

3. Eigene Untersuchungen

3.1 Material

3.1.1 Gliedmaßenpräparate

Für die Untersuchungen wurden 265 im Mediokarpalgelenk (*Articulatio carpometacarpea*) bzw. im Tarsometatarsalgelenk (*Articulatio tarsometatarsea*) abgesetzte Vorder- (203) und Hintergliedmaßen (62) von der Ross-Schlachtereier Mario Walter GmbH in Gentin, verwendet. Ein weiterer Teil der untersuchten Gliedmaßen stammte von Pferden, die in der Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie der Freien Universität Berlin nach medizinischer Indikation getötet werden mussten. Bei keinem der Pferde war ein Vorbericht zu erheben. Alter, Rasse, Geschlecht, Verwendungszweck, klinischer Befund und Grund der Schlachtung der Pferde waren unbekannt und wurden nicht berücksichtigt. Zwischen der Schlachtung der Pferde und dem Beginn der Untersuchung der Gliedmaßen vergingen durchschnittlich sieben Stunden. Die Gliedmaßen wurden in vordere, hintere, sowie nach rechts und links sortiert. Danach wurden sie mit Leitungswasser gereinigt und nummeriert.

3.1.2 Gerät

3.1.2.1 Druckmessgerät

Für die Druckmessung in der Bursa podotrochlearis wurde das Handgerät der Firma Stryker in München (Stryker S.T.I.C. Pressure Monitor System) benutzt.

Die Druckübertragung erfolgte über einen mit Luft gefüllten Verbindungsschlauch der Firma Vygon in Aachen (Lectrocath PE Verlängerungskatheter), dem die Punktionskanüle vor der Bursapunktion aufgeschraubt wurde.

Diese Schlauchverbindung ist bis 40 bar belastbar, hat einen inneren Durchmesser von 1 mm, einen äußeren Durchmesser von 2 mm und ist 200 cm lang. Für die Bursapunktion wurde eine Kanüle der Stärke 0,90 x 70 mm verwendet. Das Gerät hat einen Meßbereich von 0-199 mmHg.

3.1.2.2 Das Belastungsgerät

Für diese Studie wurde ein Belastungsgerät nach APPELBAUM (2001) verwendet. Das Gerät besteht aus einer 35 x 35 x 2 cm großen Grundplatte aus Stahlblech, auf deren Ecken Stangen aus gezogenem V2A-Rundstahl (120 cm lang; Ø 2 cm) als Führungsgestänge für den Messtisch aufgeschweißt sind. Der 35 x 35 x 2 cm große Messtisch besteht ebenfalls aus Stahl. In die Ecken dieser Stahlplatte wurden Löcher (Ø 2,2 cm) gebohrt. Ohne das Lumen

der Löcher einzuengen, wurden hierauf 10 cm lange Hülsen mit einem Innendurchmesser von 2 cm und einem Außendurchmesser von 2,5 cm aus V2A-Stahl aufgeschweißt. Diese Konstruktion erlaubt ein reibungsarmes Auf- und Abbewegen des Messtisches auf dem Führungsgestänge. Vier weitere Stahlhülsen wurden auf das Führungsgestänge gesteckt und nachfolgend über vier Stahlbleche (32 x 6 x 0,5 cm) miteinander verschweißt. Dieser Rahmen wurde durch zwei weitere aufgeschweißte Stahlbleche verstärkt. In die Wand der Hülsen des Rahmens wurde je ein Loch (\varnothing 0,5 cm) gebohrt und ein Gewinde in dieses Loch geschnitten. Mit entsprechenden Flügelschrauben konnte der Rahmen in beliebiger Position auf dem Führungsgestänge fixiert werden, was eine individuelle Anpassung der mechanischen Presse an die unterschiedliche Größe der Gliedmaßenpräparate erlaubte.

Zur Fixierung des Gliedmaßenpräparats am Rahmen wurde eine einem Christbaumständer nachempfundene Befestigungsvorrichtung konstruiert. Diese Befestigung war entlang der Mittellinie des Rahmens individuell zu verstellen, um eine, dem Fesselstand der Gliedmaße entsprechende, korrekte Positionierung zu gewährleisten.

Mit Hilfe eines hydraulischen Wagenhebers, max. Belastung 4 t (Aroso-Vetriebs GmbH, Krefeld) konnte der Messtisch mit dem Gliedmaßenpräparat gegen den fixierten Rahmen gedrückt werden. Die Größe der durch Betätigen des hydraulischen Wagenhebers erzeugten Kraft wurde mittels einer angebrachten Kraftmessdose mit Gleichspannungsmessverstärker (Messbereich bis 10 kN; Fa. Fritschi GmbH, Nürnberg) ermittelt.

