

Experimentelle Untersuchungen über die Druckmessung in der Bursa podotrochlearis zur Diagnostik des Podotrochlose-Syndroms beim Pferd

Bodo Hertsch und Rudi U. R. Samapati

Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie der Freien Universität Berlin

Zusammenfassung

Zur Differenzierung des Podotrochlose-Syndroms hat sich die Druckmessung in Hufgelenk und Bursa podotrochlearis als hilfreich erwiesen. Das Druckmessgerät kann dabei als Hilfsmittel für die Kontrolle der Lage der Kanüle eingesetzt werden. Die beschriebene Technik ist zur Absicherung der Punktion der Bursa podotrochlearis unter Praxisbedingungen geeignet. Die Resultate der vorliegenden Studie zeigen, dass der Druck in der Bursa podotrochlearis der Präparaten mit der Zeit abfällt. Spätestens nach einer Stunde allerdings verringert sich der Messwert nicht mehr. In dieser Studie konnte beobachtet werden, dass die Stärke der Belastung keine deutlichen Auswirkungen auf die Druckverhältnisse in der Bursa podotrochlearis hat. Das Ausbleiben einer Druckerhöhung bei allen Gliedmaßen in der Bursa bei einer Belastung mit 1 kN und 2 kN könnte sich durch die sehr geringe Menge der Synovialflüssigkeit in der Bursa und das Fehlen des physiologisch auftretenden Zugs der tiefen Beugesehne erklären. Die Menge an Flüssigkeit, die in die Bursa injiziert werden kann, variiert von Gliedmaße zu Gliedmaße (zwischen 1 bis 10 ml).

Schlüsselwörter: Podotrochlose-Syndrom, Strahlbein-Erkrankung, Bursa podotrochlearis, Bursa-Injektion, Druckmessung

Manometry in the navicular bursa for diagnosis of the navicular syndrome in horses: An experimental study

The pressure measuring instrument used for the aforementioned experiments can be used to help positioning the cannule. The technique for a reliable punctation of the navicular bursa as described above is well applicable in practice. The results of this study show that the pressure in the navicular bursa decreases after some time. It can also be observed that the strength of the load has no meaningful consequence on the pressure in the navicular bursa. The absence of an increase of the pressure in the bursa of all extremities under a load of 1kN and 2kN could be explained by very small amounts of synovial fluid in the bursa and the lack of physiological traction in the deep digital flexor tendon. The mess of fluence that can be injected into the navicular bursa varies from limb to limb (between 1 to 10 ml).

Keywords: podotrochlear syndrome, navicular disease, navicular bone, bursa injection, manometry, navicular bursa

Einleitung

Der Zusammenhang der intraartikulären Druckverhältnisse im Hufgelenk mit dem Podotrochlose-Syndrom wurde von Schött (1989), Nowak et al. (1992), Rupp (1993) und Höppner (1993) untersucht. Die Ergebnisse ihrer Forschung werden bei klinischen Untersuchungen des Podotrochlose-Syndroms häufig angewendet, insbesondere bei der differenzierten klinischen Diagnostik. Die Druckerhöhung im Hufgelenk wird bei der Podarthritis, als eine der häufigsten Formen des Podotrochlose-Syndroms eingestuft.

Da sich nach Untersuchungen von Zuther und Hertsch (2004) die Differenzierung des Podotrochlose-Syndroms mit Hilfe von diagnostischen Anästhesien und der Druckmessung in Hufgelenk und Bursa podotrochlearis als hilfreich erwiesen hat, sollen nun in dieser experimentellen Studie die Druckverhältnisse in der Bursa podotrochlearis untersucht werden.

Es soll überprüft werden: Steigt der Druck in der Bursa podotrochlearis bei Belastung der Gliedmaße an? Welcher Einfluss hat die Flüssigkeitsvolumen auf den Druck in der Bursa podotrochlearis? Besteht ein Zusammenhang zwischen dem Druck in der Bursa und dem röntgenologischen Befund – defor-

mierte Canales sesamoidales? Erlaubt die Feststellung der Druckerhöhung in der Bursa podotrochlearis einen diagnostischen Hinweis?

