

Histologie der Beugesehnen und ihrer Nachbarorgane distal an der Zehe des Pferdes

Hans Geyer and Yvonne Löschmann

Veterinär-Anatomisches Institut, Vetsuisse-Fakultät, Universität Zürich

Zusammenfassung

Zur Diagnostik des distalen Zehenbereichs sollte die topographische Histologie und die Zusammensetzung der Beugesehnen und ihrer Umgebung erfasst werden. An 6 Pferden wurde die normale Feinstruktur des Kron- und Hufgelenksbereichs und der Beugesehnen histologisch untersucht. Nach Kunststoffeinbettung wurden mittels Fräß- und Schleiftechnik Großschnittpräparate hergestellt und deren topographische Histologie beschrieben. Die Ausdehnung und Beschaffenheit der Gelenkkapseln und der Bursa podotrochlearis sowie der Fesselbeugesehnen-scheide wurden besonders beachtet. Palmar/plantar sind die Bindegewebsbrücken zwischen Hufgelenk und Bursa podotrochlearis relativ locker gebaut. Die Synovialmembranen der Gelenkkapseln und Bursen zeigen nur an den Ausbuchtungen deutliche Zotten. An den Gleitstellen der tiefen Beugesehne ist jeweils Faserknorpel vorhanden. Im Bereich der Kronbeinlehne bis in Mitte des Kronbeins enthält die tiefe Beugesehne selbst einen dorsalen Teil aus Faserknorpel. Das Strahlbein hat eine nur mäßig starke Kompakta und eine lockere Spongiosa. Der Margo distalis mit den Canales sesamoidales und der Margo proximalis des Strahlbeins mit dem einstrahlenden Lig. sesamoidale collaterale werden näher betrachtet. An den Beugesehnen beträgt der Anteil an straffem Sehngewebe 85-88%, dazu kommen 11-14% lockeres Bindegewebe und gefäßhaltige Septen und um 0.5-1% Blutgefäße. Im Ansatzbereich nimmt der Anteil Bindegewebe zu und zwischen den Sehnenfasern liegt Faserknorpel. Die Befunde der normalen topographischen Histologie sollen als ergänzende Grundlage zu bildgebenden Verfahren und zur Beurteilung pathologischer Veränderungen dienen.

Schlüsselwörter: Histologie, Beugesehnen, Region des Kron- und Hufgelenks, Grundlagen für bildgebende Diagnostik, Pferd

Histology of the flexor tendons and their environment distal in the digits of the horse

For diagnostics in the distal area of the horses foot the topographic histology and the normal structure of the flexor tendons should be examined. In 6 horses the microscopic structure of the pastern joint and coffin joint and environment with the flexor tendons was investigated. After embedding the tissue in methylacrylic matter large histological sections were prepared using milling and grinding techniques. The topographic histology of the mentioned digital area is described. The extension and properties of joint capsules and the navicular bursa as well as the digital tendon sheet were mainly examined. The palmar/plantar tissue between the coffin joint and the navicular bursa is connective tissue of moderate density. The synovial membranes of the joint capsules and the bursae bear only papillae at their recesses. At the sliding surfaces of the deep digital flexor tendon fibrocartilage is present. In the area of the flexor tuberosity of the short pastern bone the deep digital flexor tendon itself contains a dorsal part of fibrocartilage. The navicular bone has only a moderate cortex and a loose cancellous bone. The distal border with the sesamoidal canals and the proximal border with the insertion of the collateral sesamoidal ligament are especially pointed out. In the flexor tendons the part of dense tendinous tissue is 85-88%, combined with 11-14% connective tissue and 0.5-1.0% blood vessels. In the insertional part of the tendons fibrocartilage is frequently present. The findings of the normal topographic histology shall serve as a basic supplement in reading the various imaging scans and for the assessment of pathological alterations.

Keywords: histology, flexor tendons, area of the pastern and coffin joint, basis for imaging scans, horse

Einleitung und Fragestellung

Die zahlreichen Erkrankungen im Bereich der Zehe und ihrer Beugesehnen machen immer mehr differenzierte diagnostische Maßnahmen nötig (Wintzer et al. 1976, Dyson and Kidd 1993, Hertsch und Höppner 1999, Denoix 2000, Rijkenhuizen 2006). Neben der Darstellung der makroskopischen Anatomie, von makroskopischen Schichtbildern, und den Schnittbildern der Sonographie und der Kernspintomographie (MRI), wie sie Denoix (2000) vorlegte, fehlen noch viele histologische Klärungen, vor allem die Darstellung histologischer Strukturen in ihrem topographischen Umfeld. Bisher wurden meist nur kleine Bereiche histologisch geklärt, z.B. (Webbon 1978 und 1982, Breit 1995, Breit und König 1995, Bowker und van Wulfen 1996, Blunden et al. 2006 a und b). Die technischen Schwierigkeiten, das sehr derbe Sehnenmaterial und die benachbarten Strukturen, Knochen,

Gelenke, Faszien histologisch im Zusammenhang darzustellen, sind sicher dafür verantwortlich, dass in dieser klinisch so wichtigen Region bisher umfassende histologische Darstellungen fehlen. Auch die gängigen Lehrbücher der Histologie (Mosimann-Kohler 1990 und Liebich 2004) befassen sich wenig mit den großen Sehnen und der Zehenregion des Pferdes.

Es war daher das Ziel dieser Arbeit, mittels moderner Kunststoffeinbettungen die topographische Histologie der Beugesehnen in der distalen Zehengegend näher zu klären und zu dokumentieren. Ferner sollten außer der Normalstruktur verschiedene Gewebeanteile der unveränderten Beugesehnen an definierten Stellen erfasst werden als Grundlagen zur Beurteilung pathologischer Veränderungen oder zur Überprüfung von eingesetzten Therapien.

Material und Methoden

Zu den Untersuchungen standen die makroskopisch unveränderten Gliedmaßen von 6 Pferden (4 Freiberger, 2 Warmblutpferde) im Alter von 5-16 Jahren zur Verfügung. Von jedem Tier wurde unmittelbar nach der Schlachtung je eine Vorder- und Hintergliedmaße in Mitte des Unterarms bzw. Unterschenkels abgesetzt und in Streckstellung von der A. mediana bzw. der A. tibialis cranialis fixiert. Die Gliedmaßen wurden zuerst mit 1 l 0.9% NaCl mit je 250 i.E. Heparin pro ml gespült und danach mit 1 l einer Mischung aus 2.5% Glutaraldehyd und 1.3% Formaldehyd durch Perfusion fixiert, wobei der Behälter mit der Fixationslösung 1.5 m über der Kanüle platziert war.

Nach 24 Stunden wurden die Zehenteile ab dem distalen Drittel des Fesselbeins in große Segmente zerlegt. Je eine Hälfte der axial halbierten Zehen wurde für Längsschnitte, die andere für Querschnitte verwendet. Pro Zehe wurden je Hälfte ein proximaler und ein distaler Block der Masse 3x4x5 cm hergestellt und für weitere 3-5 Tage im gleichen Fixationsgemisch mit 2.5% Glutaraldehyd und 1.3% Formaldehyd nachfixiert.