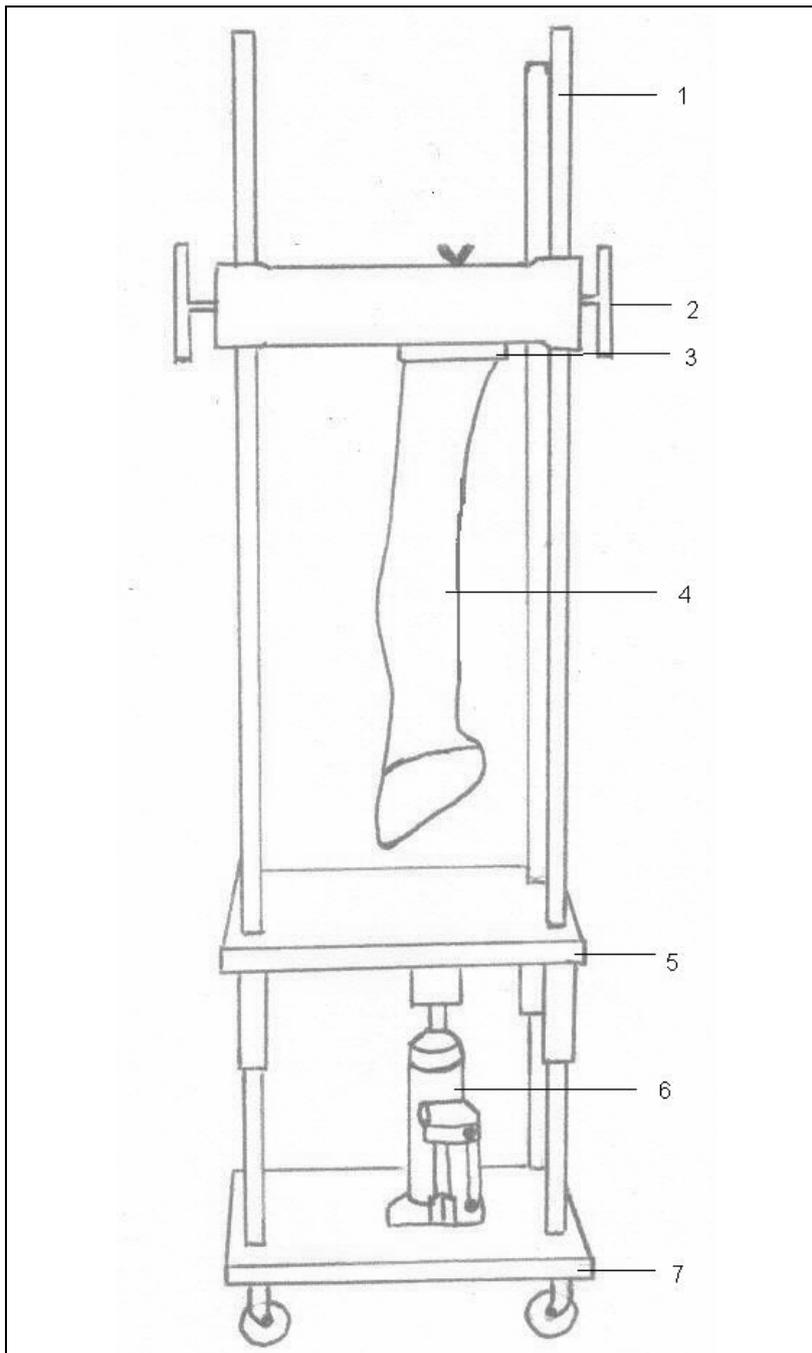


Abbildung 3: Belastungsgerät.

- 1- Führungsgestänge
- 2- Rahmen
- 3- Befestigungsvorrichtung
- 4- Gliedmaßenpräparat
- 5- Messtisch
- 6- Hydraulischer Wagenheber
- 7- Grundplatte

3.2 Methode

3.2.1 Eigene Punktionstechnik

Die Punktion der Bursa erfolgt von palmar bzw. plantar. Die Einstichstelle liegt an der Basis der Ballengrube, oberhalb der seitlichen Strahlfurche unmittelbar an der Haargrenze. Hier wird eine 0,90 x 70 mm große Kanüle eingestochen, und zwar in einer gedachten Verlängerung der Kanüle bis zur Hufvorderwand, 2 cm distal des Kronrandes (Orientierungspunkt). Die Kanüle wird dann in dorsaler Richtung vorgeschoben, bis sie auf die Facies flexoria des Strahlbeins trifft.