Material und Methode

Material

Für die Untersuchungen wurden 178 im Mediokarpalgelenk (Articulatio carpometacarpea) bzw. im Tarsometatarsalgelenk (Articulatio tarsometatarsae) abgesetzte Vorder- (136) und Hintergliedmaßen (42) verwendet. 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.

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. Für die Bursapunktion wurde eine Kanüle der Stärke 0,90 x 70 mm verwendet. Das Gerät hat einen Messbereich von 0-199 mmHg. Die Überprüfung der Messgenauigkeit des Druckmessgerätes wurde im Institut für medizinische Physik der Charité durchgeführt. Das Gerät wurde gegen feste Standards geeicht. Hierbei wurde das Messgerät einem genormten Druck ausgesetzt.

Zur Belastung der Gliedmaßenpräparate wurde eine mechanische Presse in Anlehnung an das von Schött (1989), Neuberth (1990) und Appelbaum (2001) verwendete Belastungsgerät benutzt. 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 (Abb. 1).

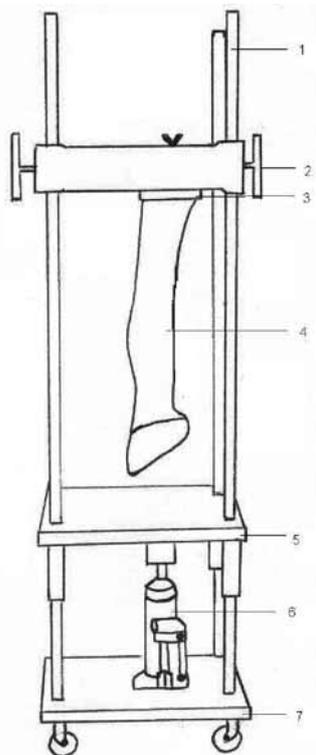


Abb 1 Belastungsgerät. Führungsgestänge (1), Rahmen (2), Befestigungsvorrichtung (3), Gliedmaßenpräparat (4), Messtisch (5), Hydraulischer Wagenheber (6), Grundplatte (7)
Hydraulic press jig

Methode

Eigene Punktionsstechnik

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 festen Widerstand stößt und anschließend wird sie leicht zurückgezogen.

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 wurde. 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 geführt, bis ein Druckwert von 0 mmHg erreicht wird (1 – 60 Minuten). Die Kanüle

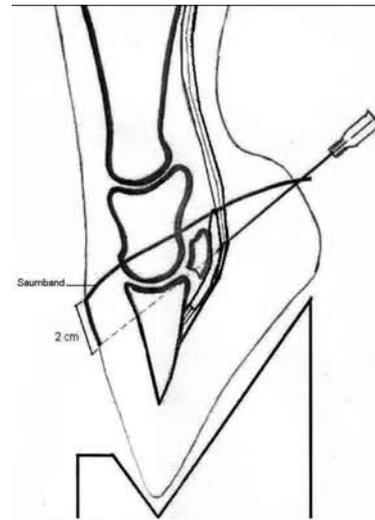


Abb 2 Punktion der Bursa podotrochlearis – Technik, Röntgenskizze.
Puncture technique of the navicular bursa.

le und die Gliedmaße werden im seitlichen Strahlengang (90°) geröntgt, um die richtige Position der Kanülenspitze in der Bursa unter Beweis zu stellen.

Druckmessung in der Bursa podotrochlearis unter Belastung

Es soll überprüft werden, ob der Messwert in der Bursa podotrochlearis unter Belastung ansteigt. Das Gliedmaßenpräparat wird zunächst an dem Belastungsgerät fixiert, wobei die Gliedmaße aufgehängt wurde. 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.

Druckmessungen in der Bursa podotrochlearis bei steigender Füllung

Das Versuchsziel ist es, die Auswirkung einer Erhöhung der Flüssigkeitsmenge in der Bursa podotrochlearis auf den Druck in der Bursa zu untersuchen.

