

Avulsionsfraktur des Margo ligamenti distal am Strahlbein bei einem dreieinhalb Monate alten Fohlen

Sari Eichenberger¹, Anton E. Fürst¹, José Suárez Sánchez-Andrade², Hans Geyer³ und Michelle A. Jackson¹

¹ Equine Department, Vetsuisse-Faculty, University of Zurich, Zurich, Switzerland

² Department of Diagnosting Imaging, Vetsuisse-Faculty, University of Zurich, Zurich, Switzerland

³ Institute of Anatomy, Vetsuisse-Faculty, University of Zurich, Zurich, Switzerland

Zusammenfassung: Strahlbeinfrakturen treten beim Fohlen nur relativ selten auf. Dieser Fallbericht beschreibt ein dreieinhalb-Monate altes Quarter Horse Fohlen mit einer Avulsionsfraktur des Strahlbeins am Ansatz des Ligamentum impar der linken Hintergliedmaße. Das Fohlen wurde aufgrund einer akuten und hochgradigen Lahmheit vorgestellt. Mit Hilfe von Röntgenaufnahmen konnte zehn Tage nach der ersten Konsultation des Tierarztes die Verdachtsdiagnose einer Ruptur des Ligamentum impar gestellt werden. Aufgrund der schlechten Prognose bezüglich Lahmfreiheit wurde das Tier euthanasiert und beide distalen Hintergliedmaßen untersucht. Mit Hilfe von Röntgen-, Computertomographie- und Magnetresonanztomographie-Bildern konnte eine Avulsionsfraktur des Strahlbeins am Ansatz des Ligamentum impar ohne Veränderungen am Ligamentum impar selbst diagnostiziert werden. Aufgrund verschiedener histopathologischer Hinweise wurde als wahrscheinliche Ursache für die Fraktur ein Trauma im Bereich des distalen Teiles des Strahlbeines, und nicht eine degenerative Knochenkrankung angesehen. Die histologische Untersuchung konnte zudem zeigen, dass sich im distalen Teil des Strahlbeins im Bereich des nach distal vorragenden Margo ligamenti eine Schwachstelle befindet, welche eine Prädispositionsstelle für Frakturen darstellen kann.

Schlüsselwörter: Pferd, Fohlen, Strahlbein, Avulsionsfraktur, Ligamentum impar

Avulsion fracture at the insertion border of the impar ligament distal to the navicular bone in a three-and-a-half-months old foal

Fractures of the navicular bone in foals are relatively rare. This case report describes a three-and-a-half-months old Quarter Horse filly suffering from an avulsion fracture of the navicular bone. The fracture was located at the insertion border of the impar ligament of the left hindlimb. The filly was presented to a private veterinary clinic with an acute and severe lameness of the left hindlimb. During the previous night, the filly and the mare were kept together in a large horse stall. The next morning, the filly displayed severe lameness with no obvious wounds, swellings or other visible changes to the left hindlimb. The filly elicited severe pain on the circle and the hoof testers also caused a pain response, especially in the area of the bulbs. A hoof bandage was applied, but the lameness remained unchanged. Ten days after the first consultation, given there was no improvement, a radiological examination of the affected hoof was performed at the barn. On the latero-medial view, a proximal dislocation of the navicular bone was clearly visible. All other bone structures seemed unaffected. Based on these X-ray images, a ruptured distal sesamoidean ligament was suspected. Due to the poor prognosis as a riding horse, the filly was euthanased and both hindlimbs were subjected to a thorough examination at the Vetsuisse Faculty of the University of Zurich. There, different imaging techniques, namely X-ray, computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI), were used in order to understand the pathology. With the higher contrast of the modern methods and the possibility to create a 3D-model, three small pieces of bone tissue were identified at the distal border of the navicular bone, which were not visible on the first X-rays. Based on all images, the definitive diagnosis was an avulsion-fracture of the navicular bone at the Margo ligament, which is the insertion border of the impar ligament. Histological samples of both distal hindlimbs were prepared, where the bone tissue of the fragments was also clearly visible. Due to the configuration and based on histopathological findings, trauma and not degenerative bone-disease is considered to be the cause of the fracture. The impar ligament was normal. The trauma had occurred in a weak area of the Margo distalis of the navicular bone, which is the distally protruding Margo ligamenti. Moreover, histological findings evidenced a partial rotation of the small bone fragments from the distal border of the navicular bone, probably caused by pressure or tension in this area. In conclusion, in this article a rare pathology of an avulsion fracture of the navicular bone in a foal was described using modern imaging techniques, such as MRI and CT, and substantiated by histological findings.

Keywords: horse, foal, navicular bone, avulsion fracture, impar ligament

Zitation: Eichenberger S., Fürst A. E., Suárez Sánchez-Andrade J., Geyer H., Jackson M. A. (2021) Avulsionsfraktur des Margo ligamenti distal am Strahlbein bei einem dreieinhalb-Monate alten Fohlen. *Pferdeheilkunde* 37, 379–385; DOI 10.21836/PEM20210404

Korrespondenz: Dr. Michelle Jackson, Winterthurerstrasse 260, 8057 Zurich, Switzerland; mjackson@vetclinics.uzh.ch

Eingereicht: 28. Januar 2021 | **Angenommen:** 1. Mai 2021

Einleitung

Frakturen des Strahlbeins können in fünf Gruppen eingeteilt werden: Avulsionsfrakturen der oberen oder unteren Ränder, Margo proximalis und Margo distalis, parasagittale oder horizontale Frakturen sowie Trümmerfrakturen. Die

meisten Frakturen haben eine traumatische Ursache und gehen mit einer akuten und deutlichen Lahmheit einher (Biggi und Dyson 2013b). Welche Art der oben genannten Strahlbein-Frakturen am meisten vorkommt, ist in der Literatur umstritten (Dyson et al. 2012, Biggi und Dyson 2013b).