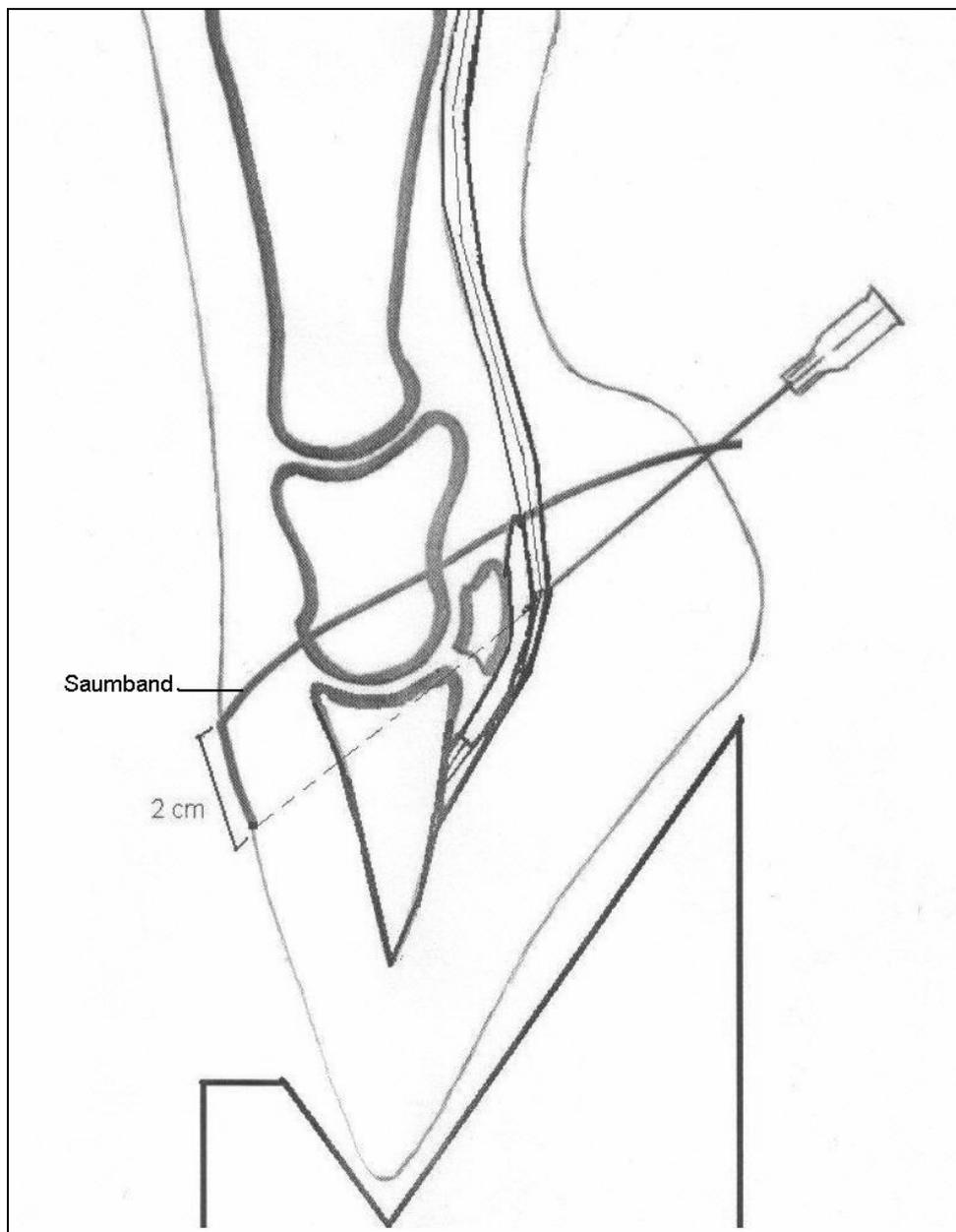


Abbildung 4: Punktion der Bursa podotrochlearis – Technik, Röntgenskizze.

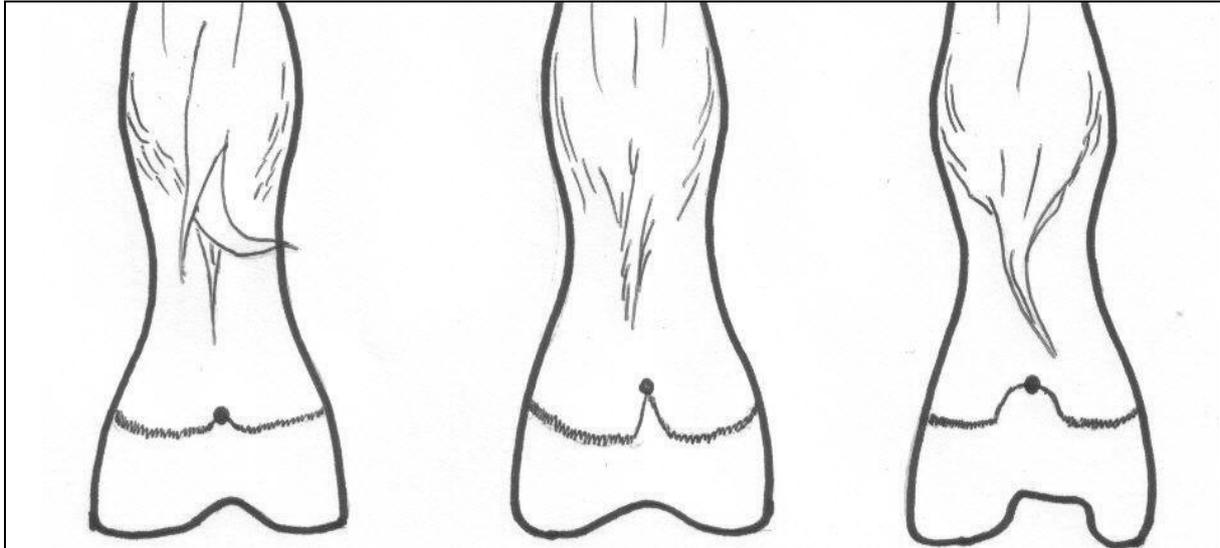


Abbildung 5: Einstichstellen der Punktionskanüle (Varianten), palmare / plantare Ansicht.

3.2.2 Druckmessung in der Bursa podotrochlearis

3.2.2.1 Druckmessung in der Bursa podotrochlearis ohne Belastung in Abhängigkeit von der Zeit

Das Gliedmaßenpräparat wird zuerst lediglich an dem Belastungsgerät fixiert, in dem das Gliedmaßenende daran aufgehängt wird. Anschließend wird eine Punktionskanüle eingeführt, die zuvor an einem zur Druckübertragung mit dem Druckaufnehmer verbundenen Schlauch befestigt wird. Die Kanüle wird bis zur Bursa podotrochlearis vorgeschoben. Die anfangs vom Druckaufnehmer (im digitalen Display in mmHg) angezeigten Werte werden ebenso aufgezeichnet wie die sich in den folgenden Minuten ergebenden Veränderungen. Diese Aufzeichnung wird solange fortgeführt, bis ein Druckwert von 0 mmHg erreicht wird (1 – 60 Minuten). Schließlich wird der Verbindungsschlauch entfernt. Die Kanüle und die Gliedmaße wird im seitlichen Strahlengang (90°) geröntgt, um die richtige Position der Kanülenspitze in der Bursa unter Beweis zu stellen.