Nach einer Dehydration während einer Woche in Alkohol und Xylol wurden die großen Blöcke über zwei Wochen mit Methylmetacrylat infiltriert und in Methylmetacrylat eingebettet. Von den Kunststoffblöcken wurden stufenweise mit einer Diamant beschichteten Bandsäge (Exact, Firma Haslab, CH-3072 Ostermündigen) Gewebeblättchen von 1.5 mm Dicke hergestellt. Die Gewebeblättchen wurden auf einen Polyacryl-Objektträger aufgeklebt und anschließend gepresst. Danach wurden aus diesen Präparaten mit der Mikrotomfräse Leica SP2600 (Leica, CH-8152 Glattbrugg) Präparate von 300 µm Dicke hergestellt, die zum Schluss meist noch mit einem Schleifgerät und Schleifpapier der feinsten Körnung (Sic-Papier 4000) fein geschliffen wurden. Die Präparate wurden meist mit Hämalaun-Eosin, zum Teil auch mit Toluidinblau oder Alcianblau-PAS gefärbt.

Zur Bestimmung der Gewebeanteile an den Beugesehnen wurden diese an Querschnitten definierter Lokalisation mit einem Punktzählverfahren und dem Computerprogramm „Analysis“ (Soft Imaging System, D) und Verwendung des 10-er Objektivs erfasst. Dabei interessierten die Gewebeanteile nahe dem Ansatz der Sehnen und entfernt von diesen. Der Ansatzbereich der tiefen Beugesehnen lag unmittelbar über der Facies flexoria des Hufbeins, der Ansatz der oberflächlichen Beugesehne wenige Millimeter über der Kronbeinlehne. Auf der gleichen Höhe konnte die tiefe Beugesehne proximal, das heißt entfernt vom Ansatz untersucht werden, während für die proximale Schnittstelle der oberflächlichen Beugesehne Präparate aus der Mitte des Metacarpus (bzw. Metatarsus) gewählt wurden. Auf allfällige Unterschiede der Gewebeanteile an verschiedenen Lokalisationen wurde mittels Varianzanalyse oder mit dem Bonferroni Dunn-Test geprüft (Hüsler-Zimmermann 2001). Weitere, detaillierte Angaben zur Methodik sind aus der Dissertation von Y. Löschmann zu entnehmen.

Befunde

Krongelenksgegend

Im Bereich des Krongelenks (Abb. 1), ist die Kompakta der Knochen unter den von hyalinem Knorpel überzogenen

Gelenkflächen nur ca. 1 mm stark, während sie im Bereich der Diaphysen von Fesselbein bzw. Kronbein um 4 mm stark ist. Der hyaline Gelenkknorpel des Krongelenks ist ähnlich wie im Hufgelenk um 1 mm dick und seine oberflächliche Schicht besteht aus stark zur Oberfläche abgeplatteten Knor-

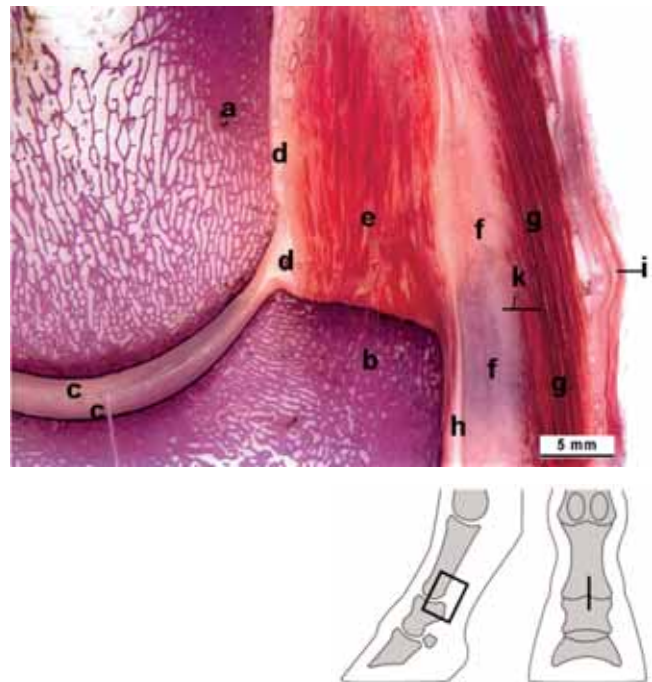


Abb 1 Axialschnitt durch das Krongelenk mit beiden Anteilen der tiefen Beugesehne. Hämalaun Eosin (HE) - Färbung. a Fesselbein; b Kronbeinlehne; c Gelenkknorpel; d palmare Bucht der Gelenkkapsel; e Lig. sesamoideum rectum; f-g tiefe Beugesehne: f Pars fibrocartilaginea, g ihr Sehnteil; h Fesselbeugesehnenscheide; i vierzipflige Fesselplatte; k Schnittstelle von Abb. 3.

Axial section of the pastern joint with the two parts of the deep digital flexor tendon. Hämalaun-Eosin-staining. a long pastern bone; b Tuberositas flexoria of the short pastern; c cartilage of the pastern joint; d palmar pouch of the pastern joint; e straight distal sesamoid ligament; f-g deep digital flexor tendon: f its fibrocartilaginous part, g its tendinous part; h proximal annular ligament; k section of fig. 3.

pelzellen. Unter dem hyalinen Knorpel ist jeweils auch eine deutliche Verkalkungszone des Knorpels zu sehen, die bei Hämalaun-Eosinfärbung dunkelblau erscheint.

Die Gelenkkapsel des Kron- und Hufgelenks sowie die Hülle der übrigen synovialen Einrichtungen, die Fesselbeugesehnenscheide und die Bursa podotrochlearis, lassen sich wie üblich in eine Membrana synoviales und eine Membrana fibrosa unterteilen. An der Membrana synovialis sind an Stellen, die vor allem druckbelastet sind, die Synoviadeckzellen stark abgeplattet und oft schwierig zu erkennen. Dagegen sind an der dorsalen und der palmaren* Bucht des Krongelenks sowie in allen anderen Ausbuchtungen des Hufgelenks und der synovialen Einrichtungen deutliche Zottenbildung der Membrana synovialis vorhanden. Die Membrana synovialis trägt hier flache bis kubische Synoviadeckzellen, Synovialozyten genannt, hinter denen zahlreiche perlenähnlich angeordnete Blutgefäße, meist Kapillaren zu sehen sind.

In den axialen Längsschnitten dominiert hinter dem Krongelenk vor allem das Lig. sesamoideum rectum (Abb. 1), dessen straf-

fe Sehnenfasern ähnlich wie in den Beugesehnen vor allem in proximo-distaler Richtung verlaufen. Der Ansatz der oberflächlichen Beugesehnen ist nur in abaxialen Längsschnitten zu finden, auf denen auch die Palmar- bzw. Plantarbänder des Krongelenks getroffen sein können. An den Ansatzstellen der Seh-