Parasagittale Frakturen kommen häufiger an den Vordergliedmaßen als an den Hintergliedmaßen und häufiger lateral als medial vor (Biggi und Dyson 2013b). Laut Literatur könnte diese Tatsache durch biomechanische Unterschiede und unterschiedliche Zehenlängen erklärt werden (Heitzmann und Denoix 2007). Avulsionsfrakturen der distalen Kante sind häufig bei der Ansatzstelle des Ligamentum impar zu beobachten und rufen unterschiedlich starke Lahmheiten hervor (Biggi und Dyson 2013b). Eine proximale Dislokation des Strahlbeins ist nur möglich, wenn das Ligamentum impar vollständig rupturiert und kein fibrotisches Gewebe vorhanden ist, welches das Strahlbein noch an seiner physiologischen Stelle hält (Biggi und Dyson 2013b). Grundsätzlich sind Pathologien des Strahlbeins alleine sehr selten zu beobachten. Oft sind sie mit Veränderungen anderer Strukturen in der Umgebung des Strahlbeins vergesellschaftet (Dyson et al. 2012).

Die Symptome, welche Strahlbeinpathologien zur Folge haben können, sind vielfältig und oft unspezifisch. Einige mögliche klinische Befunde sind ein verstärkter Digitalpuls, Entlastungshaltungen und verschiedene Lahmheiten. Für eine genaue Diagnose sind radiologische Untersuchungen unumgänglich (Parkes et al. 2015). Auf herkömmlichen Röntgenbildern sind Frakturen und abgesprengte Fragmente des Strahlbeins nicht immer einfach zu erkennen. Deshalb ist es ratsam, bei entsprechendem Verdacht die Vorteile anderer bildgebenden Techniken zu nutzen (Biggi und Dyson 2013b). Aufgrund des guten Weichteilkontrastes und der Möglichkeit, Schnittbilder durch verschiedene Ebenen der Gliedmaße anzufertigen, ist die Magnetresonanztomographie (MRT) eine ideale Modalität, um Pathologien im Huf des Pferdes darzustellen (Busoni et al. 2005, Parkes et al. 2015, Barrett et al. 2017). Ein weiteres Verfahren, welches hervorragend geeignet ist für die Erkennung von Knochenkrankungen ohne Überlagerung anderer Strukturen, ist die Computertomographie (CT) (Vallance et al. 2012).

Das Ziel der vorliegenden Studie war, diese seltene Pathologie mit Hilfe von modernen bildgebenden Verfahren wie MRT und CT sowie histologischen Präparaten genauer zu beschreiben. Auch soll sie zu einer verlässlicheren Diagnosestellung bei Strahlbein-Pathologien beitragen.

Fallbeschreibung

Anamnese

Ein dreieinhalb-Monate altes, weibliches Quarter Horse Fohlen wurde aufgrund einer akuten und hochgradigen Lahmheit (Grad 5/5, AAEP 1991) der hinteren linken Gliedmaße dem Privattierarzt vorgestellt. Laut den Besitzern verbrachte das Fohlen die Nacht wie üblich zusammen mit der Mutterstute in einer großen und gut eingestreuten Boxe. Zu möglichen Ursachen der vorhandenen Lahmheit konnten keine Angaben gemacht werden.

Klinische Untersuchung

Bei einer ersten kurzen klinischen Untersuchung wurde festgestellt, dass neben einer sehr deutlichen Lahmheit und einem deutlichen Wendeschmerz beide Trachten des linken Hinterfu-

ßes „zangenpositiv“ waren. Verletzungen, Schwellungen oder andere äußerliche Veränderungen konnten jedoch nicht festgestellt werden. Es konnten keine Anzeichen für ein vermehrt gefülltes Hufgelenk gefunden werden. Als erste Verdachtsdiagnosen wurden eine Fraktur des Hufbeins oder ein Hufabszess gestellt. Nachdem ein nasser Hufverband angelegt worden war, konnte das Fohlen die Gliedmaße deutlich besser belasten.

Verlauf

Drei Tage später wurde während einer zweiten Konsultation der zuvor angelegte Hufverband entfernt. Ohne diesen lief das Fohlen wieder massiv schlechter, die Deutlichkeit der Lahmheit war vergleichbar mit jener während der ersten Konsultation. Die Zangenprobe am linken Hinterfuss war nun nur noch medial positiv. Die erste Verdachtsdiagnose einer Hufbeinfraktur erhärtete sich.

Eine Woche nach dem zweiten Termin wurde das Fohlen aufgrund der persistierenden Lahmheit erneut vorgestellt. Es wurden dann im Stall verschiedene Röntgenbilder angefertigt (latero-medial, dorso-plantar 0°, dorso-plantar 60°, dorsal 45° latero-plantaromedial und dorsal 45° medial-plantarolateral). Auf den Bildern war deutlich zu erkennen, dass das Strahlbein nach proximal disloziert war. Zusätzliche Fragmente waren nicht sichtbar. Aufgrund dieses Befundes wurde die Verdachtsdiagnose einer Ruptur des Ligamentum impar ausgesprochen. Aufgrund der ungünstigen Prognose für eine spätere Nutzung des Pferdes als Reitpferd und einen fraglichen möglichen Einsatz des Tieres in der Zucht wurde das Fohlen euthanasiert und beide Hintergliedmaßen an der Vetsuisse-Fakultät der Universität Zürich erneut einer radiologischen sowie einer computer- und magnetresonanztomographischen Untersuchung unterzogen. Zudem wurden histopathologische Präparate hergestellt.

Ergebnisse

Radiologische Untersuchung

Vom betroffenen Hinterfuß wurden eine latero-mediale und eine dorso-plantare 60° Röntgenaufnahme angefertigt. Auf beiden Bildern war ersichtlich, dass das Strahlbein proximal disloziert war (Abb. 1, 3). Außerdem waren drei Avulsionsfragmente, distal des Strahlbeines, sichtbar (Abb. 1, 4).

Computertomographische Untersuchung

Eine computertomographische Untersuchung beider Hintergliedmaßen wurde mit einem 40-Schicht-Computertomographen (Somatom Sensation Open, Siemens AG, Schweiz) durchgeführt. Auf den CT-Aufnahmen der distalen linken Hintergliedmaße (Abb. 2) waren die einzelnen distalen Fragmente des Strahlbeines (4) und ihre genaue Position deutlicher zu erkennen. Sie befanden sich noch ungefähr an der Stelle, wo der Margo distalis des Strahlbeins physiologischerweise sein müsste. Aus einzelnen CT-Schnitten konnte mit Hilfe der entsprechenden Software ein 3D-Modell der knöchernen Anteile der distalen Gliedmaße rekonstruiert werden (Abb. 3).