Das Gliedmaßenpräparat wird wiederum in hängendem Zustand an dem Belastungsgerät fixiert. An einem Dreiweghahn 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

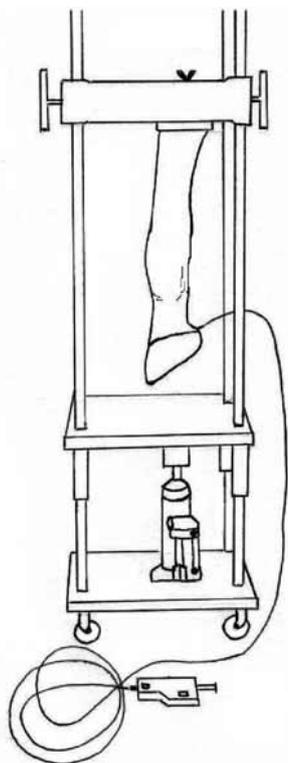


Abb 3 Druckmessung in der Bursa podotrochlearis ohne Belastung. *Manometry in the navicular bursa without load.*

wurde. Die angezeigten Werte des Druckmessers wird 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.

Bursa Messwerte und Canales sesamoidales

Im Anschluss an die Druckmessung in der Bursa podotrochlearis, werden 73 vordere und hintere Gliedmaßen nach der Methode von Oxpring geröntgt. Dabei dienen die Röntgenaufnahmen in der lateromedialen Projektion hauptsächlich der Feststellung von Veränderungen außerhalb des Strahlbeinbereiches. Es werden zwei Gruppen gebildet: Strahlbeine mit nicht deformierten Canales sesamoidales, Strahlbeine mit deformierten Canales sesamoidales. Die Klassifizierung der röntgenologischen Befunde an den Strahlbeinen in nicht deformierte bzw. deformierte Canales sesamoidales erfolgte in Anlehnung an das Schema von Brunken (1986).

Die Auswertung der gewonnenen Messergebnisse erfolgte mit dem statistischen Auswertungsprogramm SPSS 12.0. 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.

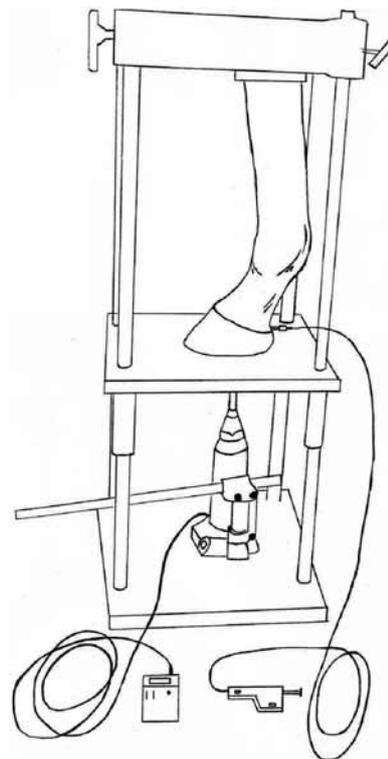


Abb 4 Druckmessung in der Bursa podotrochlearis unter Belastung. *Manometry in the navicular bursa under load.*

Ergebnisse

Druckmessung in der Bursa podotrochlearis ohne Belastung in Abhängigkeit von der Zeit (n=30). Bei einigen Präparaten wurde die Null nicht erreicht und es ergaben sich ab einem bestimmten Zeitpunkt auch keine aufzuzeichnenden Veränderungen mehr.

Die Messwerte, die sich bei der Punktion der jeweiligen Bur-sen ergeben, reichen von 0 bis 21 mmHg mit einem Median von 2 mmHg. Es wird beobachtet, dass der Druck mit der Zeit

