

4 Ergebnisse

An insgesamt 41 Gliedmaßenpräparaten wurden anatomische Studien, drei Operationsmethoden (A-D) und eine Kontrollstudie (E) durchgeführt.

4.1 Anatomische Studien

Die anatomischen Studien bestanden aus 3 verschiedenen Präparationen an insgesamt 12 Gliedmaßen.

Untersucht wurden Medianschnitte von 5 Gliedmaßenpräparaten, die mit Methylenblaulösung-Injektionen in Hufgelenke und FBSS in Flexions- und Extensionsstellungen tiefgefroren wurden.

An den Medianschnitten der Gliedmaßenpräparate sind alle synovialen Strukturen blau angefärbt. Durch die Distensionen und die Flexionsstellungen von Hufgelenk und FBSS kam es zu keinen makroskopischen Rupturen an den synovialen Strukturen.

Die palmaro-proximalen Hufgelenkaussackungen bestehen aus zusammenhängenden medialen und lateralen Seitenteilen und einem langen Mittelteil. Die Aussackungen reichen proximal bis zur Kronbeinlehne und liegen der dorsalen Kronbeinwand direkt an. Die Seitenanteile liegen proximaler als der Mittelteil. Die palmare Begrenzung stellen das Strahlbein und der proximale Anteil des Strahlbeinpolsters dar. Das Hufgelenk grenzt somit direkt an die FBSS und ist nur durch eine 1-2 mm dicke elastisch-bidegewebige Membran von ihr getrennt. Im Medianschnitt hat diese Verbindung eine S-Form und zieht von der TBS palmaro-distal nach dorso-proximal an den proximalen Rand des Strahlbeins, weiter zur palmaren Fläche des Kronbeins und inseriert an der Kronbeinlehne. Damit liegt die Hufgelenkaussackung zwischen dem Kronbeinschenkel der TBS und den Lig. sesamoidea collateralia.

Die Untersuchung der Ausbuchtungen der FBSS ergeben drei paarige (proximaler Endblindsack, proximaler Seitenblindsack, distaler Seitenblindsack) und zwei distale unpaarige Aussackungen (distaler Endblindsack und Palmarblindsack).

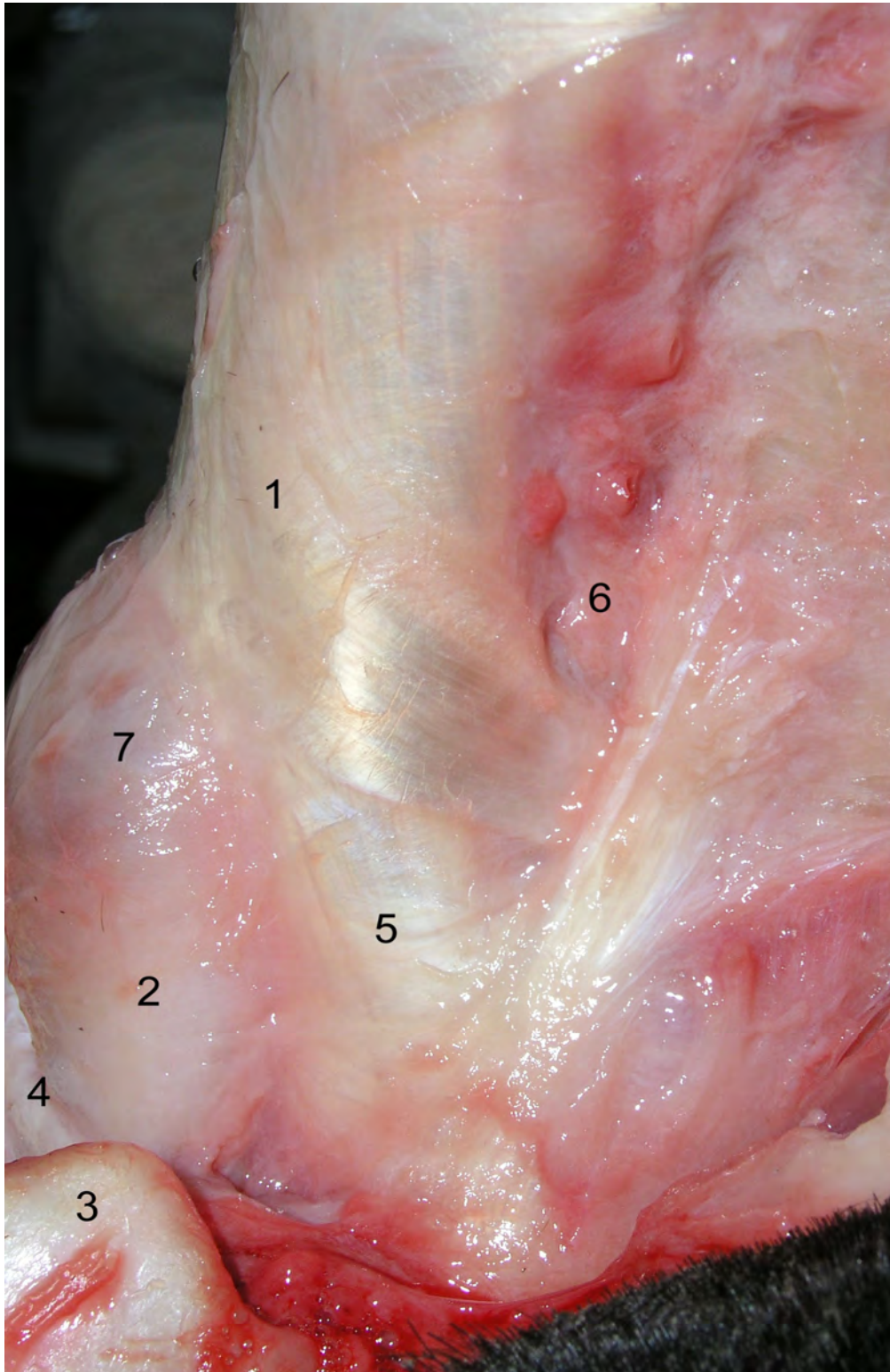


Abb. 6: Laterale Ansicht der distalen Fesselbeugesehnscheide.

- | | |
|--|---|
| 1 Vierzipflige Fesselplatte | 2 Tiefe Beugesehne |
| 3 Hufknorpel | 4 Sohlenbinde |
| 5 Ansatzschenkel der OBS | 6 Distale paarige Seitenaussackung der FBSS |
| 7 Distaler unpaariger Palmarblindsack der FBSS | |

In den anatomischen Studien wurden zwei Möglichkeiten untersucht und präparatorisch dargestellt, die als Operationszugang in die FBSS dienen könnten (Abb. 7 und 8):

- 1) die distale paarige Seitenaussackung zwischen dem proximalen und distalen Ansatzschenkel der vierzipfligen Fesselplatte
- 2) der distale unpaarige Palmarblindsack zwischen dem distalen Ansatzschenkel der vierzipfligen Fesselplatte und den seitlichen Ausläufern der Sohlenbinde

Mit einer Knopfsonde wurde die Länge zwischen den beiden untereinander liegenden Aussackungen bzw. Zugängen und dem distalen Endblindsack gemessen. Die Länge beträgt 3,5 cm bzw. 5,5 cm und die Knopfsonde hat dabei eine leicht diagonale Lage.

Bei dem oberen Zugang (1) kann die Knopfsonde nur diagonal in den schräg gegenüberliegenden medialen Seitenteil des Blindsackes vorgeschoben werden, weil das proximale Ende der Knopfsonde gegen den Fesselkopf stieß. Ein weiteres Hindernis und Verletzungsrisiko sind die Vincula tendini. Sie verlaufen zwischen der dorsalen Sehnenscheidewand, im unteren Drittel der distalen Gleichbeinbändern, und der dorsalen Fläche der TBS. Der Ursprung ist unmittelbar unterhalb des distalen Gurtes zu beobachten, den die oberflächliche Beugesehne an die tiefe Beugesehne abgibt. Bei allen 29 Präparaten befinden sich jeweils 2 Vincula tendini in der FBSS.

Bei dem Zugang über die distale unpaarige Palmaraussackung (2) penetriert man die Sehnenscheide palmar der Verbindungsstelle von Sohlenbinde und distalem Ausläufer der vierzipfligen Fesselplatte und palmar der neurovaskulären Strukturen. So gelangt man zwischen der dorsalen Sehnenscheidenwand und TBS und unterhalb der medialen und lateralen Ansatzschenkel der OBS in die Sehnenscheide. Bei der Benutzung des unteren Zuganges kann die Sonde genau in das Zentrum des distalen Blindsackes vorgeschoben werden. Dabei wird die Zugangsöffnung in der FBSS durch Manipulationen geringgradig traumatisiert und der Fesselkopf stellt kein Hindernis dar.

Je kürzer der Abstand, das heißt je näher der Zugang zum distalen Endblindsack in der Sehnenscheide, desto größer ist der Bewegungsspielraum im distalen Blindsack. In diesem Bereich der FBSS sind an den 12 Präparaten keine Vincula tendini in den anatomischen Studien zu sehen gewesen.