Magnetresonanztomographische Untersuchung

Bei beiden distalen Hintergliedmaßen wurde eine MRT-Untersuchung mittels eines 3 Tesla High-Field-Magneten durchgeführt (Tabelle 1). Auch auf dem MRT-Bild (Abb. 4) sind die knöchernen Strukturen gut zu erkennen. Ebenfalls zu sehen sind die Avulsionsfragmente distal des Strahlbeins. Im Gegensatz zum herkömmlichen Röntgen und der Computertomographie sind auch Weichteile und synoviale Räume in der Hufkapsel wie die dorsale (5) und die plantare (6) Aussackung des Hufgelenks mit Hilfe der Magnetresonanztomographie gut darstellbar. Die plantare Aussackung des Hufgelenks und der Schleimbeutel sind nicht mehr klar voneinander zu trennen. Eine vermehrte Füllung des Hufgelenks ist nicht nachzuweisen. Zudem ist eine Verbindung zwischen dem Strahlbein und einem seiner distalen Fragmente zu erkennen. Dabei handelt es sich möglicherweise um eine Bindegewebige Brücke (7). Als bandartige Strukturen können die tiefe Beugesehne (8) und das Ligamentum impar (9) identifiziert werden.

Histopathologische Präparate

Die beiden Hintergliedmaßen wurden in gefrorenem Zustand jeweils vom Kronbein her abwärts je in eine laterale und eine mediale Hälfte zersägt. Diese lagerten dann

für zehn Tage in einem Behälter mit Fixationslösung (2,5% Glutaraldehyd, 1,5% Formaldehyd) auf einem Schüttler. Anschließend wurden die unentkalkten Präparate nach langsamer Dehydratation in Methylmetacrylat eingebettet. Die so entstandenen Blöcke wurden dann mit Hilfe einer diamantbeschichteten Bandsäge in 1,3 mm dicke Scheiben geschnitten. Aus den beiden lateralen Hälften beider Hufe wurden Sagittalschnitte von der Mitte nach lateral hergestellt. Aus den medialen Hälften beider Hufe wurden vom plantaren Anteil Transversalschnitte hergestellt. Die auf Objektträger aus Polyacrylat aufgeklebten Gewebeproben wurden mit einer Mikrotomfräse (LeicaSP2600) auf eine Schichtdicke von ca. 500 µm gefräst. Die Präparate wurden anschließend entweder nach Giemsa oder mit Giemsa-Eosin gefärbt.

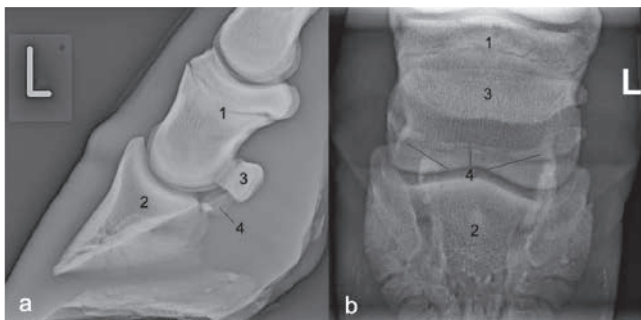


Abb. 1 latero-mediale (a) und dorso-plantare 60° (b) Röntgen-Aufnahme des linken Hinterfusses. Kronbein (1), Hufbein (2), Strahlbein (3), Avulsionsfragmente des Strahlbeins (4) | Latero-medial (a) and dorso-plantar 60° (b) radiographs of the left hind foot; middle phalanx (1), distal phalanx (2), navicular bone (3), avulsion fracture fragments of the navicular bone (4)

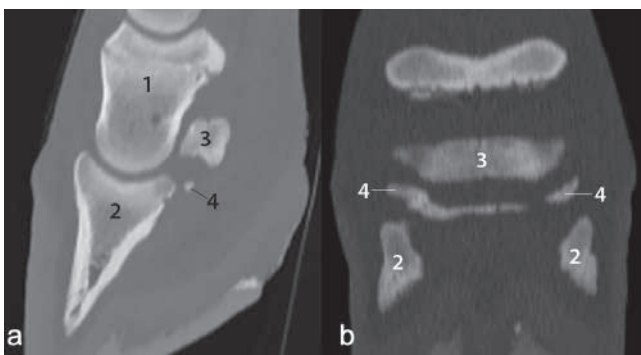


Abb. 2 CT-Aufnahmen des linken Hinterfusses: sagittaler (a) und dorsaler (b) Schnitt. Kronbein (1), Hufbein bei der Hufbeinäste (2), Strahlbein (3), Avulsionsfragmente des Strahlbeins (4) | CT images of the left hind foot; sagittally (a) and dorsally (b) reconstructed images. Middle phalanx (1), distal phalanx (2), navicular bone (3), avulsion fracture fragments of the navicular bone (4)

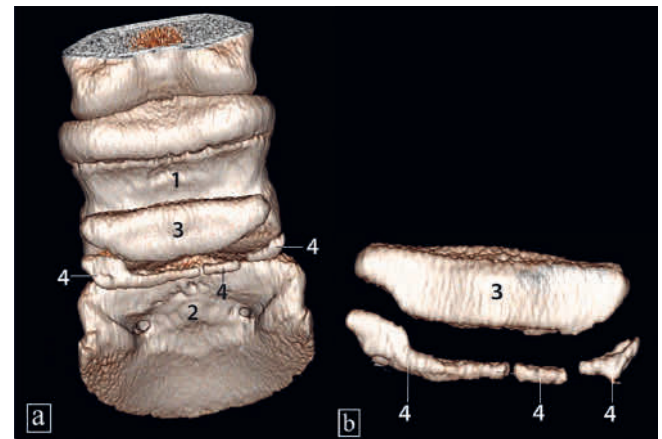


Abb. 3 (a) 3D-Rekonstruktion der knöchernen Anteile der distalen Gliedmasse; (b) 3D Rekonstruktion des Strahlbeins. Kronbein (1), Hufbein (2), Strahlbein (3), Avulsionsfragmente des Strahlbeins (4) | (a) Volume rendering of the left distal hindlimb; (b) Volume rendering of the navicular bone. Middle phalanx (1), distal phalanx (2), navicular bone (3), avulsion fracture fragments of the navicular bone (4)