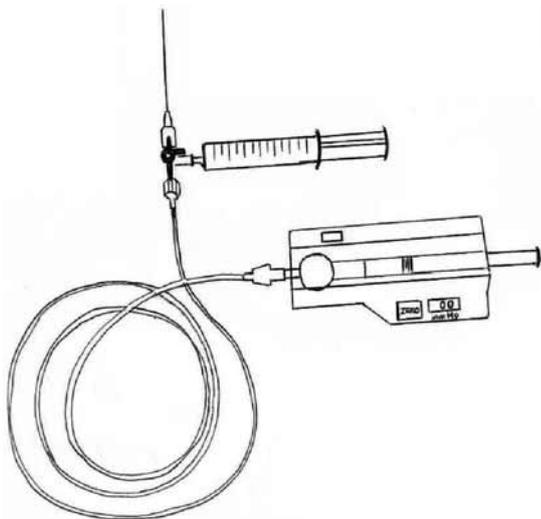


Abb 5 Druckmessungen in der Bursa podotrochlearis bei steigender Füllung. *Manometry in the navicular bursa with increasing volume.*

abfällt. Spätestens nach einer Stunde allerdings verringert sich der Messwert nicht mehr.

Die Messwerte sinken bei den verschiedenen Gliedmaßen in unterschiedlichen Intervallen teilweise bis auf Null. Verändert sich der anfänglich gemessene Druck in der Bursa nicht, wird diese Messung nicht weiter berücksichtigt. Die einzelnen Verläufe werden als Treppenfunktion dargestellt (Abb.7).

Druckmessung in der Bursa podotrochlearis unter Belastung (n=59)

Nach der Einführung der Injektionskanüle in die Bursa podotrochlearis wird die Gliedmaße langsam gesenkt und dadurch nach einer Minute zuerst mit 1 kN, nach einer weiteren Minute mit 2 kN belastet. Die Werte des Druckaufnehmers bei der ersten Einführung der Kanüle in die Bursa werden aufgezeichnet, ebenso die Werte unter Belastung nach der ersten bzw. nach der zweiten Minute. Die interessantesten Merkmale der Daten sind: Die Stärke der Belastung hat keine deutlichen Auswirkungen auf die Druckverhältnisse in der Bursa podotrochlearis. Die Messwerte der einzelnen Gliedmaßen weichen deutlich voneinander ab. Die Messwerte, die sich bei der Punktion der jeweiligen Bursen ergeben, reichen von 0 bis 26 mmHg mit einem Median von 6 mmHg.

Tab 1 Statistische Kennzahlen für den Anfangsmesswert bei der Punktion der Bursa podotrochlearis ohne Belastung.

N	gültig	
	30	0
Minimum	0 mm Hg	
Maximum	21 mm Hg	
Perzentile	25	1,00 mm Hg
	50	2,00 mm Hg
	75	7,25 mm Hg

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)	

Abb 6 Schematische Darstellung der röntgenologischen Befunde der Canales sesamoidales des Strahlbeines (modifiziert nach Brunken 1986). *Schematic Presentation of the X-ray findings of Canales sesamoidales of the navicular bone (modified according to Brunken 1986)*

Vom Anfangswert zur Belastung mit 1 kN blieb bei 26 Gliedmaßen der Druckwert unverändert, bei 26 fiel er und bei 7 stieg er an. Von dem Druckwert bei Belastung mit 1 kN zur Belastung mit 2 kN blieb der Druckwert bei 41 Gliedmaßen unverändert, bei 12 Gliedmaßen fiel er und bei 6 Gliedmaßen stieg er an. Um den Verlauf der einzelnen Gliedmaßen insgesamt zu beschreiben, gibt folgende Tab. 4 Aufschluss über die vorkommenden Kombinationen von Veränderungen.

Vergleich von Versuch 1 (ohne Belastung) und Versuch 2 (unter Belastung)

5 Gliedmaßen mit Anfangswert 0 (Präparat Nr.: 10, 12, 20, 23, 24) werden für den Vergleich mit Versuch 2 nicht verwendet, da für diese Gliedmaßen nach Erfassen des Anfangswertes keine weitere Aufzeichnung erfolgte. Wird die erste Änderung des Messwertes erst später als nach zwei Minuten protokolliert, kann angenommen werden, dass der Druck konstant geblieben ist und zu den interessierenden Zeitpunkten (1 und 2 Minuten) jeweils dem Anfangswert entspricht. In diesem Zeitraum blieben die meisten Messwerte konstant (39 Fälle), nur in einem Fall ließ sich ein leichter Anstieg innerhalb der ersten Minute verzeichnen. In insgesamt 10 Fällen (4 zur

Tab 2 Statistische Kennzahlen für den Anfangsmesswert bei der Punktion der Bursa podotrochlearis unter Belastung.