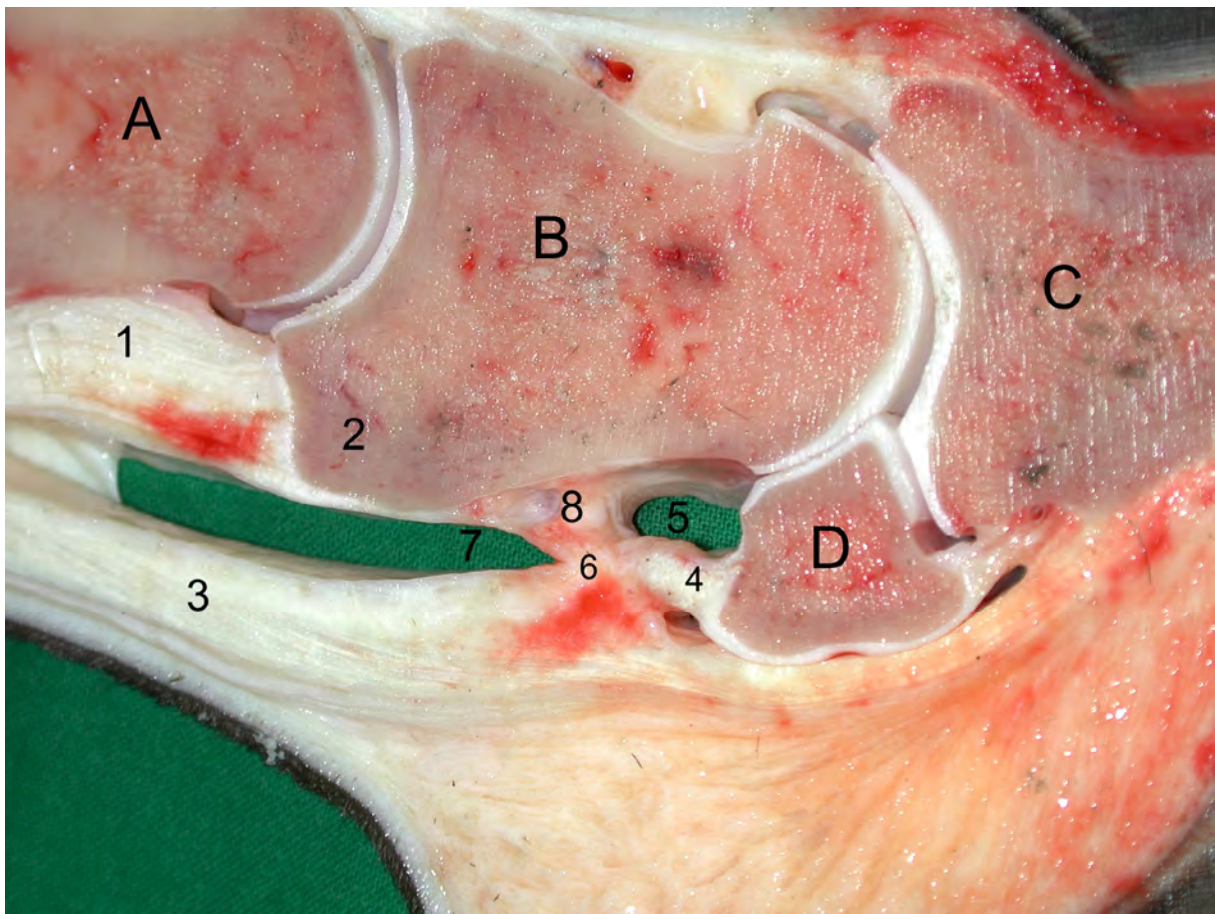


Abb. 7: Sagittalschnitt durch die distale Vorderzehe.

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| A Fesselbein | B Kronbein |
| C Hufbein | D Strahlbein |
| 1 Oberflächliche Beugesehne | 2 Kronbeinlehne |
| 3 Tiefe Beugesehne | 4 Fesselbein-Strahlbein-Hufbeinband |
| 5 Palmare Hufgelenkaussackung | 6 Kronbeinschenkel der TBS |
| 7 Distaler Blindsack der FBSS | 8 T-Ligament |

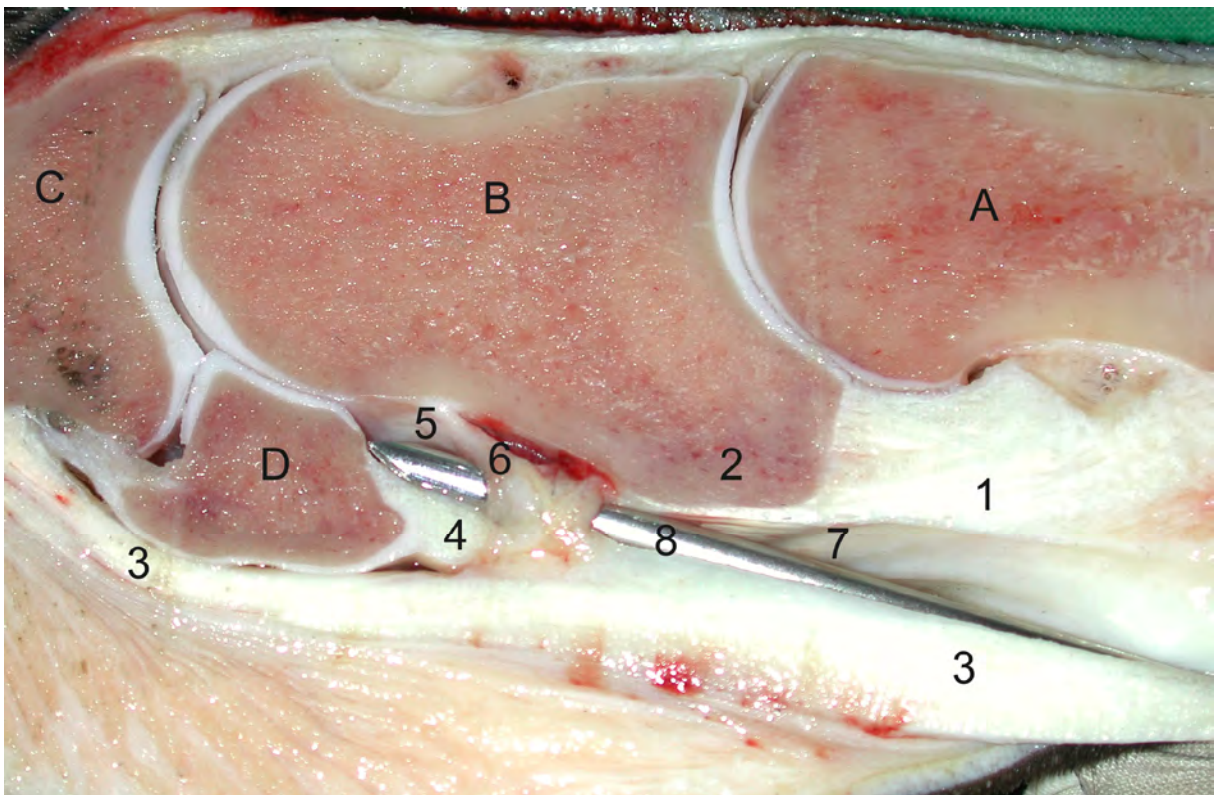


Abb. 8: Sagittalschnitt durch eine distale Vorderzehe mit Sonde.

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| A Fesselbein | B Kronbein |
| C Hufbein | D Strahlbein |
| 1 Oberflächliche Beugesehne | 2 Kronbeinlehne |
| 3 Tiefe Beugesehne | 4 Fesselbein-Strahlbein-Hufbeinband |
| 5 Palmare Hufgelenkaussackung | 6 Kronbeinschenkel der TBS |
| 7 Distaler Blindsack der FBSS | 8 Sonde |

An 5 weiteren Gliedmaßen wurden nach einem horizontalen Schnitt durch die beiden Beugesehnen in Höhe des Fesselbeins die FBSS eröffnet und adspektorisch untersucht (Abb. 9).

Die neurovaskulären Strukturen (Venae, Arteriae u. Nervi digitales palmares) verlaufen jeweils medial und lateral parallel zu den Beugesehnen und direkt oberhalb der seitlichen paarigen Sehnenscheidenaussackungen. Somit muss nach der Hautinzision besonders vorsichtig stumpf in die Tiefe präpariert werden um die Gefäße und den Nerv nicht zu beschädigen. Bei den Präparationen stellte die Spornsehne kein Problem dar.

Bevor die Sehnenscheidenwand perforiert wird, muss palpatorisch die TBS aufgesucht und leicht nach palmar gedrückt werden. Das Instrument kann nun in horizontaler Lage und in laterolateraler Stichrichtung zwischen die dorsale Fläche der TBS und der vorderen Sehnenscheidenwand etwa 2 cm tief platziert werden. Um nun die Instrumente in distaler Richtung verschieben zu können, muss die Gliedmaße leicht gebeugt werden. Damit wird die prominente Kronbeinlehne nach dorsal verlagert und kann so ohne Traumatisierungen durch die Instrumente passiert werden. Um in den distalen Endblindsack zugelangt, orientiert man sich konsequent an der vorderen Sehnenscheidewand. Wenn die Gliedmaße nicht exakt gebeugt ist, wird man mit dem Instrument durch die Kronbeinlehne nach palmar gedrückt und gelangt so an der TBS entlang in die Bursa podotrochlearis.

