunde außer des zystoiden Defekts im Bereich der distalen Gliedmaße festgestellt, sodass diese bei der Beurteilung des Lahmheitsgrades ebenso entfielen, da nicht ausgeschlossen werden konnte, dass die Lahmheit durch andere Befunde bedingt wurde.

Eine durch den zystoiden Defekt verursachte Lahmheit konnte bei 52 Gliedmaßen festgestellt werden. Es führten 83% (15 von 18) der zystoiden Defekte im Hufbein, 75% (9 von 12) im Kronbein und 88% (28 von 32) im Strahlbein zu einer Lahmheit.

Die Lahmheitsdauer betrug bei den meisten Pferden zwischen einem Monat und einem Jahr ($n = 30$, 68%). Neun Pferde (20%) waren weniger als einen Monat lahm. Nur bei fünf Pferden (11%) konnte eine Lahmheitsdauer von länger als einem Jahr festgestellt werden. Bei acht Pferden fehlte die Angabe zur Lahmheitsdauer. Abb. 6 zeigt die Verteilung der Lahmheitsgrade. Die einfaktorielle Varianzanalyse (AN-

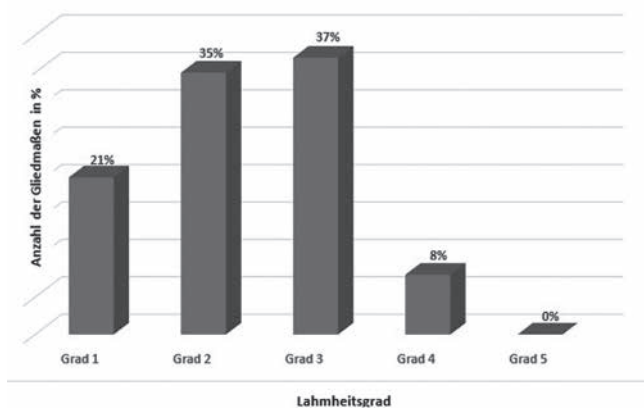


Abb. 6 Diagramm der Häufigkeitsverteilung der Lahmheitsgrade bei Pferden mit zystoiden Defekten aller drei Knochen im Huf ($n = 52$). | *Diagram of frequency distribution of degrees of lameness in horses with osseous cyst-like lesions of all three bones in the hoof ($n = 52$).*

OVA) hat ergeben, dass es weder in der Röntgendiagnostik ($p = 0,60$) noch in der kernspintomographischen Untersuchung ($p = 0,82$) einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Kategorien der Größe der zystoiden Defekte in Bezug auf den Lahmheitsgrad gibt.

Ergebnisse der MRT-Untersuchung bei Pferden mit zystoiden Defekten

Eine interessante Gruppe stellten die Pferde mit einem zystoiden Defekt und einer auf den Huf lokalisierten Lahmheit dar, die kernspintomographisch untersucht worden sind im Vergleich zu den Pferden, welche keine Lahmheit zeigten (Gruppe 4): Bei 48 Pferden, die positiv auf den Huf anästhesiert oder lahmfrei waren, konnten 50 zystoide Defekte an 50 Gliedmaßen kernspintomographisch festgestellt werden. Davon waren 5 Gliedmaßen (10%) lahmfrei. Bei 45 Gliedmaßen (90%) konnte eine Lahmheit festgestellt werden.

Kernspintomographisch konnte bei 11 dieser zystoiden Defekte (22%) eine ödemähnliche Knochenveränderung um die zystoiden Defekte im Knochen festgestellt werden. Relativ die meisten ödemähnlichen Knochenveränderungen (40%) wies das Hufbein auf (6 von 15 zystoiden Defekten). 22% der betroffenen Strahlbeine wiesen eine knochen-ödem-ähnliche Läsion auf (5 von 23 zystoiden Defekten).

Tab. 4 Tabelle der Häufigkeitsverteilung der zystoiden Defekte in Huf-, Kron- und Strahlbein nach Lokalisation und Größe der kernspintomographisch diagnostizierten zystoiden Defekte. | *Table of frequency distribution of osseous cyst-like lesions in coffin bone, coronet bone, and navicular bone according to location and size of osseous cyst-like lesions, in MRI.*

Zystoider Defekt	Lokalisation 1	Lokalisation 2	Größe
Hufbein	midsagittal 14	dorsal 4	klein 11
	medial 2	median 8	mittel 4
	lateral 0	palmar/plantar 4	groß 1
Kronbein	midsagittal 10	dorsal 4	klein 4
	medial 4	median 10	mittel 8
	lateral 0	palmar/plantar 0	groß 2
Strahlbein	distal 23	zur Gelenkfläche 2 zur Sehngleitfläche 26	klein 2
	proximal 3		mittel 17
	zentral 2		groß 9

Tab. 5 Anzahl der zystoiden Defekte in einer Vierfeldertafel zur Nachweisbarkeit in der Röntgen- und magnetresonanztomographischen Untersuchung (MRT) aller drei Knochen im Huf ($n = 144$). | *Number of osseous cyst-like lesions in a four-field table for detectability in radiographic and magnetic resonance imaging (MRI) of all three bones in the hoof ($n = 144$).*

Zystoide Defekte in Huf-, Kron- und Strahlbein	Sichtbar im MRT	Nicht sichtbar im MRT	Gesamt
Sichtbar im Röntgen	43 richtig positiv	19 falsch positiv	62
Nicht sichtbar im Röntgen	15 falsch negativ	67 richtig negativ	82
Gesamt	58	86	144

Kein betroffenes Kronbein wies eine ödemähnliche Knochenveränderung auf.