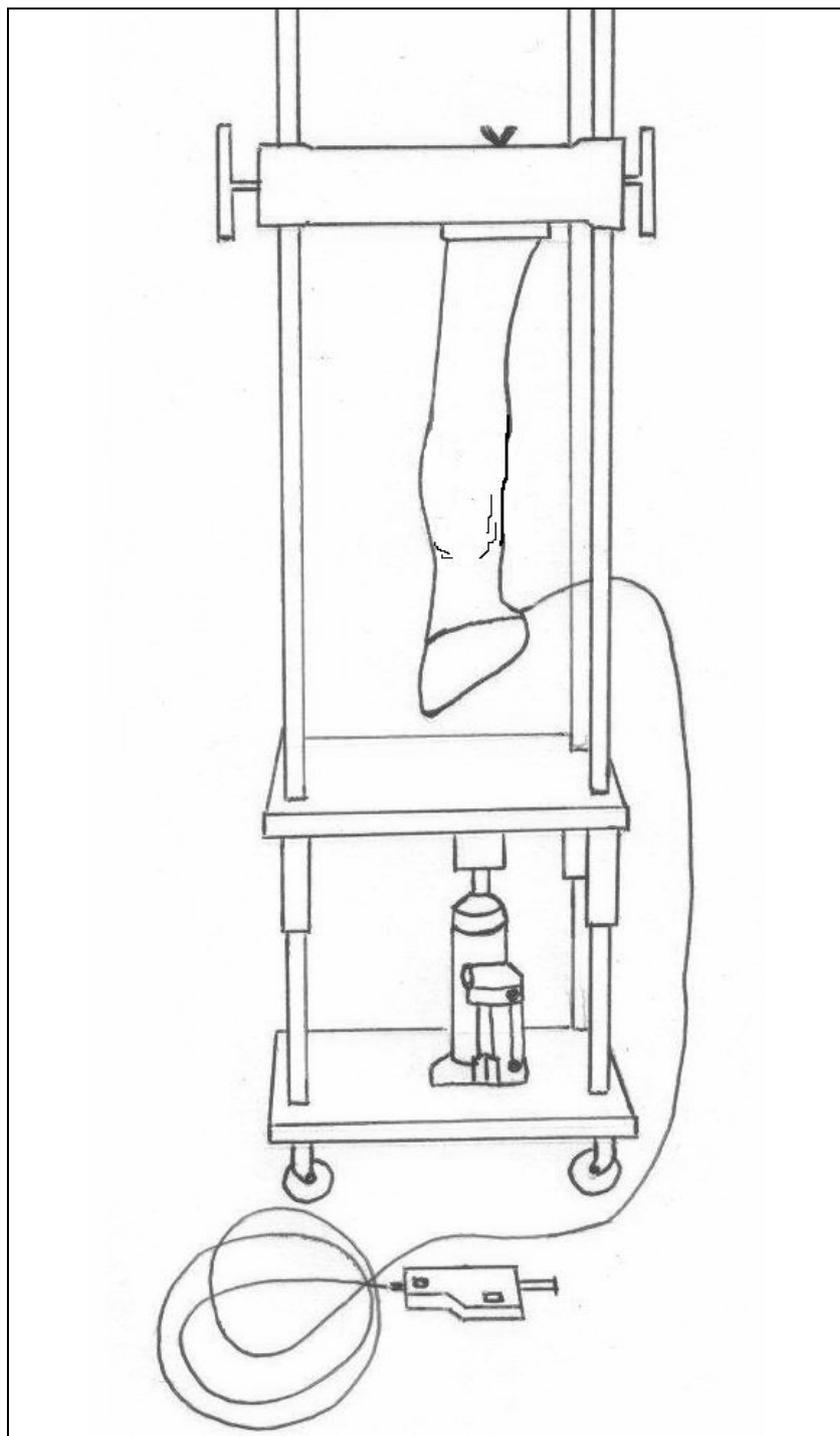


Abbildung 6: Druckmessung in der Bursa podotrochlearis ohne Belastung.

3.2.2.2 Druckmessung in der Bursa podotrochlearis unter Belastung

Das Gliedmaßenpräparat wird bei der Druckmessung in der Bursa unter Belastung zunächst an dem Belastungsgerät fixiert, wobei die Gliedmaße aufgehängt wird. Anschließend wird eine Punktionskanüle eingeführt, die zuvor an einem zur Druckübertragung mit dem Druckaufnehmer verbundenen Schlauch befestigt wird. Daraufhin wird die Gliedmaße langsam gesenkt und dadurch zuerst mit 1 kN, dann mit 2 kN belastet. Die Werte des Druckaufnehmers bei der ersten Einführung der Kanüle in die Bursa werden aufgezeichnet, ebenso die Werte bei Belastung mit 1 und 2 kN. Dann wird der Verbindungsschlauch entfernt. Die Kanüle und die Gliedmaße wird im seitlichen Strahlengang (90°) geröntgt, um den Nachweis für die richtige Lage der Kanülenspitze in der Bursa unter Beweis zu stellen.