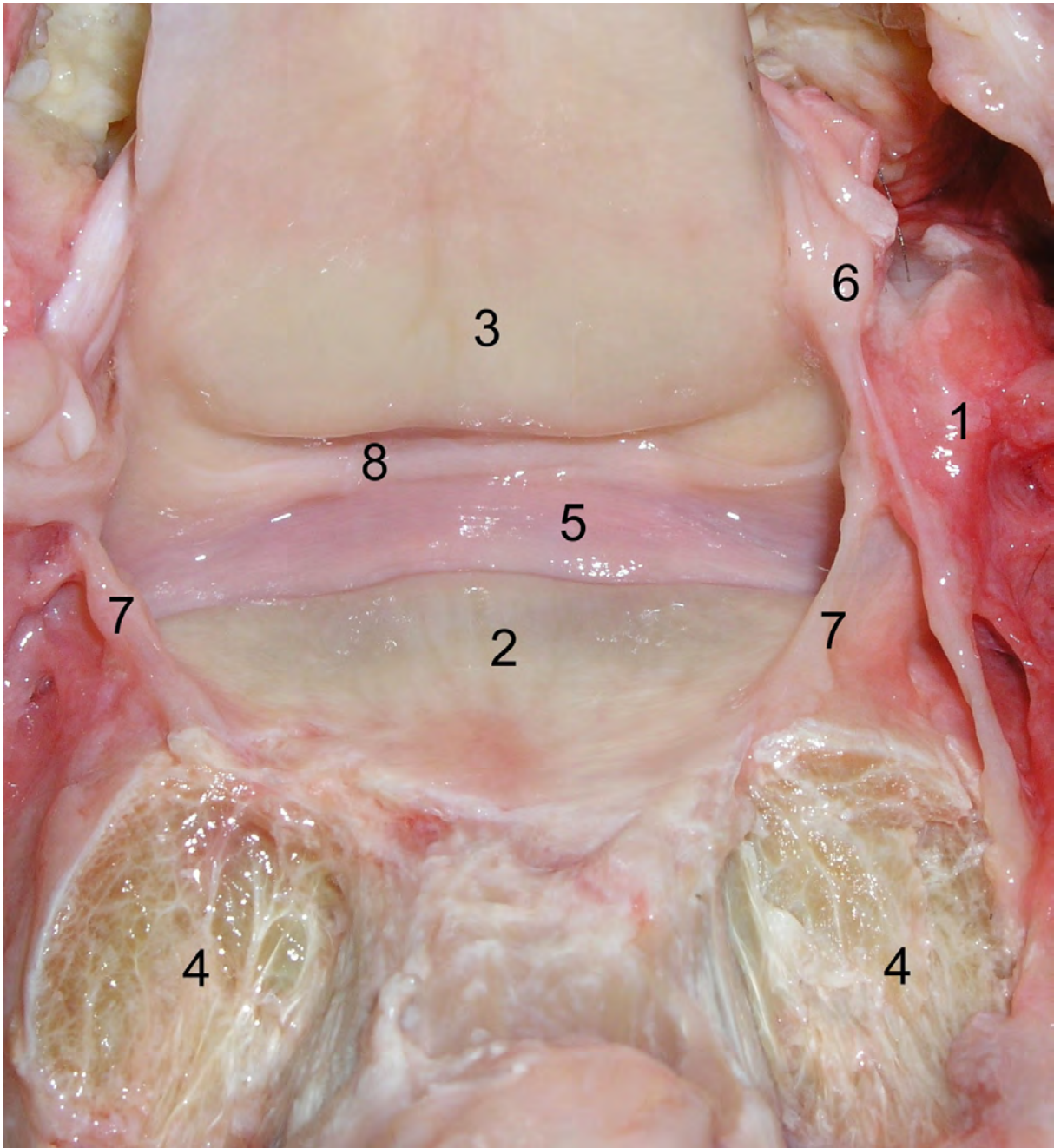


Abb. 9: Ansicht von proximal nach Eröffnung der Fesselbeugesehnenscheide auf die palmare Hufgelenkaussackung.

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 1 perivaskuläre Strukturen | 5 palmare Hufgelenkaussackung |
| 2 Kronbeinlehne | 6 Kronbeinschenkel der TBS |
| 3 Tiefe Beugesehne | 7 Distaler Blindsack der FBSS |
| 4 Oberflächliche Beugesehne | 8 Strahlbein |

Der distale Endblindsack der FBSS spannt sich aus einer bindegewebigen Membran zeltkuppelartig auf. Die Breite beträgt zwischen 5 – 8 mm, die Länge 19 – 23 mm und die Dicke liegt zwischen 0,8 – 1,0 mm. Die Form ist queroval und die Beschaffenheit ist sehr elastisch. Die Oberfläche ist blass-rosa, glänzend und glatt. Durch einen 1,5 cm langen Schnitt mit dem Skalpell kann die Verbindung eröffnet werden und in den palmaren Hufgelenkbereich eingesehen werden. Beim Durchtrennen der Verbindungen mit dem Skalpell wird eine zweischichtige Zusammensetzung makroskopisch sichtbar. Es gibt den Anschein, dass sie gegeneinander verschieblich sind. Zunächst durchtrennt man den Anteil der Sehnenscheidenwand und dann den Anteil der Hufgelenkaussackung. Daraufhin wird ein Abfluss von Synovia aus dem Hufgelenk in die FBSS beobachtet. Folgende Gelenkanteile werden sichtbar: die dorsale Gelenkfläche des Strahlbeins, die Rückseite und die Gelenkfläche des Kronbeins.

An zwei Gliedmaßen wurden Ausgusspräparate von Hufgelenk und FBSS angefertigt. Diese dienen der Darstellung der Kontaktfläche zwischen dem Recessus palmaris proximalis und dem distalen Endblindsack.

Der Hufgelenkausguß zeigt an der palmaren Hufgelenkaussackung (Recessus palmaris proximalis) zwei Einziehungen. So wird eine mediale, laterale und eine mittlere Ausbuchtung proximal gebildet. Die mittlere längliche Ausbuchtung stellt flächenmäßig den größten Kontakt zur FBSS dar. Die laterale Ausbuchtung ist größer und reicht weiter proximal als die mediale. Zwischen diesen Ausbuchtungen und dem Strahlbein befinden sich die schwach bogenförmig, transversal verlaufenden Einkerbungen der Ligg. sesamoideae collateralia (Abb. 10).

Der Ausguss der FBSS zeigt, dass der distale Blindsack gleichzeitig die proximale Begrenzung zum Recessus palmaris proximalis des Hufgelenkes bildet. Die beiden Synovialstrukturen werden lediglich durch wenig Bindegewebe voneinander getrennt. Die Größe der Kontaktflächen beträgt etwa 80 mm².

Bei den in der Studie untersuchten Präparaten waren bis auf die Anzahl der Vinculae tendineae keine Unterschiede der anatomischen Strukturen aufgefallen.

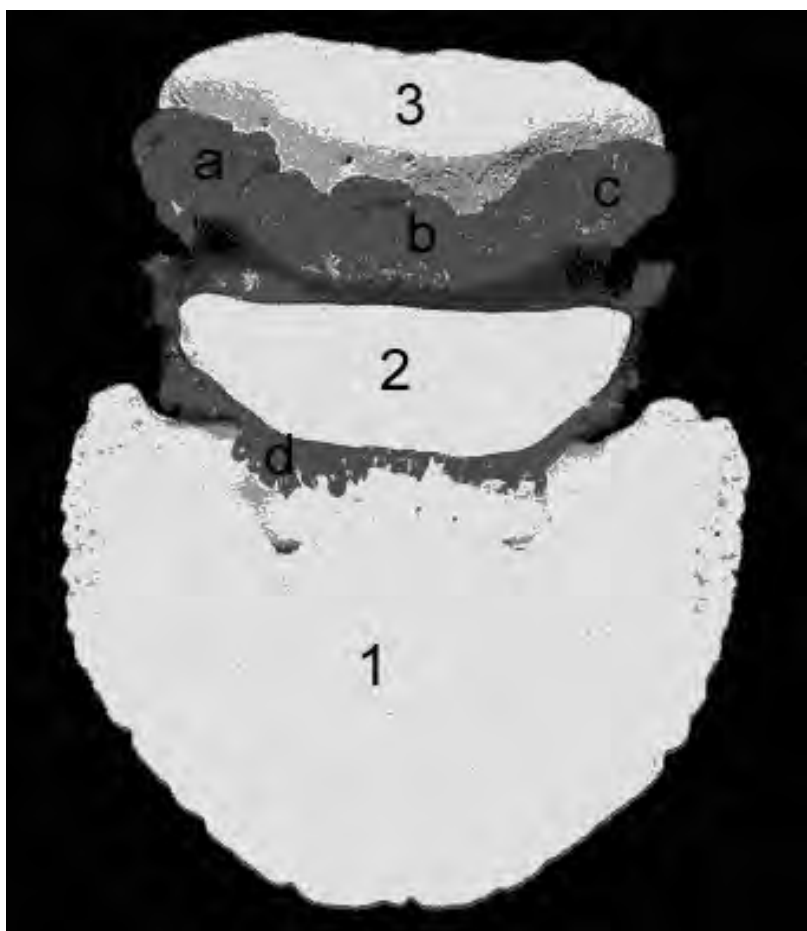


Abb. 10: Hufgelenkaussackungen am Ausgusspräparat von palmar.

- | | |
|--------------|--------------------------------------|
| 1 Hufbein | a, b, c Recessus palmaris proximalis |
| 2 Strahlbein | d Recessus palmaris distalis |
| 3 Kronbein | |

4.2 Allgemeine Vorbereitungen zu den Operationsmethoden

Um einen schnellen, reibungslosen und einfachen Operationsablauf zu erreichen, sind die Lagerung und die Vorbereitung der Gliedmaße von großer Priorität. Auch bei diesen Operationen muss zunächst eine routinenmäßige Vorbereitung durch scheren, säubern und desinfizieren erfolgen. Benötigte Lokalisationen sind die Injektionsstellen des Hufgelenkes, über den Recessus dorsalis, der FBSS über die proximalen paarigen Aussackungen oberhalb des Fesselgelenkes und der gesamte Bereich der Fesselbeuge. Im distalen Drittel der Fesselbeuge kann man sich gut palpatorisch an dem Hufknorpel und der tiefe Beugesehne orientieren.