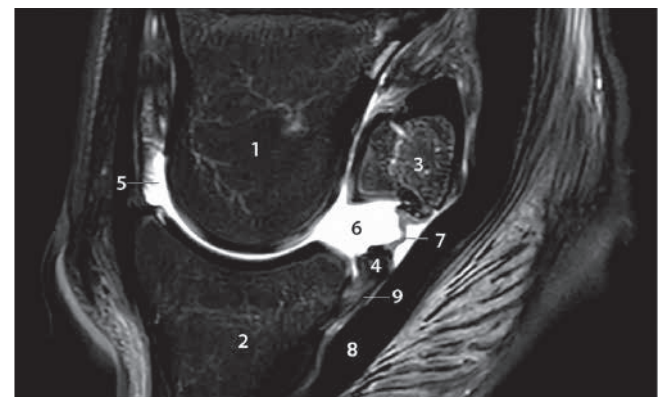


Abb. 4 Fettunterdrücktes T2W-Fast-Spin-Echo, Sagittalbild des linken Hinterfußes auf der Höhe des Hufgelenkes. Kronbein (1), Hufbein (2), Strahlbein (3), Avulsionsfragment des Strahlbeins (4), dorsale Aussackung des Hufgelenks (5), plantare Aussackung des Hufgelenks (6), Bindegewebsbrücke zwischen den beiden Strahlbeinfragmenten (7), tiefe Beugesehne (8), Ligamentum impar (9) | Fat suppressed T2W fast spin echo sagittal image of the left hind foot at the level of the distal interphalangeal joint. Middle phalanx (1), distal phalanx (2), navicular bone (3), avulsion fracture fragments of the navicular bone (4), dorsal recess of the distal interphalangeal joint capsule (5), plantar recess of the distal interphalangeal joint capsule (6), Soft tissue between the avulsion fracture fragment and the navicular bone (7), deep flexor tendon (8), impar ligament (9)

Auf der Abbildung 5 sind die Unterschiede zwischen dem gesunden rechten Huf mit normaler Anatomie (Abb. 5a) und dem pathologischen linken Huf mit dem frakturierten Strahlbein (Abb. 5b/c) deutlich zu erkennen. Der kleinere distale Anteil des Strahlbeins befindet sich noch am physiologischen Ort, am Ligamentum impar. Dagegen ist der größere Rest des Strahlbeins nach proximal disloziert.

Die zueinander gelegenen Kanten des oberen und des sichtbaren unteren Fragmentes sind gut abgrenzbar. Am Margo ligamenti des gesunden Strahlbeins sind Fasern zu erkennen, welche aus dem Faserknorpel ins Ligamentum impar einstrahlen (Abb. 5a, weisser Pfeil). Es handelt sich also um einen chondralen Bandansatz (Lüllmann-Rauch 2015).

Der Knochen des Strahlbeins besteht sowohl auf der gesunden wie der erkrankten Seite vorwiegend aus Knochenbälkchen im Sinne eines Geflechtknochens. Knochenröhrchen, Osteone, sind nur wenige zu sehen. An den Randbezirken des Strahlbeins ist meist eine noch nicht vollständig verkalkte Knochen-schicht an der Dunkelfärbung zu erkennen. Besonders deutlich ist dies am distalen Rand des Strahlbeinfragments (Abb.

6a, weisser Pfeil) zu sehen. Am proximalen Rand der Fragmente sind auch kleine Einblutungen (bräunliche Schlieren: Abb. 6b,11) erkennbar, welche für eine traumatische Genese der Fraktur sprechen. Dagegen sind distal im lockeren Gewebe des Ligamentum impar keine Blutungen und allenfalls geringe Erweiterungen der Vasa nutricia vorhanden. Rund um die kleineren Fragmente sind nur sehr wenige Osteoklasten erkennbar. Stattdessen sind einige Osteoblasten, welche für den Aufbau von Knochengewebe zuständig sind, zu sehen. Diese Zellen liegen in Reihen angeordnet dem Knochengewebe auf (Abb. 7b).

Zwischen dem größeren proximalen und den kleineren distalen Fragmenten des Strahlbeins ist auf einigen histologischen Präparaten eine Bindegewebsbrücke vorhanden (Abb. 5c,7 und Abb. 7a,7). Diese ist je nach Lokalisation unterschiedlich dick und relativ locker strukturiert. Da viele Fasern in diesem Gewebe verlaufen, kann es als band-artige Struktur bezeichnet werden (Abb. 8).

Wie Abb. 9 zeigt, ist mindestens der laterale Teil des Avulsionsfragments des Strahlbeins nach der Fraktur rotiert. Die

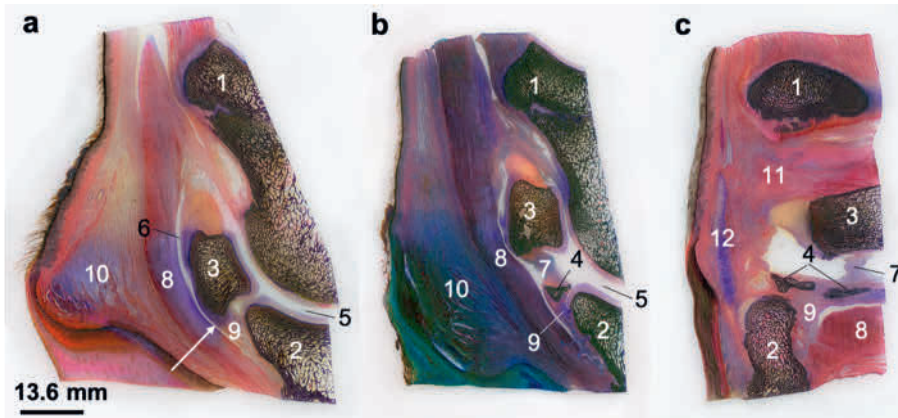


Abb. 5 Sagittaler Übersichtsschnitt des unveränderten kontralateralen rechten (a) und des veränderten linken (b) Hufes 8 mm der Mittellinie der medialen Hälfte und transversaler Schnitt des linken Hufes (c). Die Avulsionsfraktur des Margo ligamenti ist in b und c sichtbar (4). (a) Weisser Pfeil: Margo ligamenti des gesunden rechten Strahlbeins. Giemsa-Eosin-Färbung. Kronbein (1), Hufbein (2), Strahlbein (3), Avulsionsfragmente des Strahlbeins (4), Hufgelenk (5), Bursa podotrochlearis (6), Bindegewebsbrücke zwischen den beiden Strahlbeinfragmenten (7), tiefe Beugesehne (8), Ligamentum impar (9), Ballenpolster (10), Lig. sesamoideum collaterale (11),