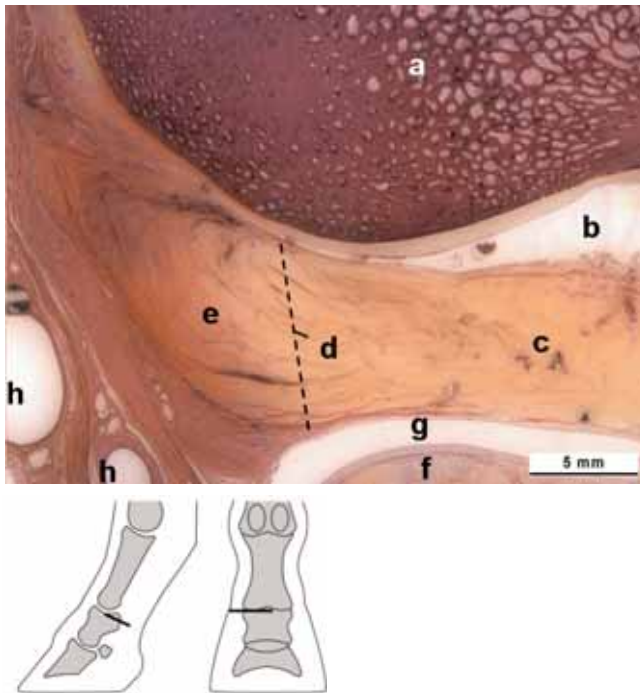


Abb 2 Querschnitt durch die Beugesehnen und das Lig. sesamoideum rectum im Bereich des Krongelenks 3-5 mm proximal der Kronbeinlehne. Das Lig. sesamoideum rectum und die Sehnenanteile des lateralen Schenkels der oberflächlichen Beugesehne sind hier kaum zu trennen. Die eingezeichnete Trennlinie berücksichtigt die proximal der Schnittstelle noch getrennten Teile. HE-Färbung. a Fesselbein; b palmare Bucht des Krongelenks; c Lig. sesamoideum rectum; d eingezeichnete Grenzlinie zur oberflächlichen Beugesehne; e lateraler Schenkel der oberflächlichen Beugesehne; f tiefe Beugesehne; g Fesselbeugesehnenscheide; h Blutgefäße.
Transverse section of the digital flexor tendons and the straight distal sesamoid ligament 3-5 mm proximal to the Tuberositas flexoria of the short pastern bone. HE-staining. The straight distal sesamoid ligament does not show an exact border to the lateral branch of the superficial flexor tendon. The designed borderline corresponds to the two separate structures as seen more proximally. a long pastern bone; b palmar pouch of the pastern joint; c straight distal sesamoid ligament; d designed borderline to the superficial digital flexor tendon; e lateral branch of the superficial digital flexor tendon; f deep digital flexor tendon; g digital synovial sheath of flexor tendons; h blood vessels.

nen und Bänder am Knochen ist oft Faserknorpel zu sehen. Auf Querschnitten ca. 3-5 mm proximal der Kronbeinlehne (Abb. 2) ist es lichtmikroskopisch kaum mehr möglich, die abaxial gelegenen Endschenkel der oberflächlichen Beugesehne gegen das Lig. sesamoideum rectum abzugrenzen. Das Lig. sesamoideum rectum, bzw. lateral und medial die Endschenkel der oberflächlichen Beugesehne, sind an ihrer Rückseite in einer Länge von ca. 40 mm (bis ca. 15 mm distal der Kronbeinlehne) von einer nur 0.5 mm dicken Schicht aus Faserknorpel bedeckt. Diese Gleiffläche für die tiefe Beugesehne wird als Scutum medium bezeichnet. Die Fasern dieses Knorpels verlaufen zur Oberfläche parallel.

Die tiefe Beugesehne zeigt von ca. 1 cm proximal der Kronbeinlehne bis in Mitte des Kronbeins zwei Teile (Abb. 1; 3): einen palmaren Teil, der aus straffem Sehngewebe besteht, in dem die kollagenen Faserbündel klar von proximal und distal ausgerichtet sind. Der palmare Teil zieht auch weiter

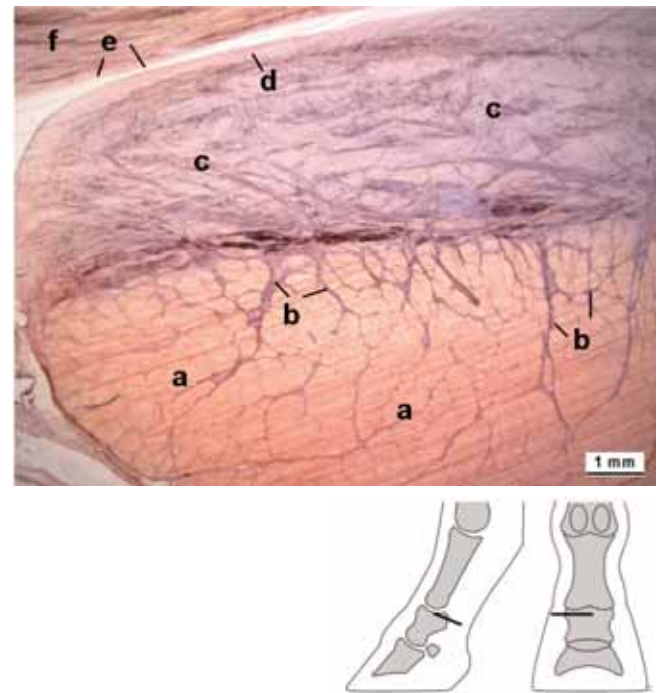


Abb 3 Querschnitt durch die tiefe Beugesehne in Höhe der Kronbeinlehne mit palmarem Sehnteil (a) und dem dorsalen Teil aus Faserknorpel (c). Lage des Querschnittes bei Abb. 1/k. HE. a Sehngewebe; b Septen des Peritendineum internum; c Faserknorpel; d Oberfläche des Faserknorpels zur Sehnnenscheide; e Faserknorpel an der Sehngleitfläche palmar der Kronbeinlehne; f straffes Bindegewebe.
Transverse section of the deep digital flexor tendon in the area of Tuberositas flexoria of the short pastern. The deep digital flexor tendon shows a palmar tendinous part (a) and a dorsal part of fibrocartilage (c). Location of the section see Fig. 1/k. a tendinous tissue; b membranes of Peritendineum internum; c fibrocartilage; d surface of the fibrocartilage on the side of the digital sheath; e fibrocartilage at the palmar surface of Tuberositas flexoria; f dense connective tissue.

distal bis zum Hufbein. Der dorsale Teil besteht histologisch aus Faserknorpel, der nur im oben angegebenen Bereich vorhanden ist und distal ca. 1 cm unter dem Scutum zu Ende ist. Dieses Ende reicht so weit wie die distale Bucht der Fesselbeugesehnenscheide (Abb. 1), die dorsal noch weiter distal geht als palmar. Der Faserknorpelteil wird von Denoix (2000) als Pars fibrocartilaginea bezeichnet.

Ein zum Kronbein ziehender „Kronbeinschenkel“ der tiefen Beugesehne konnte im vorliegenden Untersuchungsgut nicht nachgewiesen werden. Palmar an der tiefen Beugesehne findet man in der Krongelenksgegend noch die distalen Teile der vierzypeligen Fesselplatte, die eine Faszienv Verstärkung ist (Abb. 1).

Die Querschnitte lassen noch besser als die Längsschnitte die Felderung und Unterteilung der Sehnenbündel durch das gefäßführende Peritendineum internum erkennen, wie das Beispiel an der tiefen Beugesehne zeigt (Abb. 3). Die kleinsten

Bündel, in denen innen keine Gefäße mehr sichtbar sind, sind die Primärbündel. Im Sehngewebe selbst und auch zwischen den Primärbündeln sieht man oftmals spaltähnliche, mit Kunststoff gefüllte, schmale Bänder, die bei der starken Dehydratisierung als Artefakte entstanden sind. Im Sehngewebe sind mehrere Primärbündel zu Sekundärbündeln zusammengefasst und die Sehnenoberfläche wird von einem umhüllenden Bindegewebe, dem Epitendineum umgeben. Schon bei kleinen Vergrößerungen fallen die oft großen Abstände zwischen den gefäßführenden Bindegewebssepten auf, ein Befund, der auch für die oberflächliche Beugesehne und das Lig. sesamoideum rectum gilt.