47 der 50 zystoiden Defekte (94%) wiesen einen Fett-Wasser-Verschiebungsartefakt auf. Alle drei zystoiden Defekte ohne dieses Artefakt wiesen eine umliegende ödemähnliche Knochenveränderung auf.

Eine umliegende Sklerosierung wiesen 48 der 50 zystoiden Defekte (96%) auf. 14 von 23 zystoiden Defekten (61%) im Strahlbein weisen eine mittel- oder hochgradige Sklerose auf. Bei 8 von 15 zystoiden Defekten (53%) im Hufbein konnte eine mittel- oder hochgradige Sklerose festgestellt werden. 10 von 12 zystoide Defekte (83%) im Kronbein weisen eine geringgradige Sklerose auf.

Die Gradverteilung der Hufgelenkfüllung ist in Abb. 7 aufgeführt. 31 von 50 Gliedmaßen (62%) wiesen eine Bursitis auf. Bei 15 von 50 Gliedmaßen (30%) wurde eine Läsion in der tiefen Beugesehne festgestellt. Diese wurde bei 5 Gliedmaßen auf Höhe der Facies flexoria des Strahlbeins lokalisiert und bei 10 Gliedmaßen außerhalb der Facies flexoria.

Insgesamt waren 5 Gliedmaßen lahmfrei. Von diesen waren jeweils zwei zystoide Defekte im Kronbein und Strahlbein lokalisiert und eine im Hufbein. 4 von 6 unter 4-jährigen Pferden waren lahmfrei. Das 5. lahmfreie Pferd war jedoch über 12 Jahre alt.

Bei keiner lahmfreien Gliedmaßen konnte ein knochenödemähnliche Läsion festgestellt werden. 9 von 11 Gliedmaßen (82%) mit ödemähnlicher Knochenveränderung wiesen eine Lahmheit von mindestens Grad 2 oder höher auf.

19 von 24 Gliedmaßen (79%) mit mittelgradiger oder hochgradiger Sklerose wiesen einen Lahmheitsgrad von mindestens 2 oder höher auf. Aber auch 73% (19 von 26) der Gliedmaßen, die keine oder nur eine geringgradige Sklerose aufwiesen, zeigten ebenfalls einen Lahmheitsgrad von mindestens 2 oder höher auf.

Die Hufgelenkfüllung hatte keinen Einfluss auf den Lahmheitsgrad. 22 von 28 Gliedmaßen (79%) mit keiner oder geringgradiger Hufgelenkfüllung zeigten den Lahmheitsgrad 2 oder

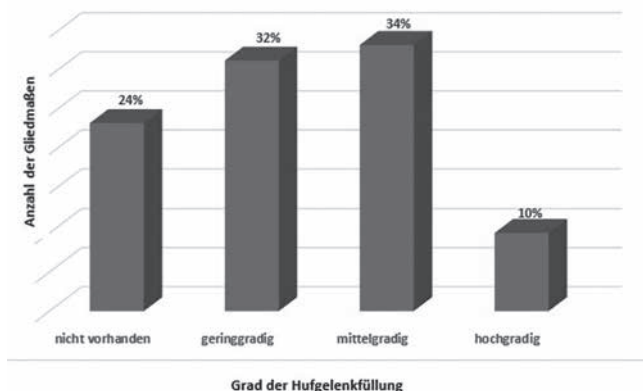


Abb. 7 Diagramm der kernspintomographisch untersuchten Pferde mit zystoiden Defekten nach Gradeinteilung der Hufgelenkfüllung (n = 50). | Diagram of horses with osseous cyst-like lesions examined by magnetic resonance imaging according to the degree of coffin joint filling (n = 50).

höher. Wohingegen 16 von 22 Pferden (73%) mit mittel- oder hochgradiger Hufgelenkfüllung ebenfalls einen Lahmheitsgrad von mindestens 2 oder höher aufwiesen.

Die Bursa podotrochlearis war bei 4 von 5 lahmfreien Gliedmaßen nicht gefüllt. Von den lahmen Gliedmaßen wiesen 69% (31 von 45) eine Bursitis auf (Abb. 8).

Läsionen der tiefen Beugesehne traten nur bei lahmen Pferden auf. Die Gliedmaßen mit einer TBS-Läsion an der Facies flexoria zeigten einen Lahmheitsgrad von mindestens 2, wobei bei zwei Gliedmaßen, welche den Lahmheitsgrad 1 aufwiesen, eine TBS-Läsion außerhalb der Facies flexoria festgestellt werden. 10 von 45 lahmen Gliedmaßen (22%) wiesen eine Läsion außerhalb der Facies flexoria auf.