N	Gültig	
	59	0
Minimum	0 mmHg	
Maximum	26 mmHg	
Perzentile	25	2,00 mmHg
	50	6,00 mmHg
	75	11,00 mmHg

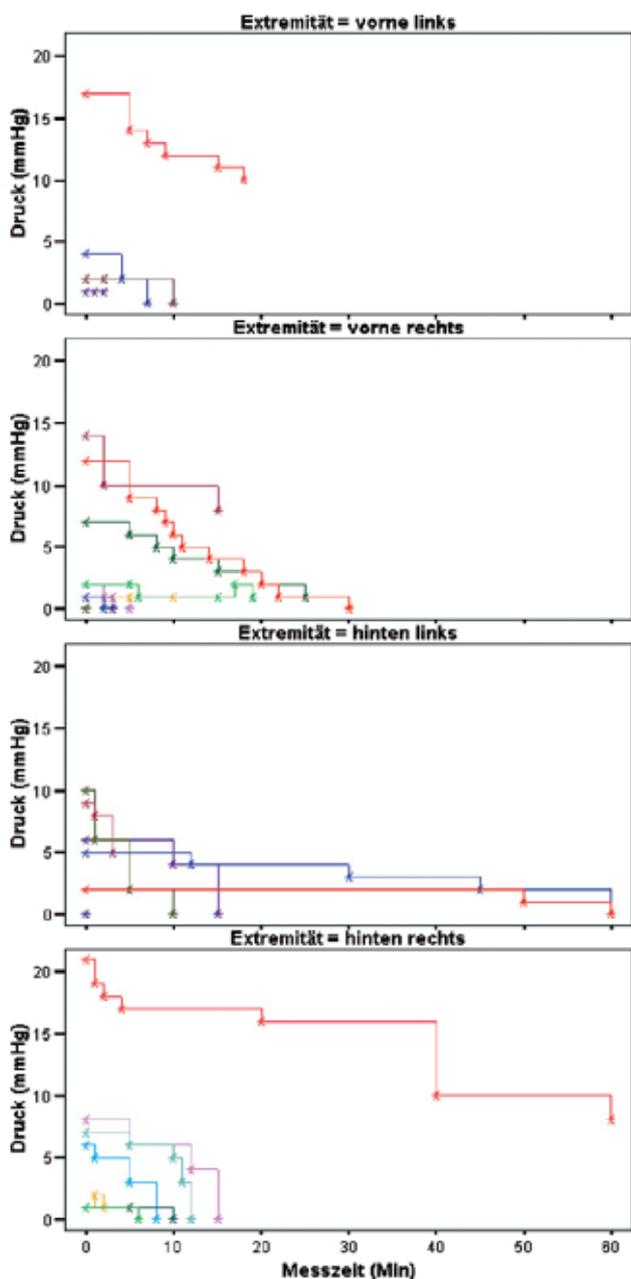


Abb 7 Einzelverläufe der Druckwerte in der Bursa podotrochlearis in Abhängigkeit von der Zeit. *The progression of the pressure in the navicular bursa in correlation to time.*

1. und 6 zur 2. Minute) fielen die Messwerte um maximal 4 mmHg (Tab. 5). Die Ergebnisse der röntgenologischen Kontrollen zeigen, dass die Kanülenspitze in diesen Fällen an den Strahlbeinbändern (Huf-Strahlbeinband oder Fessel-Strahlbeinband), am Hufbein und am Recessus palmaris des Hufgelenks anlag.

Druckmessungen in der Bursa podotrochlearis bei steigender Füllung (n=16)

Bei 16 Gliedmaßenpräparaten wird solange Ringerlösung in die Bursa podotrochlearis injiziert, bis das maximale Fassungsvermögen der Bursa podotrochlearis erreicht ist, d.h. bis ein Widerstand beim Einspritzen fühlbar wurde. Das Fassungsvermögen unterschied sich von Gliedmaße zu Gliedmaße.