Hufgelenksgegend

Am Kronbein wie am Hufbein ist die Kompakta relativ kräftig ausgebildet, an den Gelenkflächen aber ähnlich wie am Krongelenk nur ca. 1 mm dick. Im Unterschied dazu ist jedoch die Kompakta des Strahlbeins relativ dünn (Abb. 4): auf der Gelenkseite ist sie 2 mm auf Seite der Facies flexoria nur um 1 mm dick. Außerdem ist die Spongiosa des Strahlbeins locker strukturiert und zeigt Fettzellen zwischen den Knochenbälkchen. Auf Seite des Hufgelenks ist der hyaline Gelenkknorpel um 1 mm dick; die Facies flexoria des Strahlbeins ist von Faserknorpel bedeckt (Abb. 4-6), der zwischen 0.3 und 0.8 mm dick ist. In der Nähe der Oberfläche verlaufen die Faserzüge dieses Knorpels parallel zur Oberfläche, in der Tiefe ist er mit senkrecht zur Oberfläche gerichteten Fasern im Knochen verankert. Die Verkalkungszone zum Knochen hin ist um 100 µm breit.

Am Margo distalis des Strahlbeins sieht man die Canales sesamoidales (Abb. 4-5), die sich deutlich als Einsenkungen der palmaren Bucht des Hufgelenks gegen proximal erfassen lassen und in deren Wandabschnitten immer wieder auch Blutgefäße zu erkennen sind. Das Strahlbein-Hufbeinband hat eine auffallend lockere Anordnung der Kollagenfasern. Zwischen den mäßig dichten Faserbündeln, die in proximo-distaler Richtung ziehen und den Margo ligamenti des Strahlbeins mit dem Hufbein verbinden, finden sich immer auch Bereiche mit lockerem Bindegewebe, und vor allem palmar am Band sind häufig Blutgefäße mit relativ weitem Lumen zu sehen (Abb. 4-5). Der Abstand zwischen der palmaren Bucht des Hufgelenks und der Bursa podotrochlearis beträgt nur um 3 mm.

Am Margo proximalis des Strahlbeins ist die straffe, kompakte Struktur des Fesselbein-Strahlbeinbandes besonders auffallend (Abb. 5; 7). Dieses Band wird auch Lig. collaterale sesamoideale genannt. Von lateral und medial kommend strahlen dicht gebündelte Fasern von der Seite her in das Strahlbein ein und ziehen Richtung axial. Auf horizontal verlaufenden Querschnitten werden an diesem Band zahlreiche Faserbündel längs getroffen, auf den Sagittalschnitten (Abb. 4; 7) sind viele quergetroffene Faserbündel zu sehen. Dorsal des Lig. collaterale sesamoideale sind die weit nach palmar gerichteten Nischen der proximalen Bucht des Hufgelenks auffällig (Abb. 7). Getrennt durch eine gefäßhaltige Bindegewebsbrücke folgt gegen palmar die proximale Bucht der Bursa podotrochlearis.

Die Bursa podotrochlearis ist in dorsopalmarer Richtung ein Kapillarspalt, der im Präparat eine Weite von ca. 1 mm hat.

In proximodistaler Richtung misst die Bursalänge um 4 cm und überragt das Strahlbein proximal bzw. distal mit je einem Recessus von ca. 1 cm Länge. Von lateral und medial beträgt die Breite der Bursa ca. 5 cm. Die Bursa podotrochlearis zeigt

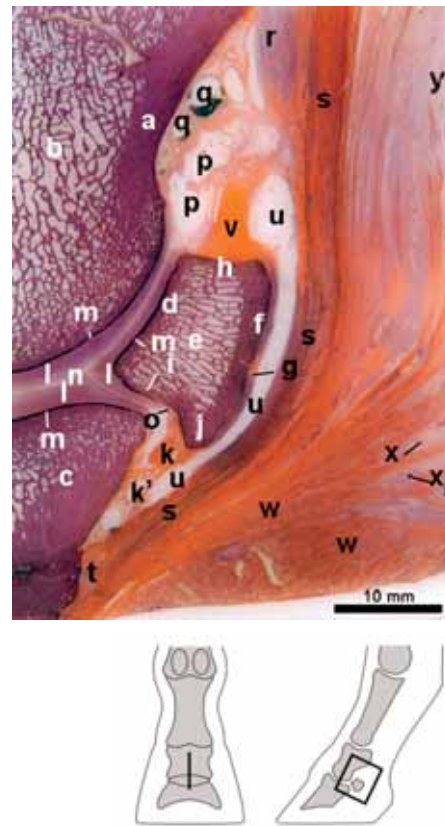


Abb 4 Axialer Längsschnitt durch das Hufgelenk und die angrenzenden Sehnen und Bänder eines Vorderfusses vom Pferd (HE). a-b Kronbein: a Compacta, b Spongiosa; c Hufbein; d-j Strahlbein: d Compacta der Gelenkfläche, e Spongiosa, f Compacta der Facies flexoria, g Faserknorpel der Facies flexoria, h Margo proximalis, i Margo distalis, j Margo ligamenti am Margo distalis; k Strahlbein-Hufbeinband mit Gefässen k'; l Gelenkknorpel des Hufgelenks; m Verkalkungsbereiche des Knorpels (violette Linien); n-p Gelenkhöhle des Hufgelenks: n enger Gelenkspalt, o Canalis sesamoidalis im Margo distalis des Strahlbeins, p proximale palmare Bucht; q Blutgefäße palmar am Kronbein; r-t tiefe Beugesehne: r ihre Pars fibrocartilaginea, s ihr sehniger Teil, t ihr Ansatz am Hufbein; u Bursa podotrochlearis; v Faserzüge des Fesselbein-Strahlbeinbandes, Lig. collaterale sesamoideale, bildet einen Teil der Gewebebrücke zwischen Bursa podotrochlearis und Hufgelenk; w-x Ballenpolster: w straffes Bindegewebe, x Fettgewebe; y lockeres Bindegewebe proximal.

Axial longitudinal section of the coffin joint and adjacent tendons and ligaments of a forefoot of a horse (HE). a-b short pastern bone: a Compacta, b Spongiosa; c coffin bone; d-j navicular bone: d Compacta under the joint surface, e Spongiosa, f Compacta under Facies flexoria, g fibrocartilage of Facies flexoria, h Margo proximalis, i Margo distalis = distal border, j Margo ligamenti of Margo distalis; k distal navicular ligament with blood vessels (k'); l cartilage of the coffin joint; m area of calcification of cartilage (violet lines); n-p cavity of the coffin joint: n narrow articular space, o Canales sesamoidales in the distal border of the navicular bone, p palmar proximal pouch; q blood vessels palmar to the short pastern; r-t deep digital flexor tendon: r its fibrocartilaginous part, s its tendinous part, t its insertion at the coffin bone; u navicular bursa; v fibres of the collateral sesamoid ligament which forms a part of the border between navicular bursa and the coffin joint; w-x bulb of the heel: w dense connective tissue, x adipose-tissue; y loose connective tissue, proximally.