Hufknorpel (12) | Sagittal section of the right (a) and the left (b) hind hooves and transverse section of the left hoof (c). The avulsion fragments at the insertion border of the impar ligament are visible in b and c (4). (a) White arrow: Margo ligamenti of the right navicular bone. Giemsa-eosin-staining. Middle phalanx (1), distal phalanx (2), navicular bone (3), avulsion fracture fragments of the navicular bone (4), distal interphalangeal joint (5), podotrochlear bursa (6), soft tissue between the avulsion fracture fragments and the navicular bone (7), deep flexor tendon (8), impar ligament (9), heel (10), lig. sesamoideum collaterale (11), cartilage of the hoof (12)

Tab. 1	Einstellungen der 3Tesla MRI, welche für die Untersuchung benutzt wurde		Settings of the 3Tesla MRI used for the examination	
	T2W TSE (Turbo Spin Echo)	PD (Proton Density)	T1W TSE (Turbo Spin Echo)	T1W GRE (Gradient Echo)
Plane	Sagittal, Dorsal	Sagittal	Sagittal, Transverse	3D
Voxel size	0,187 × 0,187 mm	0,187 × 0,187 mm	0,190 × 0,190 mm	0,400 × 0,400 mm
Slice thickness	1,5 mm	2 mm	2 mm	0,6 mm
Field of view	150 × 105 × 101 mm	120 × 120 × 107 mm	110 × 110 × 101 mm	160 × 160 × 130 mm
Matrix	344 × 270	300 × 256	400 × 380	268 × 217
TR (Repetition Time)	6950	3120	600	13
TE (Echo Time)	100	30	9	6
Averages	2	3	2	1
Flip Angle	90	90	90	8
Fat Sat	No	Yes	No	No
Contrast	Pre	Pre	Pre	Pre/Post

1) Turbo Spin Echo

Nase des Fragmentes ist nach vorn gegen den Gelenkspalt gerichtet. Die Fasern, welche nach der Fraktur entstanden sind, verlaufen bogenförmig um die beiden knöchernen Fragmente (Abb. 9b, rote Pfeile).

Das Ligamentum impar, auf der gesunden wie auch auf der kranken Seite, weist eine auffallend lockere Anordnung der Kollagenfasern auf. Die Fasern verlaufen in proximo-distale Richtung. Zwischen den einzelnen Faserbündeln befinden sich in verschiedenen Bereichen lockeres Bindegewebe und vor allem Blutgefäße (Abb. 10). Das entspricht einem normalen Ligamentum impar, ohne pathologische Befunde. Die benachbarte tiefe Beugesehne wurde durch die Fraktur des Strahlbeins nicht in Mitleidenschaft gezogen und zeigte mit der dichten Anordnung der Kollagen-Faserbündel eine Normalstruktur.

Diskussion

Dank des Einsatzes von modernen bildgebenden Verfahren wie der Computertomographie und der Magnetresonanztomographie konnte die anfänglich gestellte Diagnose einer Ruptur des Ligamentum impar präzisiert werden. Es handelt sich im vorliegenden Fall um eine Avulsionsfraktur am Margo ligamenti als Ansatz des Ligamentum impar sowie die überwiegende Struktur eines Geflechtknochens sind als prädisponierende Faktoren zu Frakturen anzusehen.

Das Ligamentum impar selber zeigte keine Pathologien. Auf Bildern beider Modalitäten sind genauere Details zur Größe und Lage der einzelnen Fragmente sichtbar. Die „Gräte“ des Margo ligamenti, als die nach distal hervorstehende Partie des Strahlbeins, ist erheblichen Belastungen ausgesetzt. Dies, weil die einwirkenden Kräfte nur auf wenig Gewebe verteilt werden können. Das Hauptfragment des Strahlbeines wurde dann vermutlich durch den Zug des Fesselbein-Strahlbein-Hufbeinbandes nach proximal gezogen.

Grundsätzlich sind Pathologien des Strahlbeins nicht selten. Allerdings kommen Frakturen im Vergleich zu anderen Veränderungen dieses Knochens selten vor. Weder im vorliegenden Fall noch bei einem der bisher beschriebenen Fälle von Avulsionsfrakturen der distalen Kante des Strahlbeines konnte eine Ursache eindeutig identifiziert werden (Frecklington und Rose 1981, Baird et al. 1990, Kaser-Hotz et al. 1991, Heitzmann und Denoix 2007, Biggi und Dyson 2013b). Vermutet wird häufig ein traumatisches Ereignis. Auffällig ist, dass in allen Fällen ein oder beide Hinterbeine betroffen waren, nie ein Vorderbein (Frecklington und Rose 1981, Baird et al. 1990, Kaser-Hotz et al. 1991, Heitzmann und Denoix 2007, Biggi und Dyson 2013b). Die Gründe dafür sind bis jetzt nicht eindeutig geklärt. Eventuell gibt es leichte anatomische oder biomechanische Unterschiede zwischen den Strahlbeinapparaten an den Vorder- und Hintergliedmaßen. Auch könnten Hufe mit langen Zehen, tiefem palmarem/plantarem Anteil und bestimmten Strahlbeinformen ein größeres Risiko für Strahlbeinpathologien haben (Heitzmann und Denoix 2007, Biggi und Dyson 2013a).

Im vorliegenden und nur in einem weiteren bisher publizierten Fall sind die Patienten Fohlen (Baird et al. 1990). Auf-