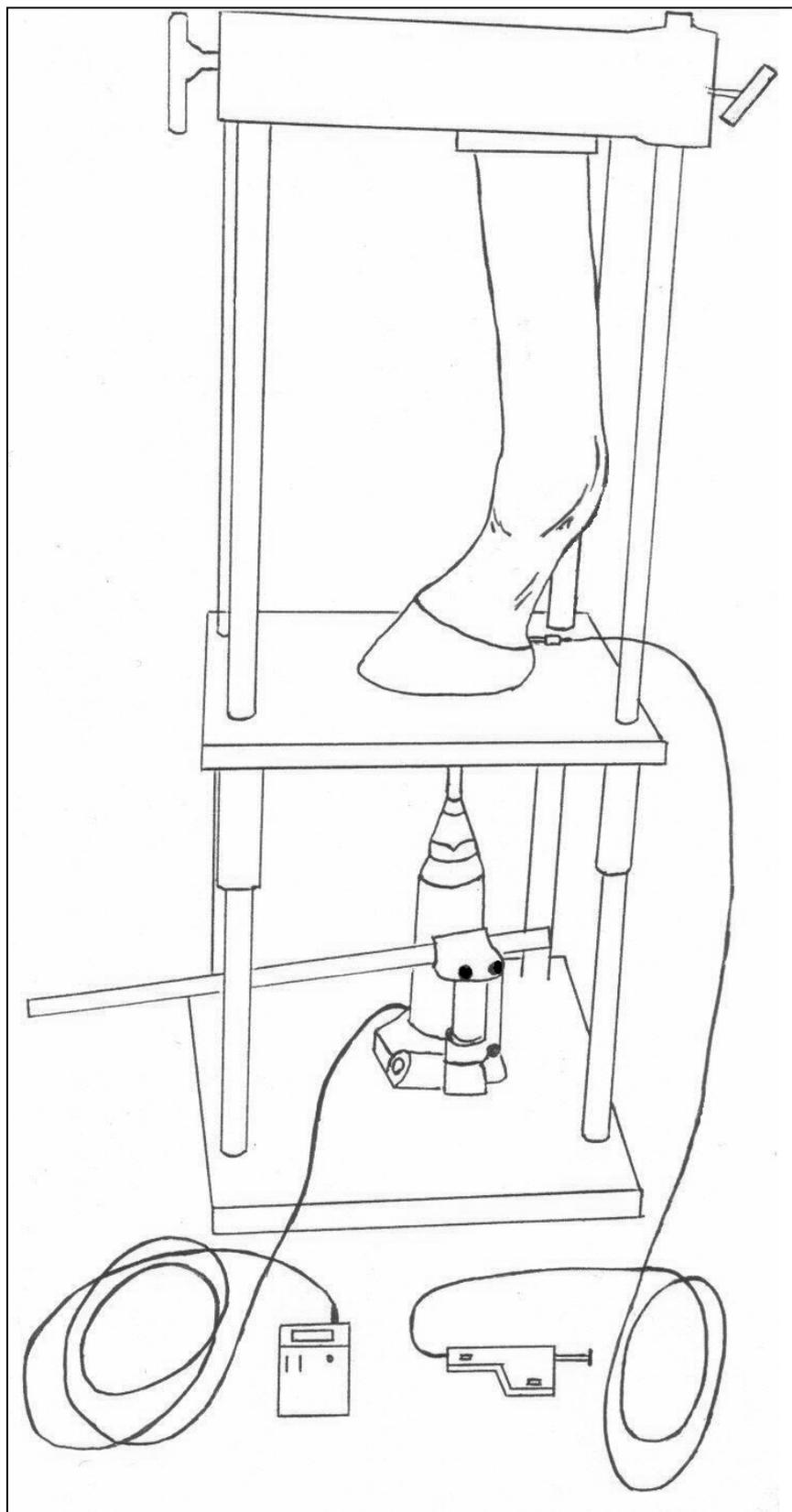


Abbildung 7: Druckmessung in der Bursa podotrochlearis unter Belastung.

3.2.2.3 Druckmessungen in der Bursa podotrochlearis bei steigender Füllung

Das Gliedmaßenpräparat wird zuerst in hängendem Zustand an dem Belastungsgerät fixiert. An einem Dreiwegehahn werden eine Kanüle, eine mit Ringerlösung gefüllte Spritze und ein Verbindungsschlauch angebracht, der zu einem Druckmessgerät führt. Aus der Spritze über die Kanüle wird langsam 0,5 ml Ringerlösung in die Bursa injiziert, wobei die Verbindung zum Druckmessgerät geschlossen bleibt. Nach Abschluss der Injektion von 0,5 ml Ringerlösung wird die Verbindung zur Spritze geschlossen, während gleichzeitig die Verbindung zum Druckmessgerät geöffnet wird. Die angezeigten Werte des Druckmessers werden nach 0, 30 und 60 Sekunden aufgezeichnet. Dann wird die Verbindung zum Druckmessgerät wieder geschlossen, die Verbindung zur Spritze geöffnet und der Vorgang wiederholt. Der Vorgang wird abgebrochen, wenn das maximale Fassungsvermögen der Bursa erreicht ist. Dies gilt dann als erreicht, wenn sich beim Einspritzen subjektiv ein Widerstand spüren lässt. Zuletzt wird die Kanüle und die Gliedmaße im seitlichen Strahlengang (90°) geröntgt, um den Nachweis für die richtige Lage der Kanülenspitze in der Bursa unter Beweis zu stellen.