Zotten der Membrana synovialis in den nicht druckbelasteten Zonen, vor allem in den Recessus. Diese Zotten sind mit 1-2 mm Länge wesentlich kürzer als diejenigen des Hufgelenks oder des Krongelenks. Die Gleitfläche der tiefen Beugesehne

ximalis der Bursa podotrochlearis, der sich wie erwähnt, durch kürzere Zotten von der Bucht der Gelenkkapsel unterscheidet. Die tiefe Beugesehne verliert im Bereich des distalen Endes der Fesselbeugesehnenscheide ihre Pars fibrocartilaginea. Sie

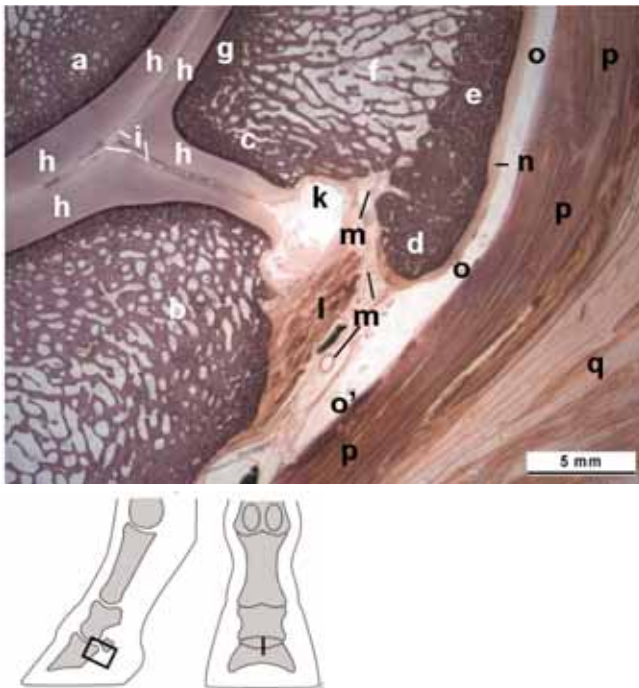


Abb 5 Axialschnitt durch die distale Hälfte des Strahlbeins und die angrenzenden Strukturen mit Canalis sesamoidalis des Hufgelenks (HE). a Kronbein; b Hufbein; c-g Strahlbein: c Margo distalis, d Margo ligamenti, e Kompakta der Facies flexoria, f Spongiosa, g Kompakta unter Gelenkfläche; h hyaliner Knorpel des Hufgelenks; i Gelenkspalte des Hufgelenks; k Canalis sesamoidalis vom Hufgelenk in Margo distalis; l Strahlbein-Hufbeinband; m Blutgefäße; n Faserknorpel auf Facies flexoria des Strahlbeins; o Bursa podotrochlearis, o' ihr distales Ende; p tiefe Beugesehne; q Ballenposter.

Axial longitudinal section of the distal part of the navicular bone and adjacent structures with a Canalis sesamoidalis of the coffin joint (HE). a short pastern; b coffin bone; c-g navicular bone: c Margo distalis, d Margo ligamenti, e Compakta of the Facies flexoria, f Spongiosa, g Compakta under the joint cartilage; h hyaline cartilage of the coffin joint; i joint space of coffin joint; k Canalis sesamoidalis of coffin joint in Margo distalis; l distal navicular ligament; m blood vessels, n fibrocartilage on Facies flexoria of the navicular bone; o navicular bursa, o' its distal end; p deep digital flexor tendon; q bulb of the heel.

auf dem Strahlbein ist auch auf Seite der Beugesehne von Faserknorpel überzogen (Abb. 6).

Die proximal vom Strahlbein aneinandergrenzenden synovialen Einrichtungen sind eng benachbart (Abb. 7) und nur durch Bindegewebssepten von mäßiger Dichte getrennt. In der Wand dieser Septen sind meist mehrere Gefäßanschnitte zu erkennen. Die palmare proximale Bucht des Hufgelenks hat oft weit nach palmar gehende Nischen und trägt in der Regel in seiner Membrana synovialis lange, feine Zotten, die eine Länge bis 5 mm aufweisen. Unmittelbar über diesem Recessus des Hufgelenks befindet sich die distale Bucht der Fesselbeugesehnenscheide, die auf der dorsalen Seite 1-2 cm weiter distal reicht als auf der palmaren/plantaren Seite. Distal angrenzend an den Recessus proximalis des Hufgelenks folgt nach einem Gewebeseptum das nur ca. 2 mm breit ist, der Recessus pro-

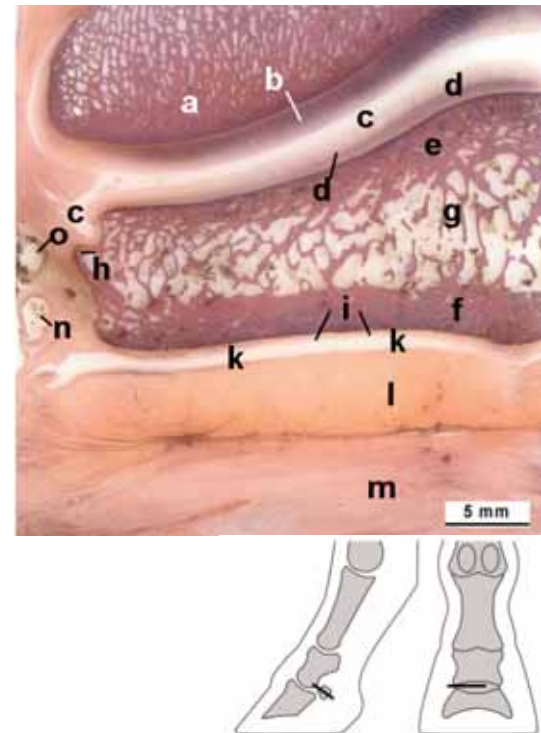


Abb 6 Querschnitt durch das Strahlbein und seine Nachbarorgane in Mitte = halbe Höhe des Strahlbeins (HE). a Kronbein; b hyaliner Knorpel an Gelenkfläche; c Gelenkspalte des Hufgelenks; d hyaliner Knorpelüberzug auf Gelenkfläche des Strahlbeins; e-h Strahlbein, laterale Hälfte: e Kompakta der Gelenkfläche, f Kompakta der Facies flexoria, g Spongiosa, h Margo lateralis; i Faserknorpel auf Facies flexoria; k Bursa podotrochlearis; l tiefe Beugesehne, laterale Hälfte; m Ballenpolster; n Arterie; o Vene.

Transverse section in the middle of the navicular bone and its adjacent structures (HE). a short pastern; b hyaline cartilage at the joint surface; c joint cavity of coffin joint; d hyaline cartilage at the joint surface of the navicular bone; e-h navicular bone, lateral part: e Compakta under the joint surface, f Compakta of Facies flexoria, g Spongiosa, h Margo lateralis; i fibrocartilage of Facies flexoria; k navicular bursa; l deep digital flexor tendon, lateral part; m bulb of the heel; n artery; o vein.

hat noch ihren Anteil mit parallel verlaufenden, dicht beieinander liegenden Fasern, die gegen distal ziehen. In Nähe des breitflächigen Ansatzes an der Facies flexoria des Hufbeins fächern die Sehnenfasern mäßig auf und es ist zwischen ihnen ein leicht vergrößerter Teil von lockerem oder nur mäßig dichtem Bindegewebe vorhanden. Die der Facies flexoria des Strahlbeins gegenüberliegende Seite der tiefen Beugesehne trägt nur einen dünnen, um 20 µm hohen Überzug von Faserknorpel. Palmar an die tiefe Beugesehne schließt sich nur schwer abgrenzbar die Sohlenbinde an (Abb. 7), auf die das Ballenpolster folgt. Im Ballenpolster des Pferdes (Abb. 4; 7) hat es noch viel straffes Bindegewebe mit Faserbündeln, die bevorzugt von proximal nach distal ziehen bzw. ab der Strahlbeingegend gegen apikal und distal gerichtet sind. In den Ballenpolstern sind ebenso wie im Strahlkissen zwischen den straffen Faserbündeln nur relativ kleine Zonen von lockerem Binde- und Fettgewebe eingelagert.