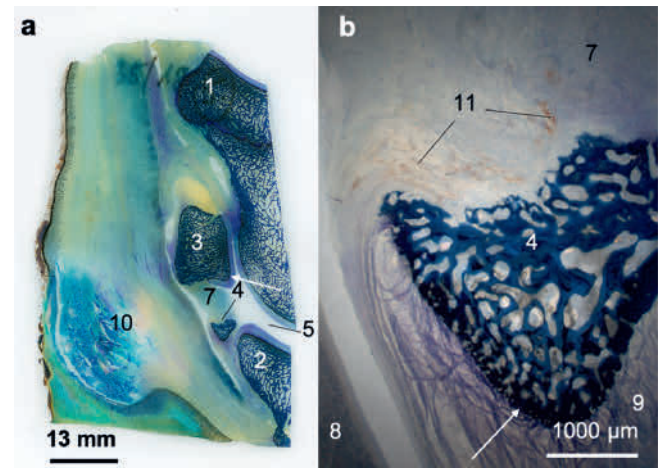


Abb. 6 (a) Sagittaler Übersichtsschnitt des linken Hufes 10 mm lateral der Medianen. Am Strahlbein ist die unvollständig verkalkte Randzone des Knochens dunkel verfärbt (weisser Pfeil); (b) Detailbild des Avulsionsfragmentes mit Einblutungen (11) und dunkle Randzone (weisser Pfeil). Giemsa-Färbung. Kronbein (1), Hufbein (2), Strahlbein (3), Avulsionsfragment des Strahlbeins (4), Hufgelenk (5), Bursa podotrochlearis (6), Bindegewebsbrücke zwischen den beiden Strahlbeinfragmenten (7), tiefe Beugesehne (8), Ligamentum impar (9), Ballenpolster (10), Einblutungen (11) | (a) Sagittal section of the left hind foot, 10 mm lateral of the median. The border with incomplete calcification appears in the dark colour (white arrow); (b) Details of the fracture fragments with hemorrhages (11) and dark border (white arrow). Giemsa-staining. Middle phalanx (1), distal phalanx (2), navicular bone (3), avulsion fracture fragments of the navicular bone (4), distal interphalangeal joint (5), podotrochlear bursa (6), soft tissue between the avulsion fracture fragments and the navicular bone (7), deep flexor tendon (8), impar ligament (9), heel (10), hemorrhages (11)

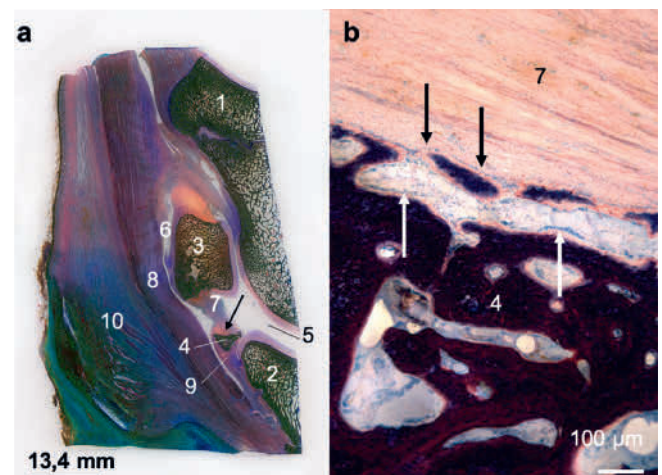


Abb. 7 (a) Sagittaler Übersichtsschnitt, 8 mm lateral der Medianen; (b) Detailbild von Osteoblasten auf dem Knochengewebe des Avulsionsfragmentes (weisse und schwarze Pfeile). Giemsa-Eosin-Färbung. Kronbein (1), Hufbein (2), Strahlbein (3), Avulsionsfragment des Strahlbeins (4), Hufgelenk (5), Bursa podotrochlearis (6), Bindegewebsbrücke zwischen den beiden Strahlbeinfragmenten (7), tiefe Beugesehne (8), Ligamentum impar (9), Ballenpolster (10) | (a) Sagittal section of the left hind foot, 8 mm lateral of the median; (b) Detail of the osteoblasts in the bone tissue of the avulsion fracture fragments of the navicular bone (white and black arrows). Giemsa-eosin-staining. Middle phalanx (1), distal phalanx (2), navicular bone (3), avulsion fracture fragments of the navicular bone (4), distal interphalangeal joint (5), podotrochlear bursa (6), soft tissue between the avulsion fracture fragments and the navicular bone (7), deep flexor tendon (8), impar ligament (9), heel (10).

grund der erst spät einsetzenden Entwicklung von Strahl- und Gleichbeinen während der Fetalphase kann vermutet werden, dass bei Fohlen eine „Knochenschwäche“ für Frakturen die-

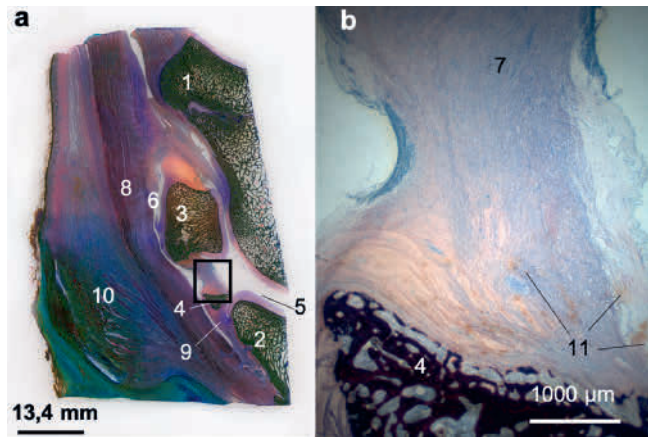


Abb. 8 (a) Sagittaler Übersichtsschnitt, 8 mm lateral der Medianen; (b) Detailbild der Bindegewebsbrücke (7) mit Einblutungen (11) zwischen dem Strahlbein und dem Avulsionsfragment (4). Giemsa-Eosin-Färbung. Kronbein (1), Hufbein (2), Strahlbein (3), Avulsionsfragment des Strahlbeins (4), Hufgelenk (5), Bursa podotrochlearis (6), Bindegewebsbrücke zwischen den beiden Strahlbeinfragmenten (7), tiefe Beugesehne (8), Ligamentum impar (9), Ballenpolster (10), Einblutungen (11) | (a) Sagittal section of the left hind foot, 8 mm lateral of the median; (b) Detail of the soft tissue between the avulsion fracture fragments of the navicular bone (7) with hemorrhages (11). Giemsa-eosin-staining. Middle phalanx (1), distal phalanx (2), navicular bone (3), avulsion fracture fragments of the navicular bone (4), distal interphalangeal joint (5), podotrochlear bursa (6), soft tissue between the avulsion fracture fragments and the navicular bone (7), deep flexor tendon (8), impar ligament (9), heel (10), hemorrhages (11).