Das Operationsfeld sollte vom Huf, auf Höhe des Kronsaumes und den Ballen, mit Op-Handschuhen und Kunststofftüchern (Inzisionsfolien) wasserdicht abgegrenzt werden.

So verhindert man, dass Schmutzpartikel durch die Spülflüssigkeit vom Huf in das Operationsfeld gelangen.

Die Gliedmaßenpräparate müssen in seitlicher Stellung so fixiert werden, dass die Zehengelenke frei beweglich bleiben. Somit muss die Gliedmaße im proximalen Röhreinbereich in einer Halterung fixiert werden, die eine Beugung während der Operation noch ermöglicht. Dadurch erhält man ein Operationsfeld mit großer Bewegungsfreiheit für die Benutzung der erforderlichen Instrumente und flexibler Beugung und Streckung der Zehengelenke. Der distale Bereich der Gliedmaße sollte von allen Seiten frei zugänglich sein.

Ein Esmarschlauch zur Gefäßkompression wird nicht benötigt und angewendet, da man verursachte Blutungen sofort erkennen und wenn notwendig durch eine Gefäßligatur beheben will, um so postoperative Blutungen zu vermeiden.

Als Distensionsmedium für das Hufgelenk standen Gas- oder Flüssigmedien zur Verfügung. Auf Grund des Versuchsaufbaues und der Methoden ist die Entscheidung für eine flüssige Distension des Hufgelenkes sinnvoller.

Die Distension des Hufgelenkes dient der Lokalisation, der leichteren Stichinzision und der Kontrolle über die vollständige Eröffnung der Hufgelenkkapsel. Denn durch einen erhöhten Hufgelenkdruck wölbt sich der Recessus palmaris proximalis in das distale Ende der FBSS und lässt sich so leichter auffinden und perforieren. Hierfür werden 8-10 ml Flüssigkeit intraartikulär benötigt. Die Punktion der dorsalen Hufgelenkaussackung war in den Versuchen komplikationslos durchzuführen.

Die Punktion der FBSS und das Auffüllen mit steriler isotoner Ringerlösung dienen der palpatorischen Lokalisation der Aussackungen und der einfacheren stumpfen Penetration.

Weiterhin ist das Einbringen der Instrumente einfacher und mit weniger Gefahren verbunden. Durch die vermehrte Flüssigkeit in der FBSS entsteht ein schmaler Raum von 4–5 mm zwischen TBS und der vorderen Sehnenscheidenwand. Zusätzlich ist dies die Voraussetzung für eine Endoskopie bzw. Tendovaginoskopie. Die erforderliche Flüssigkeitsmenge beträgt 60-80 ml. Der Innendruck wurde durch eine Arthroskopiepumpe konstant aufrecht gehalten. Auch hier gab es keinerlei Komplikationen bei der Punktion der FBSS nach den in der Literatur beschriebenen Lokalisationen.

4.3 Operationsmethoden (A-D)

Operationsmethode A

Zunächst wurde die Operationsmethode **(A)** mit einem Arthroskop als transendoskopische Methode an 5 Präparaten untersucht.

Bei dieser Methode sind zwei kontralaterale Zugänge gleichzeitig notwendig.

Die Lokalisation des Zuganges über die Sehnenscheide in der Fesselbeuge ist von großer Bedeutung. Folgende Auswahlkriterien sollten erfüllt werden: kurzer Arbeitsweg, Zugang über eine der Seiten- oder Endaussackungen und Möglichkeit eines zweiten kontralateralen Zuganges.

Um einen möglichst kurzen Arbeitsweg zwischen dem Sehnenscheidenzugang und dem distalen Endblindsack zu erhalten und den Vorteil einer Sehnenscheidenaussackung als Zugang nutzen zu können, wurden zwei Möglichkeiten im distalen Fesselbeugebereich als Instrumentenzugang getestet:

- 1) die distale paarige Seitenaussackung zwischen dem proximalen und distalen Ansatzschenkel der vierzipfligen Fesselplatte
- 2) der distale unpaarige Palmarblindsack zwischen dem distalen Ansatzschenkel der vierzipfligen Fesselplatte und den seitlichen Ausläufern der Sohlenbinde

Auf Grund der Ergebnisse aus den anatomischen Studien wurden die Operationsmethoden nur über den distalen Zugang (2) durchgeführt. Hierbei stellte sich heraus, dass dieser Zugang die technisch einfachste und anatomisch atraumatischste, durchführbare Methode ist.

Nachdem die FBSS ausreichend mit Flüssigkeit gefüllt ist, ließen sich die distalen paarigen Seitenaussackungen jeweils seitlich der tiefen Beugesehen und der distale unpaarige

palmare Endblindsack sehr gut palpieren. Dazu sind Mengen von ca. 60-80 ml Ringerlösung notwendig.

Nach einem ca. 1,5 cm langen Hautschnitt, 2 cm proximal des Hufknorpels und parallel zur TBS können die neurovaskulären Strukturen aufgefunden werden. Palmar der V., A. und des Nn. digitales palmares medialis/lateralis wird stumpf in die Tiefe präpariert. Es ist darauf zu achten, dass die neurovaskulären Strukturen nicht beschädigt werden.

Am Übergang der Sohlenbinde und des distalen Ausläufers der vierzipfligen Fesselplatte wird die distale paarige Aussackung der FBSS sichtbar. Der Zugang erfolgt unterhalb der medialen oder lateralen Ansatzschenkel der OBS. Dabei ist die schräg verlaufende Spornsehne zu schonen. Um die Gefahr von auftretenden Blutungen bei der Penetration der FBSS zu vermeiden, erfolgt diese durch einen stumpfen Trokar.

Der Zugang wird so gewählt, dass man mit verwendeten Instrumenten den distalen Blindsack der FBSS erreichen kann und gleichzeitig einen ausreichenden Bewegungsfreiraum in der Fesselbeuge gewährleistet ist (Abb. 12).

Ein Arthroskop mit dem Durchmesser von 4mm und einer 30°-Optik (Fa. STORZ) wurde bei diesen Versuchen verwendet. Die Arthroskophöhle wird mit einem stumpfen Obturator in die Inzisionsstelle, direkt auf die prallgefüllte Aussackung der FBSS, dorsal der TBS horizontal und in lateromedialer Richtung in die FBSS eingeführt. Nachdem Einführen der Arthroskophöhle und des stumpfen Obturators wird dieser gegen die Optik ausgetauscht.

Beim Vorführen und Positionieren ist es wichtig, die Innenauskleidung der FBSS und die kleinen gefäßführenden Vincula tendini nicht zu beschädigen, um Blutungen zu vermeiden. Auf Grund des distalen Zuganges stellen die Vincula tendini keine Hindernisse da.

Das Vorschieben gelingt nur, wenn man sich möglichst parallel mit leicht diagonaler Richtung an der dorsalen Fläche der TBS orientiert. Das proximale Ende des Arthroskop befindet bei dieser Position direkt neben dem palmaren Fesselgelenksbereich (Fesselkopf) und beeinträchtigt die Manipulationen. Des Weiteren ist beim Vorführen der Instrumente auf die palmar vorragende Kronbeinlehne und die als Gleitfläche dienenden schrägen und geraden Gleichbeinbänder (Scutum medium) zu achten. Das Vorschieben ist nur gegen einen straffen Widerstand möglich. Trotz der konstanten Distension der FBSS besteht nur ein Spalt von ca. 5 mm zwischen TBS und Scutum medium.

Auf Grund der Hufgelenkdistension wird der mittlere Teil des Recessus palmaris proximalis bei der endoskopischen Betrachtung wie eine querovale Zeltkuppel proximal in Richtung FBSS vorgewölbt und bewirkt so einen elastischen, federnden Widerstand beim Vorschieben des Instrumentes. Das Instrument zum Eröffnen der Verbindung kann nun über den kontralateralen Zugang symmetrisch zum Arthroskop eingeführt werden.

Durch die sehr straffen und engen Platzverhältnisse zwischen der tiefen Beugesehne und dem mittleren Gleitkörper, zusammengesetzt aus der Kronbeinlehne, dem Ligamentum

palmare und den beiden Schenkeln der OBS, ist die Gefahr von Traumatisierungen durch die Instrumente groß.

Von großer Bedeutung ist die Stellung der Gliedmaße bei der Lokalisation der Hufgelenkaussackung. Mit einer Beugung der distalen Gelenke kann das Instrument dorsal der TBS nahezu gerade vorgeschoben werden und gelangt in den distalen Endblindsack. Wird die Gliedmaße gestreckt, ist die Gefahr groß, die TBS zu beschädigen und die Bursa podotrochlearis zu penetrieren.

Die Eröffnung des distalen Sehnenscheidenendblindsackes und der palmaren Hufgelenkaussackung wird jeweils mit dem Desmotom und mit einer HF-Messer- bzw. Nadelelektrode getestet (s. D). Bei dieser Methode ist immer ein zweiter Zugang erforderlich. Durch die nun eröffnete Gelenkaussackung kann man in den palmaren Hufgelenkbereich einsehen und den Austritt von Synovia beobachten. Der Erfolg der Operationsmethode wird durch den Abfluss von Synovia aus dem Hufgelenk in die FBSS bestätigt.