Diskussion

Im Mittelpunkt dieser Arbeit stand die röntgenologische und MRT-Darstellung von zystoiden Defekten im Hufgelenk, d. h. im proximalen Hufbein, im distalen Kronbein sowie im Strahlbein des Pferdes. Diese Arbeit umfasst mit 109 zystoiden Defekten von 103 Pferden statistisch nur eine kleine Gruppe, jedoch sind in vergleichbaren Studien die Gruppen mit Einzelbefunden insgesamt deutlich kleiner (Fairburn et al. 2021, Mair und Sherlock 2008).

Das Alter der Pferde mit zystoiden Defekten betrug 1 und 22 Jahre, wobei sich die meisten Pferde in der Altersspanne von 8 bis 14 Jahren (54%) befanden. Die Ätiopathogenese von zystoiden Defekten ist bis heute ungeklärt, jedoch sind häufig junge Pferde bis zu einem Alter von 3 Jahren beschrieben. Die Ursache beruht vermutlich auf einer Störung der endochondralen Ossifikation ähnlich der Osteochondrose (McIlwraith 1998, Olstad et al. 2015). Aktuell weisen immer mehr Studien auf ein höheres Alter betroffenen Pferde hin. In der Studie von Mair und Sherlock (2008) sind die Pferde mit zystoiden Defekten im Hufgelenk 6 bis 17 Jahre alt. Eine klinische Relevanz tritt vermutlich erst mit zunehmendem Alter auf und diese zystoiden Defekte werden erst im höheren Alter festgestellt. Auch in der vorliegenden Studie konnte ein gehäuftes Auftreten im Hufgelenkbereich im Alter von bis zu 7 Jahren festgestellt werden.

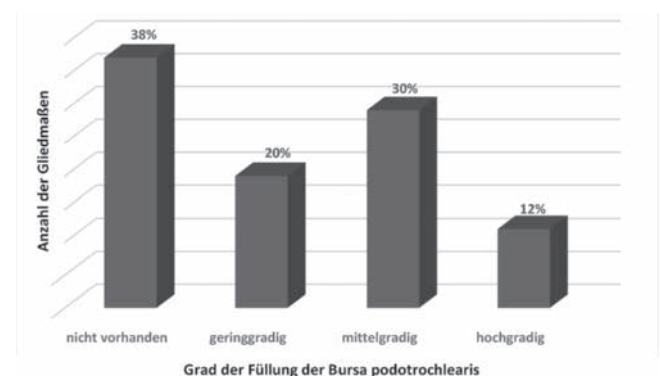


Abb. 8 Diagramm der kernspintomographisch untersuchten Pferde mit zystoiden Defekten nach Gradeinteilung der Füllung der Bursa podotrochlearis (n = 50). | Diagram of horses with osseous cyst-like lesions examined by magnetic resonance imaging according to the degree of filling of the podotrochlear bursa (n = 50).

Eine andere Theorie ist die sekundäre Entstehung dieser Defekte infolge intraartikulärer Traumata, die in Läsionen des Gelenkknorpels resultieren. Dadurch kann Gelenkflüssigkeit in den subchondralen Knochen eindringen und sich eine Knochenresorption anschließen. Dadurch entsteht die Zyste (Verschooten und de Moor 1982). Olstad et al. (2015) machen auch dilatierte Blutgefäße dafür verantwortlich.

Dies würde erklären, warum in der vorliegenden Studie auch ältere Pferde betroffen waren. Außerdem werden bei vielen Pferden weitere Befunde festgestellt, was ebenso die trauma-assoziierte Ätiologie unterstützen würde. Es wäre möglich, dass andere Lahmheitsursachen in abnormaler Hufbelastung resultieren und Schäden am Gelenkknorpel verursachen. Jedoch ist es bisher nur Spekulation, ob die zystoiden Defekte andere Befunde begünstigen oder umgekehrt. Die anderen Befunde in dieser Studie stellten vor allem TBS-Läsionen und Podotrochlose dar. In einer Studie von Mair und Sherlock (2008) wiesen alle Pferde mit zystoiden Defekten, die das Hufgelenk betrafen, weitere Begleitbefunde in der distalen Zehe auf, z. B. Strahlbeinveränderungen, Kollateralbandschäden oder TBS-Läsionen. Auch bei Fairburn et al. (2021) zeigten 22 von 23 Pferden mit Hufgelenkzysten Anzeichen einer Osteoarthritis bei Pferden im Alter von 3 bis 20 Jahren.

Speziell im Strahlbein ist über die Pathogenese von zystoiden Defekten wenig bekannt. Röntgenologisch lassen sich Aufhellungen im Strahlbein im Sinne von zystoiden Defekten oder Sehngleitflächendefekten schwer unterscheiden (Dyson 2011). Auch zystoide Defekte mit Sehngleitflächeneinbruch sind häufig, jedoch nur im MRT sicher zu identifizieren. Begleitbefunde und eine Vergesellschaftung mit Fragmenten am distalen Strahlbeinrand sind ebenso häufig zu verzeichnen (Doering 2016).