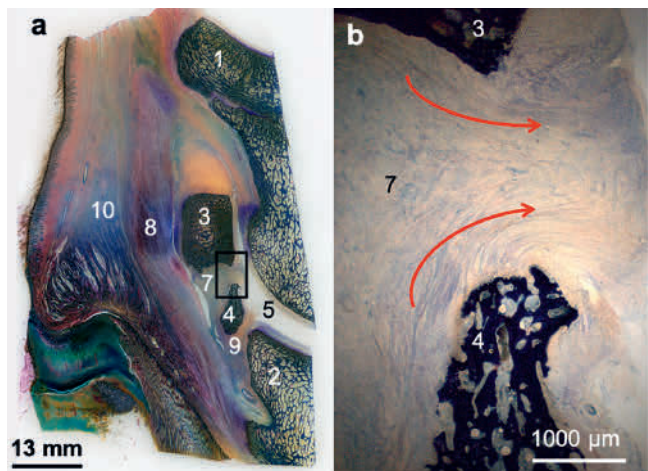


Abb. 9 (a) Sagittaler Übersichtsschnitt, 16 mm lateral der Medianen; (b) Detailbild der Faserverlaufsrichtungen (rote Pfeile) zwischen dem Strahlbein und dem am weitesten lateral gelegenen Teil des Avulsionsfragments das leicht rotiert erscheint. Giemsa-Eosin-Färbung. Kronbein (1), Hufbein (2), Strahlbein (3), Avulsionsfragment des Strahlbeins (4), Hufgelenk (5), Bursa podotrochlearis (6), Bindegewebsbrücke zwischen den beiden Strahlbeinfragmenten (7), tiefe Beugesehne (8), Ligamentum impar (9), Ballenpolster (10) | (a) Sagittal section of the left hind foot, 16 mm lateral of the median; (b) Detailed image of the fibre course directions between the navicular bone and the avulsion fragment (red arrows). Giemsa-eosin-staining. Distal phalanx (2), navicular bone (3), avulsion fracture fragments of the navicular bone (left) or distal border of the navicular bone (right) (4), soft tissue between the avulsion fracture fragments and the navicular bone (7), deep flexor tendon (8), impar ligament (9)

ser Strukturen verantwortlich ist (Honnas et al. 1990, Reesink 2017, Sato et al. 2017). Durch Übermüdung von Muskeln kann es beim Fohlen auch zu einer Hyperextension des Fesselgelenks und damit zu einer erhöhten Belastung des Strahlbeinapparates kommen. Diese führt eher zu einer Avulsionsfraktur des Strahlbeins als zu einer Ruptur des Ligamentum impar. Allerdings, von den in der Literatur beschriebenen Fällen waren sechs von acht Pferden erwachsen (fünf bis zwölf Jahre alt), zum Teil noch nicht angeritten, andere im Spring-, Dressur- oder Rennsport tätig. Das spricht gegen eine Knochenschwäche von Strahlbeinen junger Pferde; zudem lässt sich, basierend auf den beschriebenen Fällen, keine Sportart als besonders risikoreich einstufen.

Die Patienten der bisher beschriebenen Fälle wiesen alle eine Lahmheit auf, allerdings variierte deren Schweregrad sehr stark. Einige dieser Pferde waren klinisch sogar fast unauffällig und zeigten nur eine undeutliche Lahmheit (Biggi und Dyson 2013b). Im vorliegenden Fall war das Fohlen jedoch sehr stark lahm. Bei den bildgebenden Untersuchungen der jeweiligen Pferde konnten in den meisten Fällen ein oder mehrere Fragmente der distalen Kante des Strahlbeins entdeckt werden. Lediglich in einem Fall befand sich das Avulsionsfragment an der lateralen Seite des Strahlbeins (Frecklington und Rose 1981).

Im vorliegenden Fall lieferten die histologischen Präparate Details von den drei Bruchstücken an der distalen Kante des Strahlbeins. Mindestens ein solches Fragment hat sich nach dem Abbruch vom Strahlbein gedreht. Einen Hinweis dafür liefert der Faserverlauf der bindegewebigen Brücke zwischen dem Strahlbein und den Avulsionsfragmenten (Abb. 9). Diese Rotation ist vermutlich durch Druck- und Zugkräfte bei der Belastung entstanden.

Das Ligamentum impar mit seiner lockeren Faserstruktur und die zahlreichen Blutgefäße zeigten weder bei der erkrankten

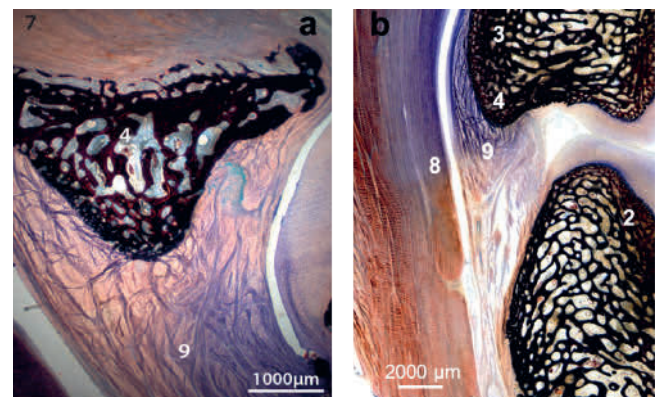


Abb. 10 Detailbild der lockeren Struktur des Ligamentum impar des veränderten linken (a) und des unveränderten rechten (b) Hufes. Giemsa-Eosin-Färbung. Hufbein (2), Strahlbein (3), Avulsionsfragment des Strahlbeins links (a) und distaler Teil des Strahlbeins rechts (b) (4), Bindegewebsbrücke zwischen den beiden Strahlbeinfragmenten (7), tiefe Beugesehne mit dichten Faserbündeln (8), Ligamentum impar (9) | Detailed image of the impar ligament of the left, fractured side (a) and right, contralateral side (b). Giemsa-eosin-staining. Distal phalanx (2), navicular bone (3), avulsion fracture fragments of the navicular bone of the fractured, left side (a) and distal border of the navicular bone of the contralateral, right side (b) (4), soft tissue between the avulsion fracture fragments and the navicular bone (7), deep flexor tendon (8), impar ligament (9)

noch bei der gesunden Seite Veränderungen. Auch beim erwachsenen Pferd fällt die lockere Struktur dieses Bandes auf (Geyer und Löschmann 2007), das beim Fuß den doch erheblichen Belastungen unterliegt.