Folgende Gelenkanteile werden endoskopisch sichtbar: die dorsale Gelenkfläche des Strahlbeines, die Palmarfläche sowie die Gelenkfläche des Kronbeines.

Bei den Versuchen mit der intraartikulären Applikation von Methylenblaulösung ist endoskopisch das Ausströmen von blauer Flüssigkeit aus dem Hufgelenk in die Sehnenscheide zu erkennen. Obwohl in der FBSS selbst während der Endoskopie ein erhöhter Flüssigkeitsdruck herrschte, verteilt sich die Hufgelenksflüssigkeit in proximaler Abflussrichtung.

Die Gefahr der Traumatisierung der Hufgelenkkapsel durch die Distension und das Beugen der Zehe zur Erweiterung der Sehnenscheide und zum widerstandsfreien Vorschieben der Instrumente ist gegeben, wird aber nicht beobachtet.

Die Bewegungsmöglichkeiten bei den bimanuellen Manipulationen sind auf Grund der Platzverhältnisse jedoch recht eingeschränkt. Es kam zu deutlichen Engpässen mit zwei Instrumenten innerhalb der Sehnenscheide. Die Bewegung und Flexibilität der Instrumente ist durch den nach palmar vorstehenden Fesselkopf eingeschränkt.

Bei diesen Untersuchungen sollen die Vor- oder Nachteile bei einem medialen oder lateralen FBSS-Zugang mit dem Arthroskop oder dem chirurgischen Instrument getestet werden. Es können keine Unterschiede zwischen dem medialen oder lateralen Zugang für das Arthroskop oder das Instrument festgestellt werden. Der distale Endblindsack kann von beiden Seiten erreicht werden. Die Distension des Hufgelenkes erleichtert das Einschneiden der Aussackung deutlich und verhindert die Verletzung von artikulären Strukturen.

Die endoskopisch sichtbaren anatomischen Gegebenheiten stimmen mit den Ergebnissen aus den anatomischen Studien überein.

Von großer Bedeutung ist die genaue Kenntnis über die anatomischen Verhältnisse und über die endoskopische Anatomie.

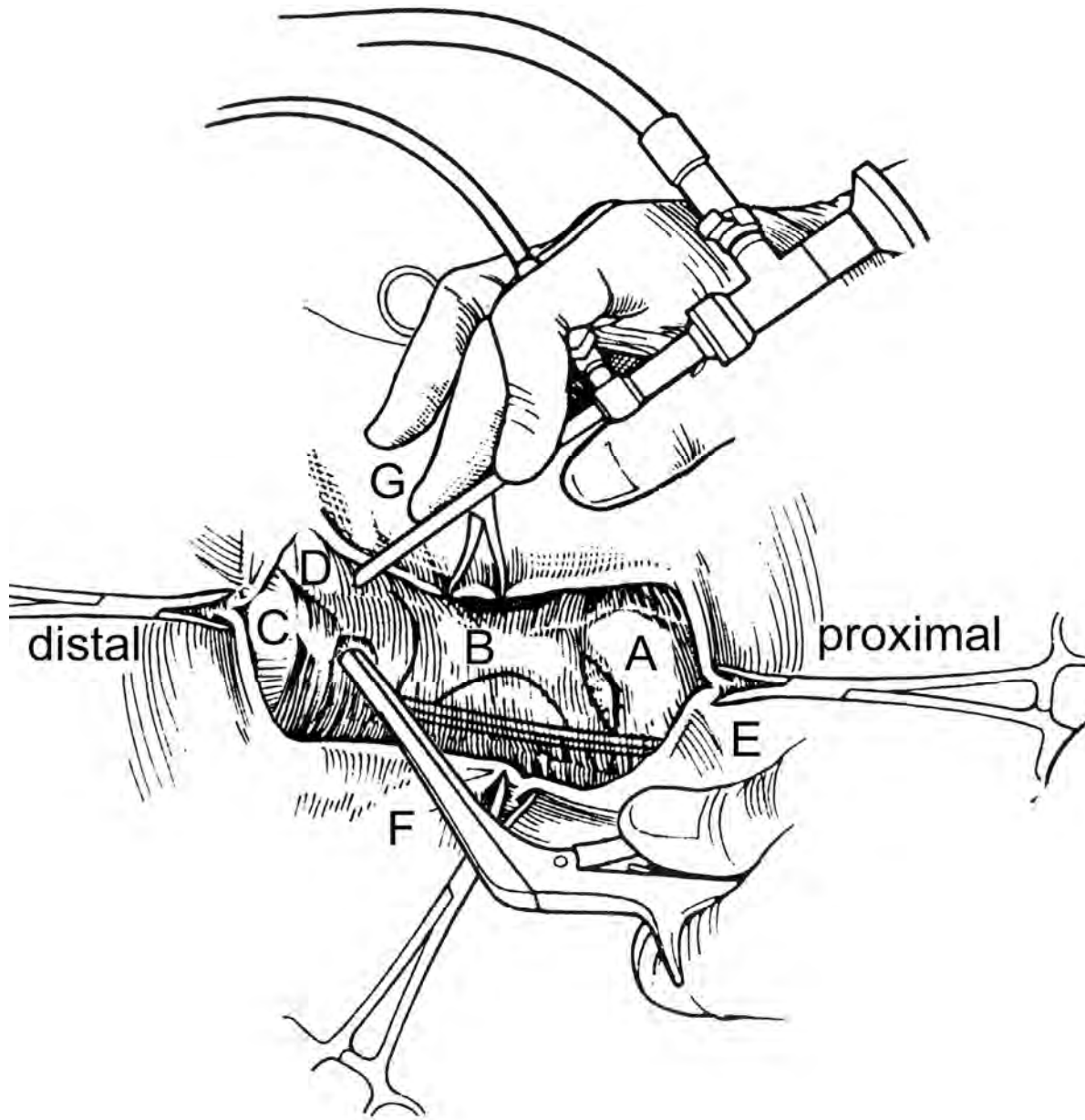


Abb. 11: Schematische Darstellung der bimanuellen Operationsmethode mit dem Endoskop und einem kontralateralen Instrument (modifiziert nach NIXON 1990).

A Fesselringband

B Vierzipflige Fesselplatte

C Sohlenbinde

D Tiefe Beugesehne

E Perivaskuläre Strukturen

F Distaler Zugang mit einem Instrument

G Distaler Zugang mit dem Endoskop

Operationsmethode B

Bei der Operationsmethode (**B**) wurde die Durchführbarkeit mit Hilfe des C-Bogens und der Verwendung von Kontrastmittel getestet. Hierzu wurden 8 Präparate verwendet. Für diese Methode ist nur ein Zugang über die FBSS erforderlich.

Die Eröffnung der FBSS und des Hufgelenkes wurde wie bei (A) jeweils mit dem Desmotom und mit einem HF-Messer- bzw. einer Nadelelektrode getestet (s. D).

Auf Grund der seitlichen Lagerung der Präparate lässt sich der C-Bogen komplikationslos einrichten. Das Einrichten des C-Bogens beansprucht aber viel Zeit und Platz in der Vorbereitungsphase.

Nach der Kontrastmittelgabe in das Hufgelenk stellt sich der Recessus palmaris proximalis in der latero-medialen Aufnahme dar.

Wenn die Punktionskanüle nach den beschriebenen Verfahren in die FBSS eingeführt wird, lässt sich die Position auf dem C-Bogen-Monitor kontrollieren und gegebenenfalls korrigieren. Die Punktionskanüle dient für den stumpfen Zugang in die FBSS und dem richtigen Positionieren von der Gliedmaße und dem C-Bogen. Sie wird danach durch das Instrument ersetzt. Um mit dem Instrument an der Kronbeinlehne vorbei in Richtung Hufgelenkaussackung zu gelangen, lässt sich die optimale Beugstellung der Gliedmaße sehr gut in seitlicher Durchleuchtungsprojektion einstellen.

Auf der dorso-palmaren Aufnahme erkennt man die geringgradige diagonale Lage des Instrumentes in der Sehnenscheide. Das distale Instrumentenende liegt deshalb seitlich bzw. paramedian direkt oberhalb auf der Hufgelenkaussackung. Sobald die Aussackung eröffnet wird, strömt Synovia mit dem Kontrastmittel aus dem Hufgelenk in proximaler Richtung in die Sehnenscheide. Es kommt zu einer gleichmäßigen Verteilung in der FBSS um die TBS, wobei die Funktion der OBS als ein Teil der palmaren Sehnenscheidewand deutlich wird.

Auch bei dieser Methode ist die Sehnenscheidenspülung von entscheidendem Vorteil. Der Zugang und der Wechsel der Instrumente werden deutlich vereinfacht. Das intrasynoviale Verletzungsrisiko ist geringer und der Raum im distalen Sehnenscheidenende wird erweitert.

Operationsmethode C

Die Methode (**C**), die Verbindung zum Hufgelenk mit einem Instrument ohne optische Kontrolle zu eröffnen, wurde an 13 Präparate erprobt.

Diese Methode wurde nur mit dem Desmotom durchgeführt, da der Einsatz von HF-Instrumenten ohne optische Kontrolle zu riskant ist.

Nach den gleichen Vorbereitungen wie in den zuvor durchgeführten Untersuchungen wird das Instrument in die FBSS eingeführt.