Vor allem bei den zystoiden Defekten im Strahlbein wiesen die betroffenen Pferde in dieser Arbeit ein signifikant höheres Alter im Gegensatz zu denen in Huf- und Kronbein auf ($p = 0,029$). Es war ein Anstieg im Vorkommen von Strahlbeinzysten bei Pferden ab einem Alter von acht Jahren zu verzeichnen. Dies legt den Verdacht nahe, dass zystoide Defekte im Strahlbein vermehrt im Rahmen einer Erkrankung der Podotrochlose auftreten, die sich erst entwickelt. Die Hufrollenerkrankung ist als eine chronische, degenerative und progressive Erkrankung definiert (Coomer et al. 2013, Dyson et al. 2016, Wright et al. 1998). Dyson (2003) beschreibt ein durchschnittliches Alter von 7 bis 9 Jahren, in dem die an Podotrochlose erkrankten Pferde klinisch apparent werden. In dieser Studie liegt das Alter der Pferde mit zystoiden Defekten im Strahlbein zum Untersuchungszeitpunkt etwas höher bei 8 bis 14 Jahren.

Die Abgrenzung einer vergrößerten synovialen Invagination bzw. Fossa synoviales an der Facies articularis und flexoria von einem zystoiden Defekt wurde anhand der kernspintomographischen Befunde vorgenommen. Synoviale Invaginationen stellen sich glatt abgegrenzt vom Trabekularknochen dar. Ein zystoider Defekt hingegen ist nicht gut abgegrenzt, begleitet von umliegenden Knochenreaktionen wie Sklerose und lytischen Prozessen (Jenner 2006, Kottmeier 2013).

Eine Abgrenzung der zystoiden Defekte in Form eines sklerotischen Randsaums konnte bei 94% der zystoiden Defekte festgestellt werden, welches sich mit anderen Studien deckt

(Mair und Sherlock 2008, Verschooten und de Moor 1982). Der Sklerosesaum kann von mild bis intensiv variieren und scheint abhängig zu sein vom Entwicklungsstadium der zystoiden Defekte (von Rechenberg et al. 1998). Wobei in dieser Studie der Lahmheitsgrad unabhängig von der Ausprägung des sklerotischen Randsaums zu sein scheint.

Bei der Erfassung von Rasse und Nutzungsart der Pferde konnten zum Großteil (83%) Warmblüter erfasst werden. Dies ist jedoch eher auf das Einzugsgebiet und das allgemeine Patientengut der Klinik zurückzuführen und stellt damit keine Rassedisposition dar. Insbesondere bei den zystoiden Defekten im Strahlbein konnten vergleichsweise viele American Quarter bzw. Paint Horses (12%) erfasst werden. In der Literatur ist keine spezifische Rassedisposition für zystoide Defekte beschrieben. Lediglich im Hinblick auf die Podotrochlose-Erkrankung sind vor allem Quarter Horses, Warmblüter und Rennpferde betroffen (Coomer et al. 2013, Hoffer et al. 1989, Rose 1996). Bei den in dieser Studie untersuchten Pferden waren hauptsächlich Vordergliedmaßen (95%) betroffen. Als Ursache wird eine Mehrbelastung von 30% des Körpergewichts auf den Vordergliedmaßen angesehen (Coomer et al. 2013). Die meisten zystoiden Defekte in der untersuchten Population konnten im Strahlbein diagnostiziert werden (56 von 109). Im Kronbein ($n = 23$) wurden weniger zystoide Defekte aufgefunden als im Hufbein ($n = 30$). Dies deckt sich mit Angaben aus der Literatur. Fairburn et al. (2021) fand mit neun zystoiden Defekten im Kronbein und 21 im Hufbein in seiner Untersuchung eine ähnliche Verteilung von zystoiden Defekten im Hufgelenk.

In Übereinstimmung mit Fairburn et al. (2021) und Peter et al. (2018) befand sich der Großteil der zystoiden Defekte midsagittal (Hufbein 93%, Kronbein 73%). Als Ursache für die vorwiegend zentrale und midsagittale Lokalisation könnte eine biomechanische Überbelastung in Frage kommen (Denoux et al. 2013), da die Belastung der Gelenkfläche im Hufgelenk zentral am größten ist.

Die Lokalisation im Strahlbein deckt sich mit den Aussagen von Dyson (2011), wonach sich die meisten zystoiden Defekte distal (61%) und zentral (30%) im Strahlbein fanden. 93% der zystoiden Defekte im Strahlbein waren zur Beugesehngleitfläche hin ausgerichtet. Für die prognostische Beurteilung der Strahlbeinzysten ist bedeutend, ob der zystoide Defekt zu einem Einbruch der Facies articularis oder der Facies flexoria geführt hat (Schäfer 2004).

Eine Aussage über die Gelenkverbindung eines zystoiden Defekts konnte nur in der MRT sicher getroffen werden. Teilweise war ein Verbindungskanal auf der Röntgenaufnahme sichtbar, jedoch ist dies nach Dyson (2011) nicht mit Sicherheit zu bestätigen außer in der Magnetresonanztomographie. Um in der radiologischen Untersuchung den Verbindungskanal darzustellen, könnten Projektionen aus verschiedenen Winkeln notwendig sein (Hogan et al. 1997).