Die Gewebeanteile der Beugesehnen

Das Punktzählverfahren ergab für die oberflächliche Beugesehne in Mitte des Metacarpus und für die tiefe Beugesehne in Höhe der Kronbeinlehne, entfernt von ihrem Ansatz, ähnliche Resultate: Das straffe Sehnen Gewebe lag im Mittel an Vorder- und Hintergliedmaße bei 87%, das lockere Bindegewebe betrug 5%, die gefäßführenden Bindegewebssepten lagen bei einem Gewebeanteil von 6%; der Anteil Blutgefäße schwankte zwischen 0.5 und 1.5%. Dabei zeigte sich, dass der Anteil an Blutgefäßen im Bereich der Kronbeinlehne, nahe dem Ansatz der oberflächlichen Beugesehne und noch entfernt vom Ansatz der tiefen Beugesehne, mit Werten zwischen 0.55 und 0.79% Blutgefäßen signifikant niedriger war als entfernt von der Kronbeinlehne ($p < 0.05$). Nahe dem Ansatz der Beugesehnen, d.h. über der Kronbeinlehne bei der oberflächlichen und über der Facies flexoria des Hufbeins an der tiefen Beugesehne, war der Anteil des Sehnen Gewebes mit 84% im Mittel signifikant niedriger als entfernt vom Ansatzbereich. Dagegen waren die Anteile an lockerem Bindegewebe mit 7% und die gefäßführenden Septen mit 8.5% insgesamt höher, wobei statistisch aber nur eine Tendenz zu erkennen war.

Die Punktzählungen bestätigen den visuellen Eindruck, dass im Sehnen Gewebe der Beugesehne die straffen Sehnenfaserbündel zu mehr als vier Fünftel überwiegen, dass der Anteil des lockeren Bindegewebes und der Septen insgesamt nur etwa 10-20% ausmachen, und dass der Anteil der Blutgefäße zwischen 0.5 und 1.5% verschwindend klein ist. Die Gefäße verlaufen vorwiegend longitudinal parallel zu den Sehnenfasern.

Pathologische Veränderungen am Strahlbein

Als Beispiel für die Erfassung von pathologischen Veränderungen und der diagnostischen Vergleichsmöglichkeit zu Normalbefunden soll die axiale Strahlbeingegend von Abb. 8 im Längsschnitt gezeigt werden. Das betreffende Pferd zeigte an der rechten Vordergliedmaße zeitweise eine Stützbeinlahmheit. Der histologische Schnitt weist im Bereich der Facies flexoria des Strahlbeins osteolytische Bezirke auf. Die osteolytischen Herde sind gefüllt mit Bindegewebe und es besteht eine Verklebung der tiefen Beugesehne mit der Facies flexoria des Strahlbeins. Weiter ist auch distal der hier sichtbare Canalis sesamoidalis erweitert. Die Befunde am Strahlbein und der anliegenden tiefen Beugesehne sprechen für die Diagnose einer Strahlbeinlahmheit.

Diskussion

Methodik

Die Kunststoffeinfettung in Methylmetacrylat ermöglicht es, große Gewebeanteile verschiedenster Konsistenz in ihrem Zusammenhang zu betrachten und deren histologische Struktur genau zu beurteilen. Damit ist eine histologische Abklärung im Sinne der topographischen Histologie als Ergänzung zu anderen bildgebenden Verfahren möglich.

Ein Nachteil ist die bei der starken Dehydratation entstehende Schrumpfung der Gewebe. Dadurch kamen die mit Kunststoff gefüllten schmalen Bänder zustande, die vor allem im Seh-

nengewebe deutlich wurden. Da diese Kunststoff gefüllten Zwischenräume vorwiegend das Innere des dichten Sehnen Gewebes betrafen, wurden diese als Artefakte anzusprechenden Bänder bei ihrer Lage im Sehnen Gewebe auch dem Sehnen Gewebe zugeordnet. Nach Smith (2005) enthält das Seh-

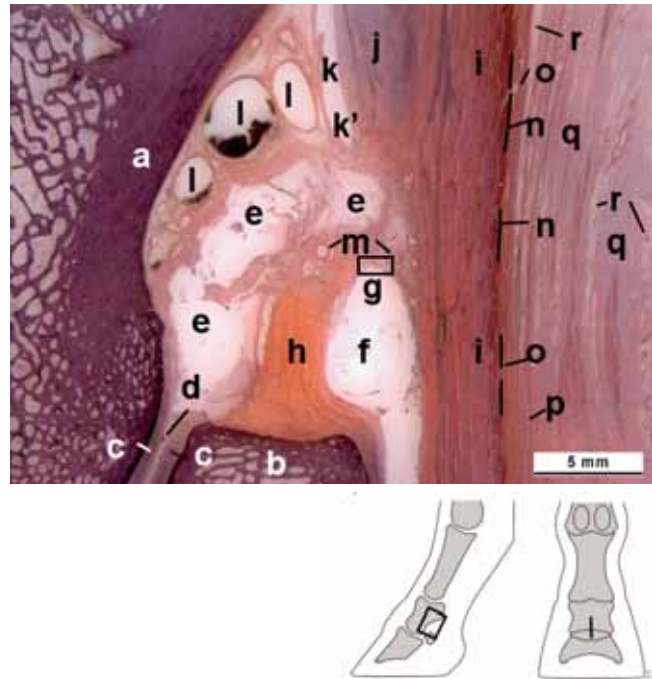


Abb 7 Axialschnitt durch die proximalen Buchten von Hufgelenk und Bursa podotrochlearis samt Nachbarorganen (HE). a Kronbein, Compacta; b Strahlbein, Margo proximalis; c-e Hufgelenk: c hyaliner Knorpel, d Gelenkspalte, e Recessus palmaris; f Recessus proximalis der Bursa podotrochlearis, g Bereich mit Zotten der Bursa; h straffes Bindegewebe des in den Margo proximalis einstrahlenden Fesselbein-Strahlbeinbandes = Lig. sesamoideum collaterale; i-j tiefe Beugesehne; i ihr Sehnteil, j distales Ende der Pars fibrocartilaginea; k Fesselbeugesehnenscheide, k' distales Ende der dorsalen Bucht; l grosse Blutgefäße zwischen Kronbein und Recessus palmaris des Hufgelenks; m Bindegewebsbrücken mit Blutgefäßen zwischen Recessus palmaris des Hufgelenks und Recessus proximalis der Bursa podotrochlearis; n Grenzlinie zwischen tiefer Beugesehne und Sohlenbinde; o Sohlenbinde; p-r Ballenpolster: p straffe Faserzüge, q dichtes Bindegewebe, r Fettgewebe.