Der einseitige Zugang lässt sich auch bei diesen Versuchen komplikationslos durchführen. Das distale Vorschieben muss durch vorsichtiges Ausprobieren geschehen. Im Falle eines Widerstandes muss das Instrument zurückgezogen und die Lage korrigiert werden. Die Richtung des Instrumentes ist gering diagonal und wird 3,0 bis 4,0 cm distal vorgeschoben. Dabei muss mit der anderen Hand die Zehe leicht gebeugt werden. Als Orientierung dient lediglich der distale Verlauf der TBS (Abb. 12).

Äußerlich kann man die palmare Hufgelenkaussackung palpieren und das Instrument danach ausrichten. Das erste Hindernis ist die Kronbeinlehne. Um Traumatisierungen zu vermeiden soll das Instrument möglichst palmar gedrückt werden, um die dorsale Fläche der TBS als Gleitschiene nutzen zu können. Befindet sich das Instrument distal der Kronbeinlehne werden die Bewegungsmöglichkeiten deutlich eingeschränkt. Die Hufgelenkaussackung fühlt man nur durch den elastischen Flüssigkeitswiderstand der Aussackung. Eine Kontrolle und Dokumentation ist nicht möglich. Sobald die Aussackung eröffnet ist und Synovia abfließen kann, lässt der Widerstand beim Beugen des Hufgelenkes nach. Die palmare Hufgelenkaussackung ist nicht mehr zu palpieren. Als Nachweis der vollständigen Eröffnung des Hufgelenkes und eines Abflusses dient bei diesen Versuchen die Methylenblaulösung. Diese tritt aus der Zugangsöffnung der FBSS aus.

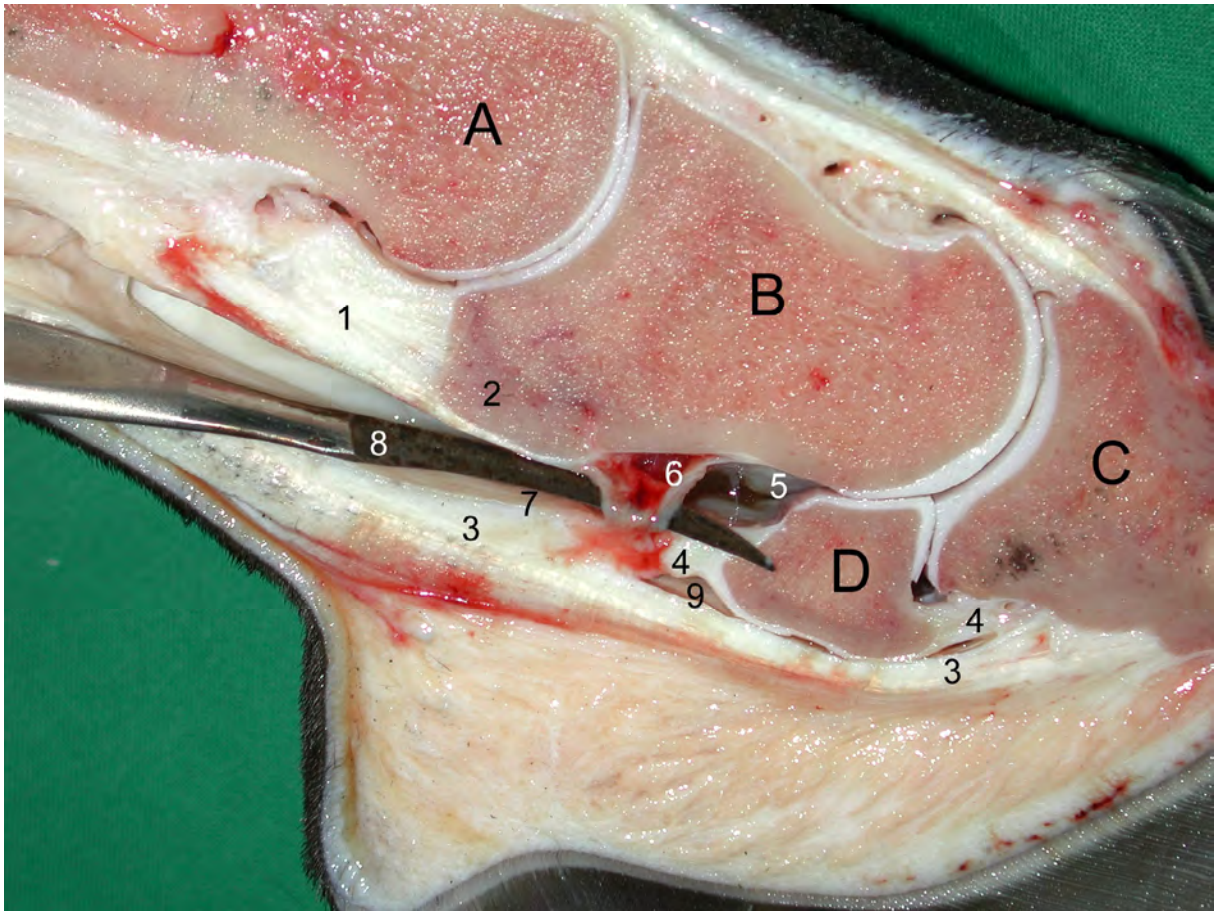


Abb. 12: Eröffnen der palmarproximalen Hufgelenkaussackung durch Durchtrennung des Kronbeinschenkels der TBS mit dem Desmotom.

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| A Fesselbein | B Kronbein |
| C Hufbein | D Strahlbein |
| 1 Oberflächliche Beugesehne | 2 Kronbeinlehne |
| 3 Tiefe Beugesehne | 4 Fesselbein-Strahlbein-Hufbeinband |
| 5 Palmare Hufgelenkaussackung | 6 Kronbeinschenkel der TBS |
| 7 Distaler Blindsack der FBSS | 8 Tenotom |
| 9 Bursa podotrochlearis | |

Methoden der Hufgelenkeröffnung D

Es wurden zwei Methoden untersucht, bei der die Verbindung zwischen FBSS und Hufgelenk durchtrennt wurde. Insgesamt standen 29 Präparate zur Verfügung. An 20 Präparaten wurde das Hufgelenk mit dem Desmotom und an 9 Präparaten mit der HF-Technik eröffnet. Mit den Instrumenten wurde am distalen Endblindsack der Sehnenscheide ein interner Zugang zum Recessus palmaris proximalis des Hufgelenkes mit (Methode A und B) oder ohne Sichtkontrolle (Methode C) geschaffen.

Bei der endoskopischen Methode kann das Desmotom und die HF-Elektroden punktgenau platziert werden. Auf Grund der simulierten Hufgelenkfüllung wird die palmare Aussackung wie eine runde Zeltkuppel nach proximal in Richtung FBSS vorgewölbt und bewirkt so einen elastisch-federnden Widerstand beim Vorschieben des Instrumentes.

Mit dem scharfen, leicht gebogenen Desmotom kann die Hufgelenkaussackung gut ertastet und seitlich perforiert werden. Wegen der diagonalen Lage des Instrumentes liegt die Inzisionsstelle auf der vom Zugang aus gegenüber bzw. kontralateralen Seite. Die Tiefe der Inzision beträgt nur einige Millimeter, ohne dabei auf knorpeligen oder knöchernen Untergrund zu stoßen. Die Bewegungen mit dem Arthroskop und den Instrumenten setzt gute, beidhändige Orientierung voraus.

Bei der Methode mit endoskopischer Sichtkontrolle kann der Abfluss von bläulich verfärbter Synovia durch die Perforationsstelle beobachtet werden. Das Desmotom wird dann gegen einen leichten Widerstand ca. 1,5 cm transversal zur gegenüberliegenden, kontralateralen Seite gezogen. Palpatorisch kann die Druckentlastung im Hufgelenk an den Aussackungen gefühlt und das Hufgelenk weiter als zuvor gebeugt werden. Weitere Flüssigkeit kann ohne Applikationswiderstand über die dorsale Hufgelenkaussackung injiziert werden. Das Desmotom wird daraufhin aus der FBSS vorsichtig zurückgezogen.

Getestet wurden eine monopolare Nadelelektrode mit isoliertem Schaft (\varnothing 0,2 mm, Länge: 40 mm, gebogen) und eine monopolare Messerelektrode mit isoliertem Schaft (\varnothing 0,4 mm, Länge: 10 mm, Fa. ERBE, Tübingen).

Mit der monopolaren Messerelektrode kann die Hufgelenkaussackung ohne Schwierigkeit erreicht werden. Zum Zeitpunkt der Inzision muss die Koagulation ausgelöst werden.

Durch das Koagulieren ist der Widerstand bei der Inzision geringfügig leichter. Endoskopisch deutete sich eine leichte, bräunliche Verfärbung der Inzisionsränder an.

Die Nadelelektrode ist wesentlich schwieriger in die Sehnenscheide vorzuschieben. Die Gefahr bei einem Wandkontakt hängen zu bleiben ist groß. Man benötigt z.T. mehrere Versuche die Elektrodennadel in den schmalen Spalt zwischen TBS und dorsaler Sehnenscheidenwand vorzuschieben. Die Perforation und die Schnitfführung sind mit der

Nadelelektrode wesentlich genauer. Die Stichtiefe ist deutlich geringer. Durch die Funktion des Koagulierens muss das HF-Instrument nur auf die bindegewebige Verbindung aufgesetzt werden. Das Schneiden mit der HF-Nadelelektrode ist trotz gleichzeitiger Koagulation komplizierter und uneffizienter.