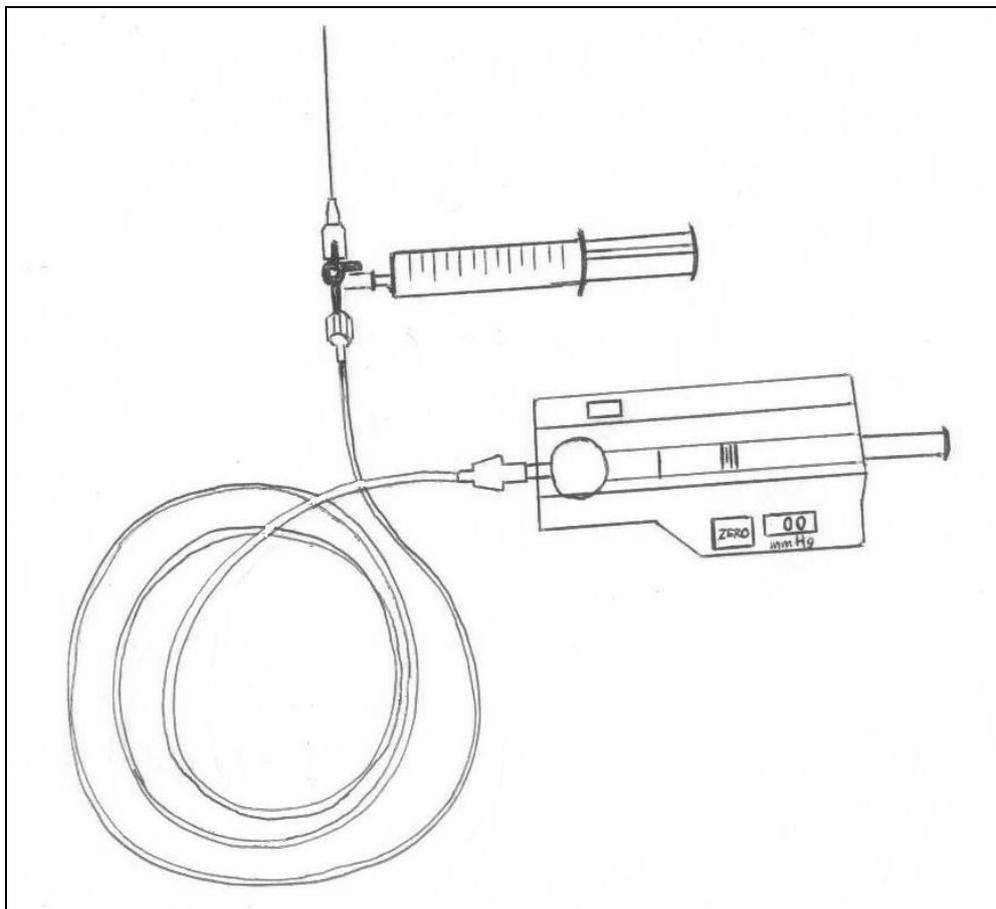


Abbildung 8: Druckmessungen in der Bursa podotrochlearis bei steigender Füllung.

3.2.3 Volumenmessung der gefüllten Bursa podotrochlearis unter Belastung

Das Gliedmaßenpräparat wird zuerst in hängendem Zustand an dem Belastungsgerät fixiert. Eine Spritze wird mit 12 ml Ringerlösung gefüllt. Die Flüssigkeit wird in die Bursa injiziert, bis das maximale Fassungsvermögen erreicht ist. Hierbei wird angenommen, dass das maximale Fassungsvermögen erreicht ist, wenn in der Spritze ein Widerstand spürbar ist. Das maximale Fassungsvermögen der Bursa podotrochlearis variierte von 1 bis 10 ml (Anfangsvolumen). Daraufhin wird die Injektion eingestellt und gegebenenfalls abgewartet, bis überschüssige Flüssigkeit wieder in die Spritze zurückgeflossen ist. Es wird aufgezeichnet, wieviel Flüssigkeit in der Spritze verblieben ist.

Die Spritze und die Kanüle werden in ihrer Position belassen. Anschließend wird die Gliedmaße mit Hilfe eines Wagenhebers, der unterhalb der Gliedmaße angebracht ist, zunächst mit 1 kN, dann mit 2kN, 3kN und 4kN belastet. An dem Wagenheber ist ein Messgerät angebracht, das die jeweilige Belastung anzeigt. Unter Belastung wird Flüssigkeit in die Spritze zurückgedrückt. Die jeweiligen Werte bei 1 kN, 2kN, 3kN und 4kN wird aufgezeichnet. Zuletzt wird die Gliedmaße im seitlichen Strahlengang (90°) geröntgt, um die richtige Position der Kanülenspitze in der Bursa unter Beweis zu stellen.