Im Hufgelenk konnte magnetresonanztomographisch bei 77% der zystoiden Defekte eine Gelenkverbindung festgestellt werden. Im Strahlbein hingegen nur bei 14% (4/28). Nur zwei zystoide Defekte waren an der Hufgelenkfläche lokalisiert. Berücksichtigt werden sollte bei der Bewertung jedoch, dass die Schnittabstände der einzelnen MR-Schnitte 5 mm be-

tragen. Es wäre daher möglich, dass der Verbindungskanal genau in dem Bereich liegt, der nicht angeschnitten werden konnte. Eine CT-Untersuchung könnte hier möglicherweise eine bessere Aussage treffen. In einer Studie von Schön et al. (2017) konnte bei 96% der zystoiden Defekte eine Gelenkverbindung nachgewiesen werden. Andere Studien beschreiben eine Gelenkverbindung nur bei 30–40% der zystoiden Defekte (Del Chicca et al. 2008; von Rechenberg et al. 1998). Der Knorpel über den zystoiden Defekten ist sowohl im Niederfeld- als auch im Hochfeldmagneten nicht sicher zu beurteilen. Es wurden Sensitivitäten von 30–60% und Spezifitäten von 63–93% angegeben. Artefakte wie Chemical-Shift-Artefakte, Partialvolumeneffekte und die sehr geringe Gewebedicke erschweren die Knorpelbeurteilung (Dyson et al. 2011, Murray und Werpy, 2011, Kottmeier 2013).

Die Größe der zystoiden Defekte wurde sowohl im Röntgenbild als auch im MR-Bild gemessen. Insgesamt kann im MR-Bild die Größe der zystoiden Defekte genauer bestimmt werden, da die Einbeziehung der 3. Ebene eine genauere Aussage zur Größe treffen lässt.

Die röntgenologische Darstellung von zystoiden Defekten gelingt schon seit Jahren (Haack und Baez 1988, Hertsch et al. 1988). Jedoch ist die Diagnose nicht immer zweifelsfrei zu stellen (Goodrich und McIlwraith 2008, Mair und Sherlock 2008). Auch diese Studie verdeutlicht, dass trotz qualitativ hochwertig angefertigter Röntgenbilder und Beurteiler/in mit langjähriger Erfahrung, die Identifikation von zystoiden Defekten in der Röntgenuntersuchung nicht immer eindeutig möglich ist. Die irregulären Konturen des Hufbeins und die Summation der reflektierten Knochendichten erschweren die Diagnostik (Hanson et al. 1996). Um eine röntgenologische Sichtbarkeit von Knochenläsionen zu erreichen, muss ein Unterschied in der Knochenmineraldichte von 30–50% vorhanden sein (Butler et al. 2017, Hanson et al. 1996). Daher ist es möglich, dass sowohl kleine als auch frühe zystoide Defekte röntgenologisch noch nicht sichtbar sind.

Im Röntgen nicht sichtbar und nur im MRT diagnostiziert werden konnten 15 zystoide Defekte, was den Magnetresonanztomographen als Goldstandard in der Diagnostik von zystoiden Defekten bestätigt. Die Röntgenuntersuchung stellt dennoch eine moderate Diagnostikmöglichkeit dar, wie der Cohens-Kappa-Wert von 0,515 zeigt.

Sich entwickelnde subchondrale zystoide Defekte lassen sich zunächst nur kernspintomographisch im Sinne einer knochen-ödemähnlichen Veränderung darstellen (Carrino et al. 2006). Hierfür wäre eine Verlaufsuntersuchung ratsam.

Die Ergebnisse über Sensitivität und Spezifität der Röntgenuntersuchung decken sich mit anderen Studien (García-López und Kirker-Head 2004, Hanson et al. 1996). Schön et al. (2017) beschrieb eine Sensitivität von 78% bei 45 ausgewerteten Knochenzysten, jedoch mit der CT als Goldstandard. Auch im Tarsokruralgelenk konnten nur 83% der zystoiden Defekte nicht röntgenologisch identifiziert werden (García-López und Kirker-Head 2004).

10% der Pferde mit zystoiden Defekten wiesen keine Lahmheit auf. Diese wurden zum Großteil als Zufallsbefunde bei Kauf-

untersuchungen oder bei Gesundheitsuntersuchungen vor der Körung festgestellt. Dies ist bekannt, meist werden mehr zystoide Defekte bei lahmen Pferden als bei lahmfreien festgestellt (Haack und Baez 1988). Auch in der Studie von Haack und Baez (1988) waren zum Großteil Warmblüter vertreten. Nur vier von 28 Pferden (14%) mit zystoiden Defekten im Hufbein zeigten keine Lahmheit. Insgesamt muss beachtet werden, dass jedoch auch weniger lahmfreie Pferde eingehend in dem Bereich des Hufes untersucht werden als lahme Pferde.

Bestätigt werden konnte, wie auch in anderen Studien, ein variabler Lahmheitsgrad von Grad 0 bis Grad 4 (Peter et al. 2018, Trotter und Dyson 2003). Wie bereits oben genannt wurde, wiesen viele Pferde andere Befunde in dem Bereich der distalen Gliedmaße auf. Mehrere Studien haben bereits bewiesen, dass eine Lahmheit im Zusammenhang mit zystoiden Defekten häufig ist (Mair und Sherlock 2008, Verschooten und de Moor 1982). Dyson (2011) berichtete über zystoide Aufhellungszonen in der Spongiosa des Strahlbeins, die fast ausnahmslos von klinischer Relevanz sind.