Beide Eröffnungs-Methoden sind unter Durchleuchtungskontrolle mit dem C-Bogen mit Kontrastmittel durchgeführt worden. Von großem Vorteil ist auf Grund der Platzverhältnisse in der FBSS der Einsatz nur eines Instrumentes. Auch bei dieser Methode lassen sich das Desmotom und die HF-Messerelektrode genau proximal der Hufgelenkaussackung platzieren. Die Einstichtiefe lässt sich wegen den röntgenologischen Überlagerungen von Kontrastmittel und Instrument nicht darstellen. Dafür ist die Länge der Inzision genau zu bemessen. Der Erfolg und die Effektivität der Eröffnung des Hufgelenkes und der Abfluss von Synovia in die FBSS lassen sich sofort darstellen und dokumentieren (Abb. 13). Bei der Platzierung der HF-Nadelelektrode entstehen die gleichen Komplikationen wie in den vorigen Versuchen. Die Verbindung zum Hufgelenk wird zwar bei jedem Präparat erfolgreich perforiert, die Länge der Inzision ist aber kürzer.

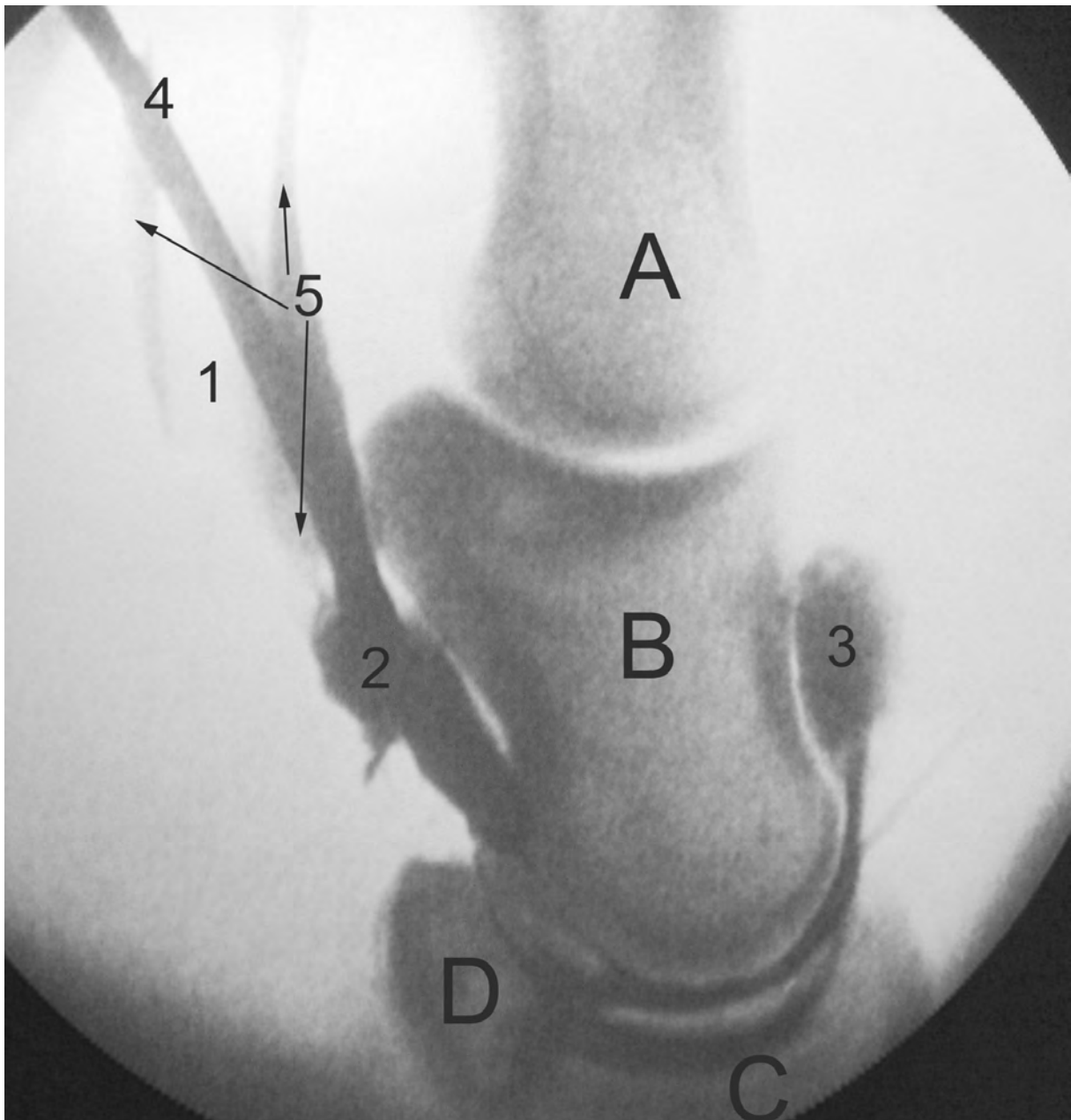


Abb. 13: Hufgelenkeröffnung unter C-Bogen-Durchleuchtung mit Kontrastmitteldarstellung.

A Fesselbein

B Kronbein

C Hufbein

D Strahlbein

1 Tiefe Beugesehne

2/3 Palmare u. dorsale Hufgelenkaussackung

4 Tenotom

5 Fesselbeugesehnnenscheide

4.4 In vitro Studie unter Druckbelastung auf die distale Gliedmaße (E)

An 3 Gliedmaßenpräparaten wurde der Abfluss von Synovia aus dem Hufgelenk in die FBSS nach dem Durchtrennen der Verbindung unter Druckbelastung auf die Zehengliedmaße kontrolliert. Die Durchführung und der Erfolg wurden röntgenologisch und mit Hilfe des Kontrastmittels dokumentiert.

Die Druckbelastung wurde mit einer eigens dafür konstruierten Hydraulikpresse simuliert. Die Gliedmaßenpräparate werden in der Presse in physiologischer Stellung fixiert und das Hufgelenk mit 10 ml Kontrastmittel und die FBSS mit Ringerlösung gefüllt.

Auf den dorso-palmarischen Aufnahmen sieht man den mit Kontrastmittel gefüllten medialen, mittleren und lateralen Anteil des Recessus palmaris proximalis. Auf den latero-lateralen Aufnahmen wird die proximale Ausdehnung bis unter die Kronbeinlehne deutlich.

Auf Grund der physiologischen Extensionsstellung im Fesselgelenk kann nur nach mehreren Versuchen und unter starker Manipulation die Aussackung des Hufgelenkes über die FBSS erreicht und eröffnet werden. Innerhalb nur wenigen Sekunden war das Kontrastmittel in der gesamten FBSS verteilt (Abb. 14).

Ein Abfluss unter physiologischen Belastungsverhältnissen auf die distale Gliedmaße ist somit möglich. Es kommt zu keinem Verschluss der bindegewebigen Verbindung zwischen Recessus palmaris proximalis und distalen Sehnenscheidenblindsack unter Belastung. Auch bei weiteren Druckerhöhungen auf die Gliedmaße kann zusätzlich injizierte Flüssigkeit aus dem HG über die Inzisionsstelle in die FBSS ablaufen.



Abb. 14: Röntgenbild, distale Gliedmaße, laterolaterale Ansicht; Abfluss des Kontrastmittels aus dem Hufgelenk in die Fesselbeugesehnenscheide nach der Eröffnung.

4.5 Nachuntersuchungen

Ziel der Nachuntersuchungen war es, die für die Operationsmethoden verwendeten Gliedmaßen zu präparieren und den Erfolg der Hufgelenkeröffnung zu eruieren und mögliche dabei verursachten Schäden zu dokumentieren.

An den Präparaten der Methode A befinden sich zwei kontralaterale Zugänge. Der Zugang in die Sehnenscheide ist jeweils ein ca. 5 mm ovales Loch.

Bei keinem Präparat sind Traumatisierungen an den neurovaskulären Strukturen festgestellt worden. Die Spornsehne ist bei den Zugangsmanipulationen in keinem Fall beschädigt worden. An den distalen Ausläufern der vierzipfligen Fesselplatte und an der Sohlenbinde sind keine Beschädigungen festzustellen. Im Bereich der Zugänge sind die Ansatzschenkel der oberflächlichen Beugesehne nicht verletzt worden. Beschädigungen des Hufknorpels können nicht beobachtet werden.

Bei der endoskopischen Methode sind makroskopisch geringe Druckspuren in Form von Läsionen auf der Membrana synovialis an der Kronbeinlehne und an der dorsal Fläche der TBS zu erkennen.

Bei den Präparationen an den Gliedmaßen, bei denen Kontrastmittelinjektionen in das Hufgelenk durchgeführt wurden, zeigen sich große Mengen des Kontrastmittels in der Sehnenscheide. Durch Flexions- und Extensionsbewegungen des Hufgelenkes können weitere Mengen von Synovia und Kontrastmittel aus dem Hufgelenk über die Eröffnung in die Sehnenscheide gepumpt werden.

Die meisten iatrogenen Schäden treten bei der Methode mit der HF-Elektrodenadel ohne optische Kontrolle auf. Es befinden sich auf Höhe der Kronbeinlehne an der vorderen Wand der Sehnenscheide und an der TBS stichförmige Läsionen (Abb. 15). Bei den Eröffnungen mit den HF-Elektroden kam es zu Unregelmäßigkeiten. Die Verbindungen waren alle eröffnet, aber mit z.T. nur kürzeren Schnitten. Die Schnittführung war teilweise ungleichmäßig. Die Schnittränder waren leicht bräunlich, nekrotisch und eingerollt. An 2 Präparaten, bei denen mit der Elektrodenadel gearbeitet wurde, kam es zu nicht vollständigen und unterbrochenen Schnitten.