3. Eigene Untersuchungen

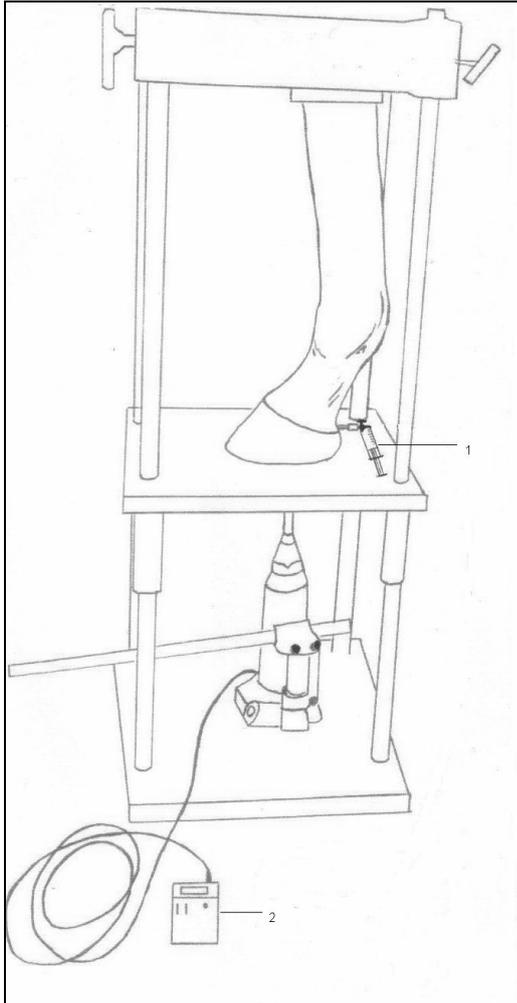


Abbildung 9: Volumenmessung der gefüllten Bursa unter Belastung - laterale Ansicht.

1- Spritze (Volumen Messung)

2- Messung der Belastung

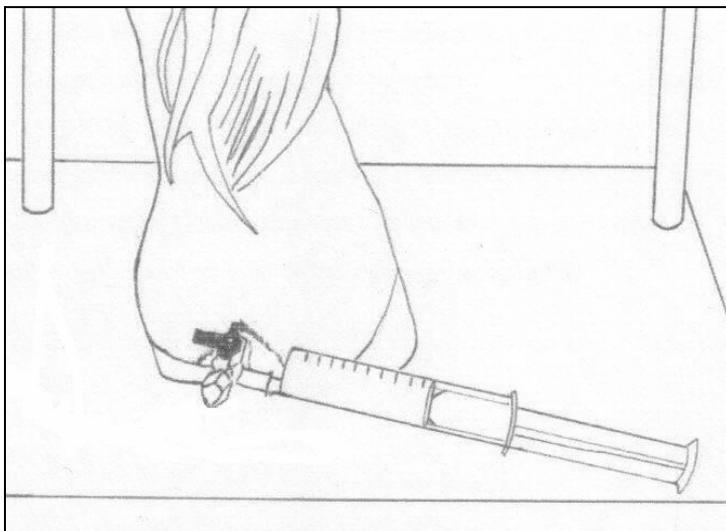


Abbildung 10: Volumenmessung der gefüllten Bursa unter Belastung, palmare bzw. plantare Ansicht.

3.2.4 Messungen der Gliedmaßen und der Eindringtiefe der Kanüle in die Bursa podotrochlearis

Mittels eines Bandmaßes werden der Umfang des Kronrandes, der Umfang des Sohlenrandes, die Länge der Mittellinie der Hornkapsel sowie die Länge der Mittellinie zwischen Tragerand und Saumband ausgemessen. Die Länge des nicht in die Gliedmaße eingeführten Teils der 70 mm langen Injektionskanüle wird mit Hilfe eines auf 0,05 cm genauen Lineals gemessen. Für die Messungen werden sowohl regelmäßig als auch unregelmäßig geformte Gliedmaßen verwendet. Für die Auswahl der Gliedmaßen bezüglich ihrer Größe werden keine Einschränkungen vorgenommen.