Die Ergebnisse dieser Studie lassen einige Aussagen zu, die sich jedoch nicht statistisch sicher verifizieren lassen. Trotz des langen Untersuchungszeitraumes ist die Fallzahl an eingehend kernspintomographisch untersuchten Hufen zu gering. Da nur fünf der 50 Pferde lahmfrei waren, herrscht ein ungleiches Verteilungsmuster. Dennoch lässt sich die Vermutung aufstellen, dass junge Pferde mit zystoiden Defekten eher lahmfrei sind als ältere. Viele Gliedmaßen mit zystoiden Defekten weisen bei lahmen Pferden eine Bursitis auf (69%). Das Vorhandensein einer Bursitis, Hufgelenkfüllung und TBS-Läsion führte zu einer stärkeren Lahmheit. Der Grad der Sklerose scheint keine Auswirkung auf den Lahmheitsgrad zu besitzen.

Lahmheitsgrad und die Gelenkverbindung der zystoiden Defekte scheinen einen Zusammenhang aufzuweisen (Trotter und Dyson 2003). Dies konnte in dieser Studie nicht bewiesen werden, wird jedoch vermutet.

Limitationen: In dieser Studie wurde die MRT als Goldstandard zur Diagnostik von zystoiden Defekten im Huf des Pferdes gewählt. Es wurde keine histopathologische Untersuchung zur Bestätigung der zystoiden Defekte durchgeführt und es wurden keine Angaben zur Knochenmineralisierungsdichte gemacht. Daher kann nur vermutet werden, dass die röntgenologische Sichtbarkeit von zystoiden Defekten mit anderen Faktoren, wie zum Beispiel dem Entwicklungsstadium und dem histologischen Aufbau der zystoiden Defekte, korreliert. Aufgrund des Studiendesigns der retrospektiven Studie gab es einige Limitationen. So wurden keine Verlaufsuntersuchungen durchgeführt um die Größe der zystoiden Defekte und den Entstehungszeitraum besser beurteilen zu können. Es ist wahrscheinlich, dass frühe zystoide Defekte röntgenologisch nicht sichtbar sind (Carrino et al. 2006, Hanson et al. 1996). Die Größe und das Gewicht der Pferde wurden aufgrund der retrospektiven Studie nicht untersucht, wären aber für weitere Studien interessante Ansatzpunkte.

Des Weiteren limitieren zusätzliche Befunde in der distalen Gliedmaße die Aussage über den tatsächlichen Lahmheitsgrad, welcher allein durch den zystoiden Defekt verursacht wird. Die durchgeführten Anästhesien (TPA, MPA, Hufgelenk-

anästhesie) können ausschließlich den lokalen Bereich der Lahmheitsursache in den Hufbereich des Pferdes eingrenzen. Ob der zystoide Defekt selber lahmsverursachend bei Pferden mit weiteren Befunden in der distalen Gliedmaße ist, kann nicht sicher ermittelt werden.

Zusammenfassung und klinische Auswirkungen

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die MRT-Untersuchung die Diagnostik im Huf des Pferdes bereichert. Mit der Arbeit wurden die Vorteile der MRT-Untersuchung gegenüber der digitalen Radiographie für die Beurteilung und Diagnosestellung von subchondralen Knochenzysten bestätigt.

Die Röntgenuntersuchung stellt eine moderate Möglichkeit zur Diagnostik von zystoiden Defekten im Huf des Pferdes dar. Trotz qualitativ hochwertiger Röntgenbilder können falsch positive Ergebnisse entstehen.

Im Strahlbein traten zystoide Defekte häufiger auf als in anderen Knochen des Hufes. Die Pferde waren beim Auftreten dieser zystoiden Defekte deutlich älter als die Pferde mit zystoiden Defekten im Hufgelenkbereich.

Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von Lahmheit und den Eigenschaften der zystoiden Defekte bestanden nicht, während Alter und Verwendungszweck Zusammenhänge aufwiesen. Viele Gliedmaßen mit zystoiden Defekten weisen eine Bursitis auf. Das Vorhandensein einer Bursitis, Hufgelenkfüllung und TBS-Läsion führt zu einer stärkeren Lahmheit. Wohingegen der Grad der Sklerose keine Auswirkung auf den Lahmheitsgrad zu haben scheint.