Axial section of the proximal pouches of the coffin joint and navicular bursa and adjacent structures (HE). a short pastern, Compacta; b navicular bone, Margo proximalis; c-e coffin joint: c hyaline cartilage, d joint cavity, e palmar proximal pouch; f proximal pouch of the navicular bursa; g area with villi of the bursa; h dense connective tissue of the collateral sesamoid ligament; i-j deep digital flexor tendon: i its tendinous part, j distal end of the fibrocartilaginous part; k digital tendon sheath, k' distal end of its dorsal pouch; l large blood vessels between short pastern and the palmar pouch of the coffin joint; m connective tissue with blood vessels between the proximal pouches of the coffin joint and the navicular bursa; n borderline between deep digital flexor tendon and distal digital annular ligament; o distal digital annular ligament; p-r bulb of the heel: p dense fibres, q dense connective tissue, r adipose tissue.

nengewebe viel Flüssigkeit, das zum Teil bei der Dehydratation entzogen wird.

Befunde

An den Knochen im distalen Zehenbereich fällt vor allem die sehr dünne Kompakta des Strahlbeins, insbesondere im

Bereich von deren Facies flexoria auf. Der Befund mit einer Auflösung der Knochenkompakta an dieser Stelle dokumentiert auch die radiologisch oft festgestellten Veränderungen im Strahlbeinbereich (Rijkenhuizen 2006).

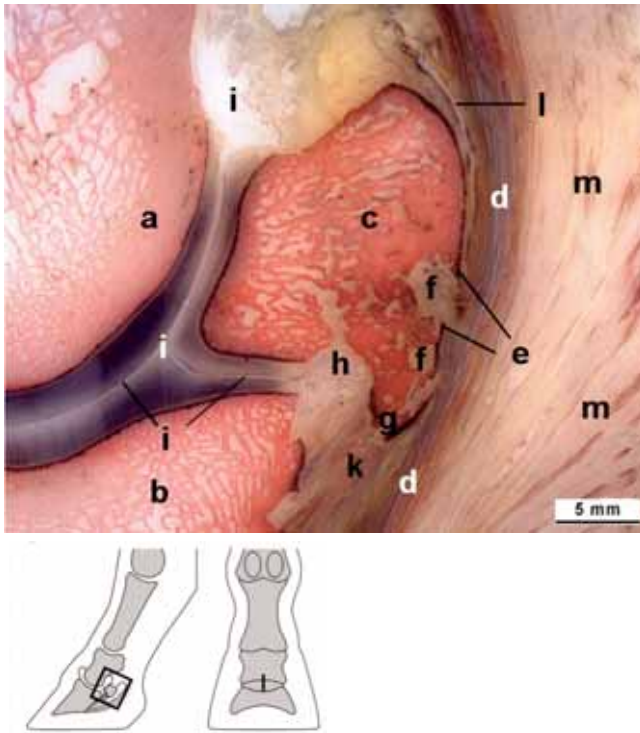


Abb 8 Axialschnitt durch die Strahlbeinengegend mit pathologischen Veränderungen am rechten Vorderfuß eines 14jährigen Pferdes (HE). a Kronbein; b Hufbein; c Strahlbein; d tiefe Beugesehne; e Verklebung der tiefen Beugesehne mit der Facies flexoria des Strahlbeins; f osteolytische Bezirke gefüllt mit Bindegewebe in Kompakta; g verlängerter Margo ligamenti; h erweiterter Canalis sesamoidalis des Hufgelenks; i Gelenkspalt des Hufgelenks; k Strahlbein-Hufbeinband; l proximaler Rest der Bursa podotrochlearis, ab Strahlbeinmitte ist sie im axialen Bereich verschwunden; m Ballenpolster.
Axial section of the navicular bone with pathological changes. Histological specimen of a right fore foot of a horse at the age of 14 years. a short pastern; b coffin bone; c navicular bone; d deep digital flexor tendon; e adhesion of the deep digital flexor tendon with Facies flexoria of the navicular bone; f osteolytic area in the navicular Compacta, containing connective tissue; g elongated Margo ligamenti; h enlarged Canalis sesamoidalis of the coffin joint; k distal navicular ligament; l proximal rest of the navicular bursa, which has disappeared in the middle and axial part of the navicular bursa;

An den Gelenken ist die Membrana synovialis besonders an ihren Ausbuchtungen gut zu erkennen. Die großen Zottenbildungen sind nur in den Recessus vorhanden. Der hyaline Knorpel aller Gelenkflächen ist gut unterscheidbar vom Faserknorpel, der überwiegend relativ dünn die Gleifflächen überzieht, über die im Untersuchungsbereich die tiefe Beugesehne hinweg gleitet. Die eine Gleiffläche ist das Scutum medium im Bereich der Kronbeinlehne (Denoix 2000, Wissdorf et al. 2002), die andere liegt im Bereich der Facies flexoria des Strahlbeins.

Die Sehnen zeigten überwiegend einen proximodistalen Faserverlauf, ähnlich wie dies auch in den Arbeiten von Kaminski (2006) und Weingart (2006) im Bereich der Mittelfusses

gezeigt wurde. Die Gewebeanteile mit etwa 87% Sehnenewebe lagen auch dort auf ähnlichem Niveau; der Anteil mit 0.5-1% Gefäßen (bis maximal 1.5%) ist auch am Mittelfuß so gering und der Gefäßverlauf ist vorwiegend in proximodistaler Richtung am Mittelfuß wie an der Zehe. Die Gefäßanteile bei 0.5% an der Kronbeinlehne in der tiefen und der oberflächlichen Beugesehne sind hier bemerkenswert niedrig. Die Auflockerung und Auffächerung der Beugesehnen am Ansatz wird auch in den Arbeiten von Otomo (1973) und König et al. (2003) beschrieben. Damit wird sehr wahrscheinlich das Insertionsgebiet der zum Knochen ziehenden Fasern vergrößert.

Der zweite Anteil der tiefen Beugesehne, der im Bereich der Kronbeinlehne als Pars fibrocartilaginea vorhanden ist, wird von Denoix (2000) und zuvor von Breit (1995) erwähnt. Er ist aber doch fast gleich dick wie der sehnige Anteil und fällt im histologischen Schnitt sehr stark auf. Ein Kronbeinschenkel der tiefen Beugesehne, wie er auch von Nickel et al. (2004) beschrieben ist, konnte in Übereinstimmung mit König et al. (2003a) auch in der vorliegenden Untersuchung nicht nachgewiesen werden.

Die aneinandergrenzenden synovialen Einrichtungen des distalen Zehenbereiches sind nur durch relativ locker strukturierte und dünne Gewebebrücken voneinander getrennt. Die von Hertsch und Höppner (1999) beschriebenen Canales sesamoidales des Recessus palmaris distalis des Hufgelenks lassen sich am Margo distalis des Strahlbeins histologisch gut darstellen. Das hinter dem Recessus palmaris distalis des Hufgelenks gelegene Strahlbein-Hufbeinband ist außerordentlich locker strukturiert. Wie von Bowker et al. (1996) sowie Bowker und van Wulfen (1996) und Hertsch und Höppner (1999) sowie weiteren Autoren erwähnt, besteht die Möglichkeit der Diffusion von Substanzen wie Anästhetika vom Hufgelenk zur Bursa podotrochlearis. Man beachte auch die palmar dem Band anliegenden zahlreichen Blutgefäße, auf die auch schon von Bowker et al. (1996) und Bowker und van Wulfen (1996) hingewiesen wurde.