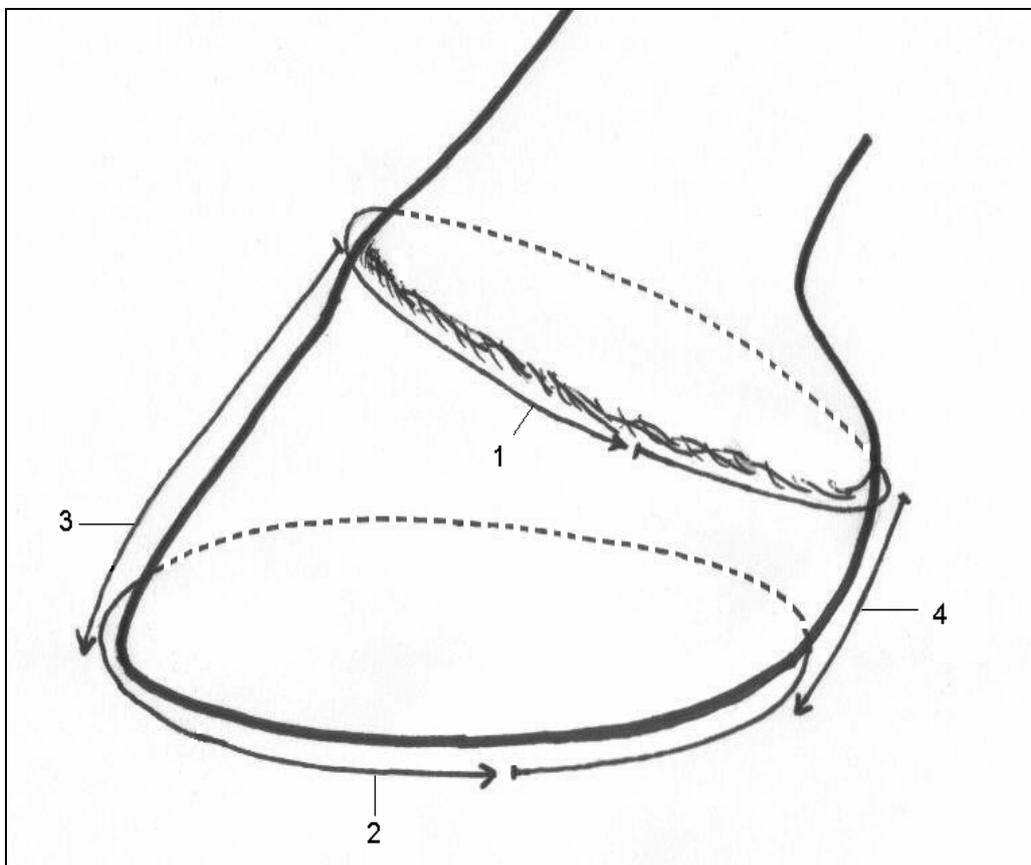


Abbildung 11: Messungen der Gliedmaßen, Schemazeichnung.

- 1- Umfang des Kronrandes
- 2- Umfang des Sohlenrandes
- 3- Länge der Mittellinie der Hornkapsel (dorsal)
- 4- Länge der Mittellinie zwischen Tragerand und Saumband (palmar / plantar)

3.2.5 Bursa Messwerte und Canales sesamoidales

Für die röntgenologische Beurteilung werden dorsopalmare Aufnahmen nach Oxpring von 73 vorderen und hinteren Gliedmaßenpräparaten zur Beurteilung herangezogen. Dabei dienten die Röntgenaufnahmen in der lateromedialen Projektion hauptsächlich der Feststellung von Veränderungen außerhalb des Strahlbeinbereiches. Die Klassifizierung der röntgenologischen Befunde an den Strahlbeinen erfolgte in Anlehnung an das Schema von BRUNKEN (1986).

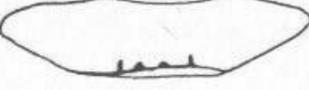
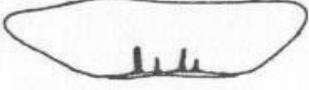
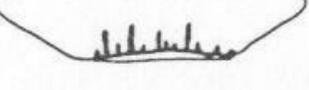
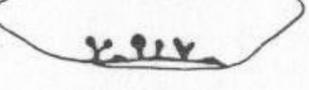
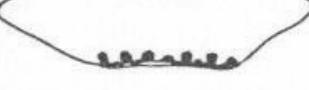
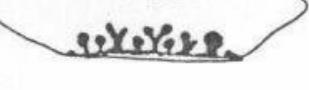
Form	Gruppe (Anzahl)	Schematische Darstellung	
keine	0		
nicht deformiert : - eingebuchtet - konisch - schmal u. gerade	1 (wenig)		
	2 (viel)		
deformiert : - endständig kolbig - endständig verzweigt - endständig verzweigt u. kolbig	3 (wenig)		
	4 (viel)		

Abbildung 12: Schematische Darstellung der röntgenologischen Befunde der Canales sesamoidales des Strahlbeines (modifiziert nach BRUNKEN 1986).

3.2.6 Röntgenaufnahmen

Die Gliedmaßen werden röntgenologisch mit den folgenden Standardaufnahmen der Zehe angefertigt:

- Zehe 90° mit auf die Krone gerichtetem Zentralstrahl
- Zehe 0° nach Oxspring

Es werden von allen Gliedmaßen Aufnahmen in latero-medialer Projektion (Zehe 90°) angefertigt. Für die Röntgenaufnahmen nach Oxspring stand ein von der Klinik für Pferde der Freien Universität Berlin modifizierter Oxspring-Klotz aus Holz zur Verfügung. Die Gliedmaßen werden so fixiert, dass die Sohle der Gliedmaße einen Winkel von 60° zum Boden bildete. Der Zentralstrahl wird sowohl bei den Oxspring-Aufnahmen als auch bei den seitlichen Röntgenaufnahmen auf die Mitte des dorsalen Kronrandes gerichtet. Für die Aufnahmen wird ein Röntgenapparat (Super 100 CP) mit einer Drehanodenröhre (Super Rotalix Tube, Firma Philips, Hamburg) mit 8500 U/min und einem großen Brennfleck (1,2 mm x 1,2 mm) verwendet. Alle Aufnahmen erfolgten bei einem Film-Fokus-Abstand von 80 cm. Es werden feinzeichnende Folien (3M Trimax T2 Folie, Firma 3M Deutschland GmbH) für die latero-mediale Aufnahme und Fast Detail Folien mit Streustrahlenraster für die Oxspring-Aufnahmen benutzt. Die Aufnahmewerte betragen für die Oxspring-Aufnahmen 60 KV/ 63 mAs und für die latero-medialen Aufnahmen 52 KV/ 14 mAs. Die Entwicklung der belichteten Filme erfolgt maschinell (Entwicklungsmaschine: XP 515, 3M Deutschland GmbH).

3.2.7 Statistische Auswertung

Die Auswertung der gewonnenen Messergebnisse erfolgte mit dem statistischen Auswertungsprogramm SPSS 12.0. Als grafische Darstellungen wurden Balkendiagramme, Verlaufskurven sowie Boxplots gewählt. Tabellarisch dargestellt wurden Häufigkeiten und Prozente sowie Minimum, Maximum und Quartile. Auf die Durchführung statistischer Tests zur Verallgemeinerung der Ergebnisse auf eine Grundgesamtheit wurde verzichtet, da es sich bei den verwendeten Gliedmaßen nicht um eine repräsentative Stichprobe einer Grundgesamtheit handelt.