Literatur

- Auer J. A., von Rechenberg B., Fürst A., Geissbühler U. (2001) Subchondrale Knochenzysten: ein Beitrag zur Ätiologie und Behandlung. *Tierärztl. Praxis* 29, 185–193
- Barbee D. D., Allen J. R., Grant B. D., Riggs M. W., Crawley G. R., Sande R. D. (1987) Detection by computed tomography of occult osteochondral defects in the fetlock of a horse. *Equine Vet. J.* 19, 556–558; DOI 10.1111/j.2042-3306.1987.tb02673.x
- Biggi M., Dyson S. (2011) High-field magnetic resonance imaging investigation of distal border fragments of the navicular bone in horses with foot pain. *Equine Vet. J.*, 43, 302–308; DOI 10.1111/j.2042-3306.2010.00159.x
- Bonilla A. G. (2019) Equine bone cysts: What do we know about them and their treatment? *Equine Vet. Educ.*, 33, 130–134; DOI 10.1111/eve.13212
- Butler J. A., Colles C., Dyson S. J., Kold S. E., Poulos P. W. (2017) *Clinical radiology of the horse*, John Wiley & Sons, New York, 4th ed, 100–145
- Carrino J. A., Blum J., Parellada J. A., Schweitzer M. E., Morrison W. B. (2006) MRI of bone marrow edema-like signal in the pathogenesis of subchondral cysts. *Osteoarth. Cartil.* 14, 1081–1085; DOI 10.1016/j.joca.2006.05.011
- Coomer R., Thomas H., McKane S. (2013) Current concepts of navicular syndrome: diagnosis and treatment. In *Pract.* 35, 325–335; DOI 10.1136/inp.f3642
- del Chicca F., Kummerle J. M., Ossent P., Nitzl D., Fuerst A., Ohlerth S. (2008) Use of computed tomography to evaluate a fracture associated with a subchondral pedal bone cyst in a horse. *Equine Vet. Educ.* 20, 515–519; DOI 10.2746/095777308X356983
- Doering B. (2016) Vergleichende Darstellung röntgenologischer Befunde am Strahlbein und Hufgelenk des Pferdes gemäß dem Röntgenleitfaden 2007 und computertomographischen Befunden. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:15-qucosa-217275>
- Dyson S. (2011) Radiological interpretation of the navicular bone. *Equine Vet. Educ.* 23, 73–87; DOI 10.1111/j.2042-3292.2010.00168.x
- Dyson S. J. (2003) Navicular Disease and Other Soft Tissue Causes of Palmar Foot Pain. In *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. Ross M. W., Dyson S. J., W. B. Saunders, New York, 286–299; DOI 10.1016/B978-0-7216-8342-3.50037-1
- Dyson S., Murray R., Schramme M., Blunden T. (2011) Current concepts of navicular disease. *Equine Vet. Educ.* 23, 27–39; DOI 10.1111/j.2042-3292.2010.00172.x
- Dyson S., Murray R., Schramme M., Branch M. (2003) Magnetic resonance imaging of the equine foot: 15 Horses. *Equine Vet. J.* 35, 18–26; DOI 10.2746/042516403775467531
- Fairburn A. J., Sherlock C. E., Partridge S. M., Mair T. S. (2021) A case-control study of the morphological measurements of equine distal interphalangeal joints affected by osseous cyst-like lesions. *Equine Vet. Educ.* 34, 473–479; DOI 10.1111/eve.13449
- Fuhrmann B. (2015) Untersuchungen zur Häufigkeit von Röntgenbefunden der Röntgenklassen 1–4 (nach dem Röntgenleitfaden 2007) bei der Kör-, Auktions-, und Kaufuntersuchung; DOI 10.5282/edoc.18409
- García-López J. M., Kirker-Head C. A. (2004) Occult subchondral osseous cyst-like lesions of the equine tarsocrural joint. *Vet. Surg.*, 33, 557–564; DOI 10.1111/j.1532-950x.2004.04078.x
- Goodrich L. R., Mcllwraith C. W. (2008) Subchondral bone cysts - Not always an easy diagnosis. *Equine Vet. Educ.* 20, 521–524; DOI 10.2746/095777308X363426
- Grosche A. (2000) Kolik bei Pferden - Retrospektive Studie aus dem Patientengut der Medizinischen Tierklinik Leipzig 1994–1998. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:15-qucosa-36940>
- Haack D., Baez B. H. C. (1988) Zystoide Defekte im Hufbein des Pferdes. *Pferdeheilkunde* 4, 143–153; DOI 10.21836/PEM19880401
- Hanson J. A., Seeherman H. J., Kirker-Head C. A., O'Callaghan M. W. (1996) The role of computed tomography in evaluation of subchondral osseous lesions in seven horses with chronic synovitis. *Equine Vet. J.* 28, 480–488; DOI 10.1111/j.2042-3306.1996.tb01621.x
- Hersch B., Haack D., Trummer R., Döhring W., de Laat F. (1988) Ein Vergleich der Darstellung des Strahlbeins beim Pferd mit Hilfe der herkömmlichen Röntgenübersichtsaufnahme nach Oxspring, der konventionellen Verwischungstomographie, der digitalen Lumineszenzradiographie, der Computertomographie und der Kernspintomographie. *Pferdeheilkunde* 2, 67–72; DOI 10.21836/PEM19880203
- Hoffer M. A., Leach D. H., Doige C. E. (1989) The developmental anatomy of the equine navicular bursa and associated structures. *Anat. Embryol.* 179, 355–367; DOI 10.1007/BF00305062
- Hogan P. M., Mcllwraith C. W., Honnas C. M., Watkins J. P., Bramlage L. R. (1997) Surgical treatment of subchondral cystic lesions of the third metacarpal bone: Results in 15 horses (1986–1994). *Equine Vet. J.* 29, 477–482; DOI 10.1111/j.2042-3306.1997.tb03162.x
- Jackson M., Fricker C., Kummerle J., Fürst A. (2008) Die Behandlung von subchondralen zystoiden Defekten beim Pferd mit Benzopyron: eine retrospektive Analyse. *Wien. Tierärztl. Mschr.* 95, 158–165; DOI 10.5167/uzh-13208
- Jacquet S., Audigie F., Denoix J. M. (2007) Ultrasonographic diagnosis of subchondral bone cysts in the medial femoral condyle in horses. *Equine Vet. Educ.* 19, 47–50; DOI 10.2746/095777307X177253
- Jeffcott L. B., Kold S. E., Melsen F. (1983) Aspects of the pathology of stifle bone cysts in the horse. *Equine Vet. J.* 15, 304–311; DOI 10.1111/j.2042-3306.1983.tb01806.x