Proximal über dem Strahlbein ist auch nur eine schmale Gewebebrücke zwischen dem palmaren Recessus des Hufgelenkes und der Bursa podotrochlearis sowie der distalen Ausstülpung der Fesselbeugesehnenheide vorhanden. Diese elastische Gewebebrücke wird von Pont et al. (2004) so benannt und auch von König et al. (2003b) beschrieben. Auch hier scheint es von der Struktur her verständlich, dass Medikamente, die in einen der synovialen Räume appliziert werden, auch in den anderen Hohlraum gelangen. Ein kräftiger sehnähnlicher Gewebezug ist dagegen das Fesselbein-Strahlbeinband, das als Lig. sesamoidale collaterale (Denoix 2000) von der Seite kommend in den proximalen Rand des Strahlbeins einstrahlt.

Die Technik der Herstellung von großen topographischen Präparaten mittels Kunststoffeinbettung erlaubt es, in dem klinisch so wichtigen Bereich der Zehe, die Feinstrukturen im topographischen Zusammenhang zu betrachten. Somit ist die topographische Histologie in der Lage, ergänzende Grundlagen zur bildgebenden Diagnostik und zur Beurteilung pathologischer Veränderungen zu liefern.

* In allen Fällen gilt der Begriff "palmar" für die Vordergliedmaße und der Begriff "plantar" für die Hintergliedmaße, falls nicht anders erwähnt.

Literatur

- Blunden A., S. Dyson, R. Murray and M. Schramme (2006 a): Histopathology in horses with chronic palmar foot pain and age-matched controls. Part 1: Navicular bone and related structures. *Equine vet. J.* 38, 15-22
- Blunden A., S. Dyson, R. Murray and M. Schramme (2006 b): Histopathology in horses with chronic palmar foot pain and age-matched controls. Part 2: The deep digital flexor tendon. *Equine vet. J.* 38, 23-27
- Bowker R. M. and K. K. van Wulfen (1996): Microanatomy of the intersection of the distal sesamoidean impar ligament and the deep digital flexor tendon: A preliminary report. *Pferdeheilkunde* 12, 623-627
- Bowker R. M., K. Linder, K. K. van Wulfen, R. L. Perry and P. J. Ocello (1996): Distributions of local anaesthetics into the distal interphalangeal joint and podotrochlear bursa: An experimental study. *Pferdeheilkunde* 12, 609-612
- Breit S. und H. E. König (1995): Rasterelektronische Untersuchungen zur Synovialmembran an Hufgelenk und Bursa podotrochlearis beim Pferd. *Tierärztl. Praxis* 23, 273-279
- Breit S. (1995): Zur Anatomie von Hufgelenk und Bursa podotrochlearis beim Pferd im Hinblick auf ihre klinische Relevanz. *Pferdeheilkunde* 11, 125-138
- Denoix J. M. (2000): *The Equine Distal Limb. An Atlas of Clinical Anatomy and Comperative Imaging.* Manson Publishing, London.
- Dyson S. J. and L. Kidd (1993): A comparison of responses to analgesia of the navicular bursa and intraarticular analgesia of the distal interphalangeal joint in 59 horses. *Equine vet. J.* 25, 93-98
- Hertsch B. und S. Höppner (1999): Zur Diagnostik des Podotrochlose-Syndroms in der Praxis. *Pferdeheilkunde* 15, 294-308
- Hüsler J. und H. Zimmermann (2001): *Statistische Prinzipien für medizinische Projekte*, 3. Auflage, Verlag Hans Huber Bern.
- Kaminski M. (2006): *Histologische Untersuchung der Normalstruktur der Beugesehnen und des Fesselträgers beim Pferd.* Diss. med. vet. Zürich
- König H. E., R. Macher, E. Polsterer-Heindl und C. Hinterhofer (2003a): Der tiefe Zehenbeuger des Pferdes im Bereich des Acropodium. *Pferdeheilkunde* 19, 476-480
- König H. E., R. Macher, E. Polsterer-Heindl, C. M. Sora, C. Hinterhofer, M. Helmreich und P. Böck (2003b): Stoßbrechende Einrichtungen am Zehenendorgan des Pferdes. *Wien. Tierärztl. Mschr.* 90, 267-273
- Liebich H.-G. (2004): *Funktionelle Histologie der Haussäugetiere*, 4. Auflage, Schattauer Verlag, Stuttgart.
- Mosimann W. und T. Kohler (1990): *Zytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie der Haussäugetiere.* Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg, 249-258
- Nickel R., A. Schummer und E. Seiferle (2004): *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*, Band 1, 8. Auflage, Verlag Paul Parey, Stuttgart.
- Otomo K. (1973): Histological studies in the insertion of the tendon on the distal phalanx of the horse. *Jap. J. vet. Res.* 21, 1-14
- Pont M., A. Propst, P. Böck, C. Hinterhofer, M.-C. Sora und H. E. König (2004): Schnattanatomie an der Zehe des Pferdes-insbesondere zur Feinstruktur der elastischen Bindegewebsbrücke zwischen tiefer Beugesehne und Kronbein. *Pferdeheilkunde* 20, 415-422
- Rijkenhuizen A. B. M. (2006): Review Article. Navicular disease: a review of what's new. *Equine vet. J.* 38, 82-88
- Smith R. K. W. (2005): Physiology of tendon and ligament. 9. Geneva Congress of Equine Medicine and Surgery. 13.-15. Dec. 2005.
- Webbon P. M. (1978): A histological study of macroscopically normal equine digital flexor tendons. *Equine vet. J.* 10, 253-259
- Webbon P. M. (1982): Preliminary study of tendon biopsy in the horse. *Equine vet. J.* 14, 383-387
- Weingart I. (2006): *Untersuchungen zur Innervation und Vaskularisation des M. interosseus medius beim Pferd.* Diss. med. vet. Zürich
- Wintzer H.-J., H.-H. Frey und A. Fitzek (1976): Untersuchungen zur Diffusion lokalanästhetischer Lösungen vom Hufgelenk in die Bursa podotrochlearis beim Pferd. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 118, 233-238
- Wissdorf H., B. Otto, B. Hertsch und H. Keller (2002): Hufbereich, Regio unguularis. In: Wissdorf, H., H. Gerhards, B. Huskamp und E. Deegen. *Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes.* 2. Aufl., Verlag M. und H. Schaper, Hannover.

Danksagung

Wir danken Prof. Dr. Dr. hc. Gerald Stranzinger, Institut für Nutztierwissenschaften, ETH Zürich für die finanzielle Unterstützung des Projektes und die Übernahme des Korreferates, Prof. Dr. Peter Wild, Frau Jocelyne Leclerc, Frau Erika Borer und Frau Vesna Horvat für die stetige Hilfe bei den Laborarbeiten, Herrn PD Dr. Michael Hässig für die Beratung in Fragen der Statistik sowie Frau Jeanne Peter und Frau Marlies Balushev für die Gestaltung der Abbildungen und des Manuskripts.

Prof. Hans Geyer
Veterinär-Anatomisches Institut
Vetsuisse-Fakultät, Universität Zürich
Winterthurerstr. 260, 8057 Zürich, Schweiz
hgeyer@vetanat.unizh.ch

Pferdeheilkunde Curriculum

Fohlenkrankheiten

letje Leendertse und Monica Venner

27.-28. Januar 2007

Humboldt-Universität, Tierarzneischulgarten, Ostertaghaus

www.curricula.cc