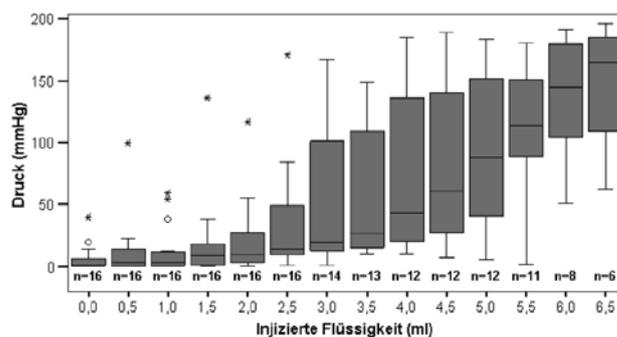


Abb 8 Darstellung der Auswirkung einer Erhöhung der Flüssigkeitsmenge auf den Druck in der Bursa podotrochlearis. *Impact of the injected volume on the pressure in the navicular bursa.*

Es ist zu beobachten, dass der Druck in der Bursa podotrochlearis unter Flüssigkeitszugabe bis auf eine Ausnahme (Präparat Nr. 7) ansteigt. Die Messwerte, die sich bei der Flüssigkeitszugabe der jeweiligen Bursen ergaben, reichen von 0 bis 196 mmHg (das Druckmessgerät hat einen Messbereich von 0-199 mmHg).

In Tabelle 6 sind Perzentile nur bis zu einem Flüssigkeitsstand von 6.5 ml aufgeführt, weil danach für eine sinnvolle Berechnung von Perzentilen jeweils zu wenig Werte vorliegen.

Man kann sehen, dass bei größeren injizierten Volumen der Median, der den mittleren Druck repräsentiert, sowie die Streuung der Werte ansteigt. In der Folgenden (Abb. 9) wird der prozentuale Füllstand jeder Gliedmaße, bezogen auf das schließlich erreichte Gesamtvolumen der Bursa, betrachtet. Um Vergleichbarkeit der Gliedmaßen zu erreichen, werden die Füllstände in Prozent angegeben. In diesem Versuch wurden verschiedene Füllstände erzeugt durch Einspritzen von Flüssigkeit. Die entsprechenden Druckwerte werden bei jeder weiteren Injektion mit 0,5 ml gemessen. In Tab. 7 wird der Druck gemessen, welcher sich aus dem prozentualen Füllstand ergibt. Die Untersuchung zeigt zum Beispiel bei 14 Gliedmaßen einen gemessenen Druck von 25 mmHg, wobei der Flüssigkeitsfüllstand bei 38,5% liegt. Die Tendenz bei steigendem Druck ist eine Zunahme des Drucks bei erhöhter Flüssigkeitsmenge.

Zwei Gliedmaßen erreichen den Druckwert von 25 mmHg gar nicht, so dass in diese Betrachtung nur 14 Gliedmaßen eingehen, von denen nur 13 einen Druckwert von 50 bzw. 75

Tab 3 Druckverhältnisse in der Bursa podotrochlearis bei Belastung

Gesamtentwicklung	Belastung (kN)			Gesamt
	-1	0	1	
(0="unverändert", 1="gestiegen", -1="abgefallen")				
Richtung	-1	26	12	38
	0	26	41	67
	1	7	6	13
Gesamt		59	59	118

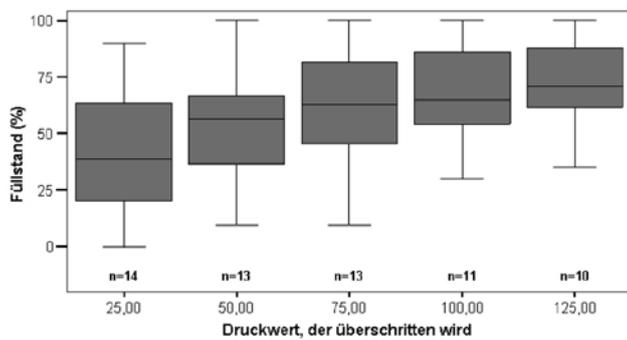


Abb 9 Verteilung des Füllstandes, gruppiert nach überschrittenen Druckwerten. *The distribution of liquid levels grouped by excessive pressure.*

mmHg überschreiten, lediglich 11 die 100 mmHg und schließlich 10 noch die 125 mmHg-Grenze hinter sich lassen.