Die Eröffnungen der Hufgelenkaussackung waren mit dem Desmotom bei allen 20 Präparaten erfolgreich und vollständig. Der Schnitt war 0,5 – 1,5 cm lang und befand sich zentral im distalen Endblindsack der FBSS. An einem Präparat war der Schnitt mit dem Desmotom am Übergang zum Strahlbein gesetzt worden (Abb. 16).

Eine Penetration der Bursa podotrochlearis ist in dieser Studie nicht beobachtet worden. Die Bursa podotrochlearis ist bei keinem Präparat durch die Methylenblaulösungen angefärbt oder mit Kontrastmittel dargestellt.

Durch die Inzision mit dem Desmotom oder mit den HF-Elektrodeninstrumenten durch die Hufgelenkaussackung in den palmaren Gelenksabschnitt sind keine adspektorischen Beschädigungen an intraartikulären Strukturen, wie z.B. Knorpel festgestellt worden.

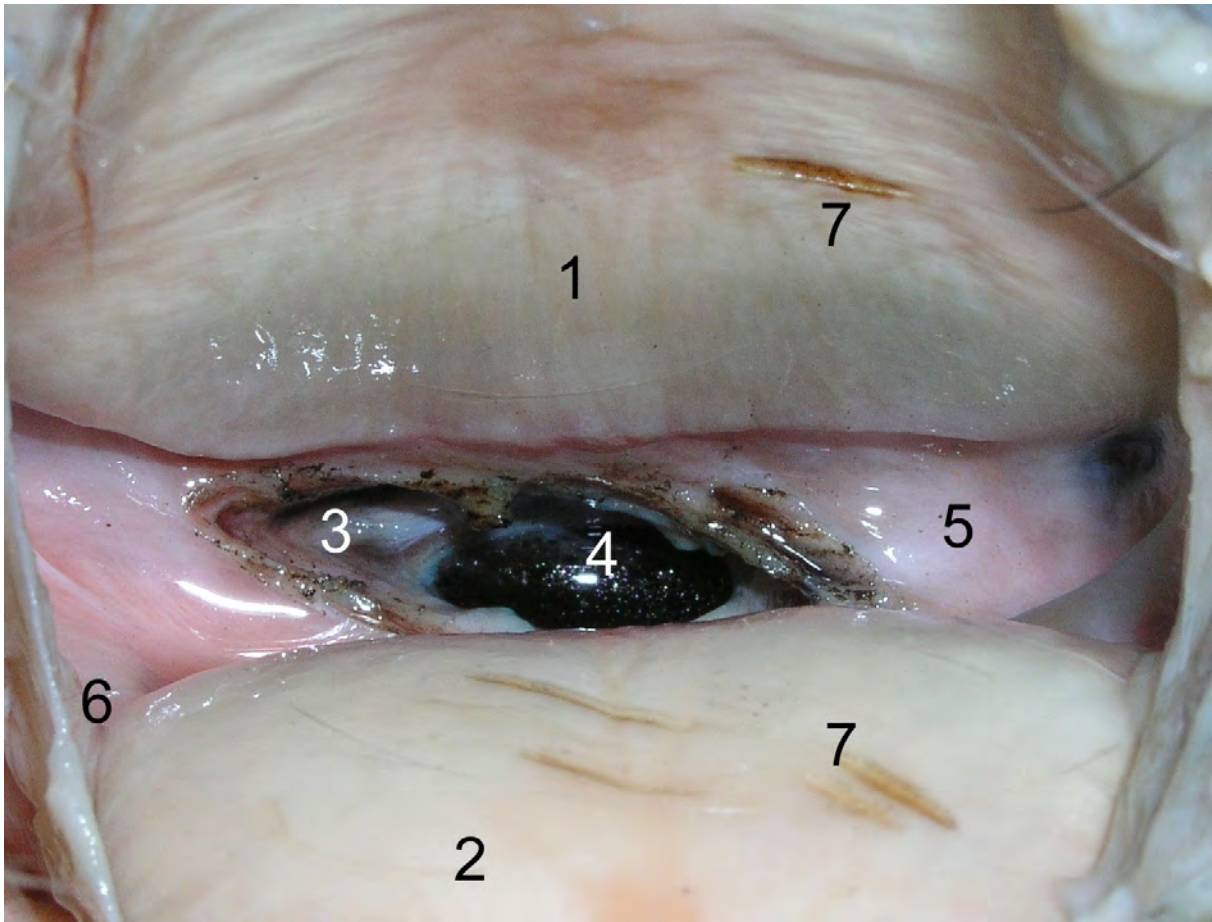


Abb. 15: Ansicht von proximal auf die palmare Hufgelenkaussackung nach Eröffnung über den distalen Blindsack der Fesselbeugesehnenscheide (mit Methylenblau angefärbte Gelenkflüssigkeit) mit Spuren von HF-Instrumenten an der TBS und der Kronbeinlehne.

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1 Tiefe Beugesehne | 5 Palmare Hufgelenkaussackung |
| 2 Kronbeinlehne | 6 Distaler Blindsack der FBSS |
| 3 Eröffnung der Hufgelenkaussackung | 7 Spuren der HF-Instrumente |
| 4 Methylenblaulösung/Synovia | |

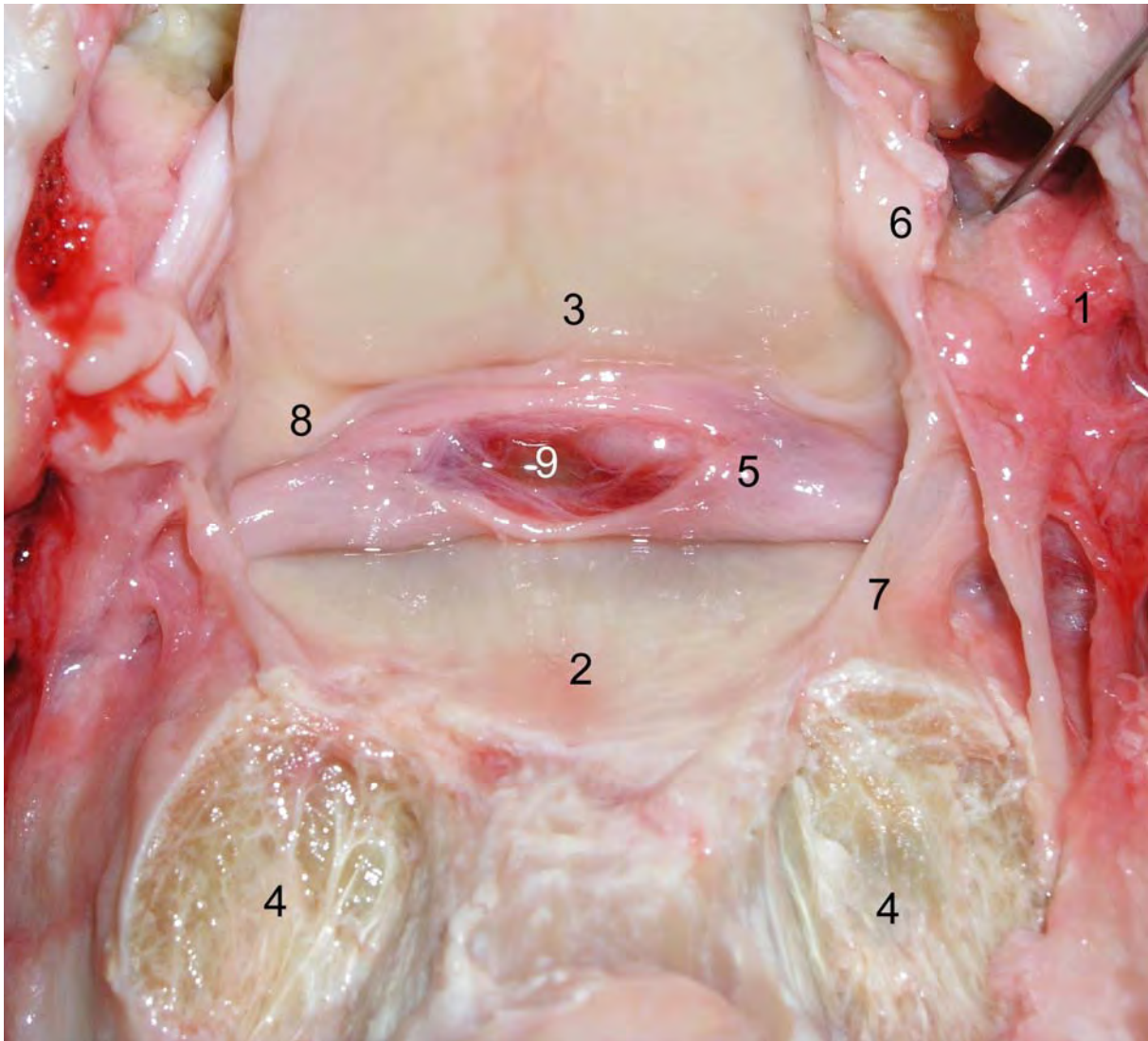


Abb. 16: Ansicht von proximal auf die palmare Hufgelenkaussackung nach Eröffnung der Fesselbeugesehnenscheide.

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1 Perivaskuläre Strukturen | 5 Palmare Hufgelenkaussackung |
| 2 Kronbeinlehne | 6 Kronbeinschenkel der TBS |
| 3 Tiefe Beugesehne | 7 Distaler Blindsack der FBSS |
| 4 Oberflächliche Beugesehne | 8 Strahlbein |
| 9 Eröffnung der Hufgelenkaussackung | |