- Jenner F. (2006) Arthroskopische Anbohrung equiner Strahlbeine – eine In vitro- und In vivo-Untersuchung an gesunden Pferden; DOI 10.5282/edoc.5098
- Kottmeier L. K. (2013) Kernspintomographische Untersuchung der Strahlbeine des Pferdes mit 3 Tesla im Vergleich zur Histologie. Diss. Med. Vet. Hannover; urn:nbn:de:gbv:95-104066
- Mair T. S., Sherlock C. E. (2008) Osseous cyst-like lesions in the feet of lame horses: Diagnosis by standing low-field magnetic resonance imaging. *Equine Vet. Educ.* 20, 47–56; DOI 10.2746/095777307X248579
- Markert S. (2016). Vorkommen von Befunden des Röntgenleitfadens 2007 bei Kaufuntersuchungen in einer deutschen Pferdeklinik und Erfassung des darauffolgenden Turniereinsatzes von Warmblutpferden. Diss. Med. Vet. Hannover
- McIlwraith C. W. (1998) Subchondral bone cysts in the horse: Aetiology, diagnosis and treatment options. *Equine Vet. Educ.* 10, 313–317; DOI 10.1111/j.2042-3292.1998.tb00901.x
- Murray R., Werpy N. (2011) Chapter 4 Image interpretation and artefacts. In *Equine MRI*. Murray R. C. Animal Health Trust, Newmarket, 101–145; DOI 10.1002/9781118786574.ch4
- Olstad K., Østevik L., Carlson C. S., Ekman S. (2015) Osteochondrosis Can Lead to Formation of Pseudocysts and True Cysts in the Subchondral Bone of Horses. *Vet. Pathol.* 52, 862–872; DOI 10.1177/0300985814559399
- Peter V. G., O’Keeffe T. A., Smith L. C. R., Schweizer-Gorgas D. (2018) Radiographic identification of Osseous Cyst-Like lesions in the Distal Phalanx in 22 lame thoroughbred horses managed conservatively and their racing performance. *Front. Vet. Sci.* 22, 286; DOI 10.3389/fvets.2018.00286
- Ray C. S., Baxter G. M., McIlwraith C. W., Trotter G. W., Powers B. E., Park R. D., Steyn P. F. (1996) Development of subchondral cystic lesions after articular cartilage and subchondral bone damage in young horses. *Equine Vet. J.* 28, 225–232; DOI 10.1111/j.2042-3306.1996.tb03777.x
- Rose R. J. (1996) Navicular disease in the horse. *J. Equine Vet. Sci.* 16, 18–24; DOI 10.1016/S0737-0806(96)80061-X
- Schäfer C. (2004). Strahlbeinzyste beim Pferd. *Pferdespiegel* 2, 16–19
- Schön S., Fürst A. E., Ohlerth S., Kircher P. R., Roos M., Jackson M. A. (2017) Computed tomographic versus radiographic assessment of the visibility and features of subchondral cystic lesions in equine limbs. *Pferdeheilkunde* 33, 256–262; DOI 10.21836/pem20170306
- Trotter G., Dyson S. (2003) Osseous cyst like lesions in the distal phalanx. In: *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. Ross M. W., Dyson S. J., W. B. Saunders, New York, 317
- Verschooten F., de Moor A. (1982) Subchondral cystic and related lesions affecting the equine pedal bone and stifle. *Equine Vet. J.* 14, 47–54; DOI 10.1111/j.2042-3306.1982.tb02334.x
- von Rechenberg B., McIlwraith C. W., Auer J. A. (1998) Cystic Bone Lesions in Horses and Humans: A Comparative Review. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 11, 8–18; DOI 10.1055/s-0038-1632602
- Wallis T. W., Goodrich L. R., McIlwraith C. W., Frisbie D. D., Hendrickson D. A., Trotter G. W., Baxter G. M., Kawcak C. E. (2008) Arthroscopic injection of corticosteroids into the fibrous tissue of subchondral cystic lesions of the medial femoral condyle in horses: A retrospective study of 52 cases (2001–2006). *Equine Vet. J.* 40, 461–467; DOI 10.2746/042516408X258843
- Watkins J. P. (1999) Osteochondrosis. In: *Equine Surgery*. Auer J. A., Stick J.A., W. B. Saunders, New York, 2nd ed., 765–778
- Wright I. M., Kidd L., Thorp B. H. (1998) Gross, histological and histomorphometric features of the navicular bone and related structures in the horse. *Equine Vet. J.* 30, 220–234; DOI 10.1111/j.2042-3306.1998.tb04491.x
- Zierz J., Schad D., Heeb D., Glersemeh K. (2000) Chirurgische Möglichkeiten zur Versorgung von Strahlbeinzysten sowie Strukturdefekten im Strahlbein. *Pferdeheilkunde*, 16, 171–176; DOI 10.21836/PEM20000205