In keinem der Fälle von Avulsionsfrakturen der distalen Kante des Strahlbeins, die in der Literatur bereits beschrieben wurden, waren die Pferde mit den verschiedenen angewendeten Therapien (Boxenruhe, Hufschuhe, etc.) lahmfrei geworden (Frecklington und Rose 1981, Baird et al. 1990, Kaser-Hotz et al. 1991, Biggi und Dyson 2013b). Allerdings bestritt ein Pferd nach mehreren Monaten Boxenruhe wieder zwei Steeplechase-Rennen (Heitzmann und Denoix 2007). Baird et al. beschrieben 1990 einen Fall von einer Avulsionsfraktur der distalen Strahlbeinkante, bei dem erfolglos versucht wurde, das Strahlbein mit Hilfe einer Zugschraube am Hufbein zu fixieren (Baird et al. 1990). Aufgrund der vorsichtigen Prognose hatten sich die Besitzer im vorliegenden Fall gegen eine Therapie entschieden. Eine Reposition und chirurgische Fixation des Strahlbeines am Hufbein oder am Kronbein ist theoretisch möglich, allerdings ist der Zugang durch die tiefe Beugesehne und Bursa podotrochlearis technisch schwierig. Ein weiteres Problem bei einer solchen Operation ist die sehr geringe Größe der einzelnen Fragmente. Es wäre aber sicher interessant gewesen, den Verlauf nach einer konservativen Therapie einige Monate zu beobachten, um die Bindegewebsbrücke zwischen beiden Strahlbeinfragmenten als weiteren interessanten Befund der histologischen Untersuchung zu verfolgen. Diese Bindegewebsbrücke ist wahrscheinlich nach der Fraktur entstanden und stellt möglicherweise eine erste Vernarbung dar, was mit der Zeit eventuell zu einer gewissen Stabilität zwischen den Fragmenten geführt hätte.

Schlussfolgerung

Dank modernen Verfahren wie CT und MRT konnte im vorliegenden Fallbericht eine Avulsionsfraktur des Margo ligamenti an der distalen Strahlbeinkante, mit intaktem Ligamentum impar, diagnostiziert werden. Die histologische Untersuchung zeigte, dass sich im distalen Teil des Strahlbeins im Bereich des nach distal vorragenden Margo ligamenti eine Schwachstelle befindet, welche eine Prädispositionsstelle für Frakturen darstellen kann.

Literatur

AAEP (1991) Definition and classification of lameness. In Guide for Veterinary Service and Judging of Equestrian Events. 4th edn. Lexington, American Association of Equine Practitioners Office, 19

- Baird A. N., Behrens E., Morris E. L., Auer J. A. (1990) What Is Your Diagnosis? *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 196, 1147–1148
- Barrett M. F., Frisbie D. D., King M. R., Werpy N. M., Kawcak C. E. (2017) A review of how magnetic resonance imaging can aid in case management of common pathological conditions of the equine foot. *Equine Vet. Educ.* 29, 683–693
- Biggi M., Dyson S. (2013a) Hind foot lameness: Results of magnetic resonance imaging in 38 horses (2001–2011). *Equine Vet. J.* 45, 427–434; DOI 10.1111/j.2042-3306.2012.00686.x
- Biggi M., Dyson S. (2013b) Unusual Navicular Bone Fractures in HindLimbs: Clinical and Imaging Findings. *J. Equine Vet. Sci.* 33, 1082–1087; DOI 10.1016/j.jevs.2013.04.006
- Busoni V., Heimann M., Trenteseaux J., Snaps F., Dondelinger R. F. (2005) Magnetic Resonance Imaging Findings in the Equine Deep Digital Flexor Tendon and Distal Sesamoid Bone In Advanced Navicular Disease – An Ex Vivo Study. *Vet. Radiol. Ultrasound* 46, 279–286; DOI 10.1111/j.1740-8261.2005.00051.x
- Dyson S., Blunden T., Murray R. (2012) Comparison between magnetic resonance imaging and histological findings in the navicular bone of horses with foot pain. *Equine Vet. J.* 44, 692–698; DOI 10.1111/j.2042-3306.2012.00565.x
- Frecklington P., Rose R. (1981) An unusual case of fracture of the navicular bone in the hindlimb of a horse. *Aust. Vet. Pract.* 11, 57–59
- Geyer H., Löschmann Y. (2007) Histologie der Beugesehne und ihrer Nachbarnorgane distal an der Zehe des Pferdes. *Pferdeheilkunde* 23, 39–49; DOI 10.21836/PEM20070104
- Heitzmann A. G., Denoix J.-M. (2007) Rupture of the distal sesamoidean impar ligament with proximal displacement of the distal sesamoid bone in a steeplechaser. *Equine Vet. Educ.* 19, 117–120, DOI 10.2746/095777307X185155
- Honnas C. M., Snyder J. R., Meagher D. M., Ragle C. A. (1990) Traumatic disruption of the suspensory apparatus in foals. *Cornell Vet.* 80, 123–133
- Kaser-Hotz B., Ueltschi G., Hess N. (1991) Navicular bone fracture in the pelvic limb of two horses. *Vet. Radiol. Ultrasound* 32, 283–285, DOI 10.1111/j.1740-8261.1991.tb00123.x
- Lüllmann-Rauch R. (2015) Taschenlehrbuch Histologie, Verlag Thieme, 167
- Parkes R., Newton R., Dyson S. (2015) Is there an association between clinical features, response to diagnostic analgesia and radiological findings in horses with a magnetic resonance imaging diagnosis of navicular disease or other injuries of the podotrochlear apparatus? *The Vet. J.* 204, 40–46; DOI 10.1016/j.tvjl.2014.12.038
- Reesink H. L. (2017) Foal Fractures – Osteochondral Fragmentation, Proximal Sesamoid Bone Fractures/Sesamoiditis, and Distal Phalanx Fractures. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 33, 397–416; DOI 10.1016/j.cveq.2017.03.007
- Sato F., Endo Y., Horiuchi N., Tominari M., Murase H., Ishimaru M., Korosue K. (2017) Histopathological findings of apical fracture of the proximal sesamoid bones in young Thoroughbred foals. *J. Equine Sci.* 28, 123–126; DOI 10.1294/jes.28.123
- Vallance S. A., Bell R. J. W., Spriet M., Kass P. H., Puchalski S. M. (2012) Comparison of computed tomography, contrast enhanced computed tomography and standing low-field magnetic resonance imaging in horses with lameness localised to the foot. Part 1: Anatomic visualisation scores. *Vet. J.* 44, 51–56; DOI 10.1111/j.2042-3306.2011.00372.x