Bursa Messwerte und Canales sesamoidales (n=73)

In der ersten Gruppe liegt der gemessene Druck zwischen 0 und 32 mmHg bei einem Median von 4 mmHg. In der zweiten Gruppe liegt der gemessene Druck zwischen 0 und 26 mmHg bei einem Median von 6 mmHg.

Diskussion

In dieser Studie wird erstmalig der Einfluss der Belastung auf die Druckverhältnisse in der Bursa podotrochlearis bei den Gliedmaßenpräparaten des Pferdes untersucht. Aus diesem Grund sind Schlussfolgerungen aus Vergleichen mit anderen Studien entweder unmöglich oder sehr vorsichtig zu ziehen.

Zur Kontrolle der Lage der Kanüle beschreiben *Verschooten et al. (1990)*, *Dyson und Kidd (1993)*, *Hertsch (1993)*, *Nowak (1994)*, *Turner (1996)*, *Schumacher et al. (2003)*, *Dabareiner et al. (2003)*, die Methode der fluroskopischen bzw. röntgenologischen Kontrolle. *Spriet et al. (2004)* beschreiben die Möglichkeit der Nutzung von Sonographie. Diese Methode ist jedoch zeit- und geräteaufwendig.

Tab 4 Gesamtentwicklung der Druckverhältnisse in den Bursen bei aufeinander folgenden Belastungen mit 1 und 2 kN.

Messung nach 1 kN und 2 kN	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Richtung				
0,0	22	37,3	37,3	37,3
0,1	2	3,4	3,4	40,7
0,-1	2	3,4	3,4	44,1
-1,0	19	32,2	32,2	76,3
1,-1	5	8,5	8,5	84,7
-1,1	2	3,4	3,4	88,1
-1,-1	5	8,5	8,5	96,6
1,1	2	3,4	3,4	100,0
Gesamt	59	100,0	100,0	

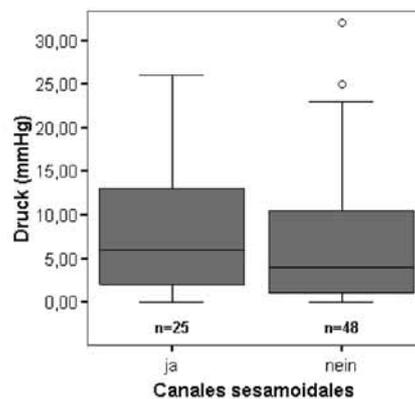


Abb 10 Verteilung der gemessenen Druckwerte in der Bursa podotrochlearis bei nicht deformierten (nein) bzw. deformierten (ja) Canales sesamoidales. *The distribution of measured pressure values in the navicular bursa by undeformed (no) or deformed (yes) canals sesamoidales.*

In dieser Studie wird daher eine andere Methode entwickelt. Es zeigt sich, dass die Messwerte nach einer korrekten Injektion in die Bursa nicht grundsätzlich ansteigen, wenn die Gliedmaßen anschließend einer Belastung ausgesetzt werden. Vorversuche zu dieser Studie haben gezeigt, dass der Druck in der Bursa sich auch dann nicht verändert, wenn die Gliedmaßen nach der Injektion belastet werden (Tab.5). Die angezeigten Werte des Druckmessgeräts steigen unter Belastung nur, wenn die Kanüle nicht korrekt in die Bursa eingeführt worden ist. Die große Drucksteigerung, die unter Belastung der Gliedmaßen auftritt, kann als Hinweis gewertet werden, dass die Injektionskanüle nicht korrekt in die Bursa eingedrungen ist.

Dieses Ergebnis ist natürlich von großer Bedeutung für die Durchführung notwendiger Injektionen in die Bursa, da sie eine Korrektur der Position der Injektionskanüle ohne Zuhilfenahme eines Röntgenapparats ermöglicht.

Im Vergleich zu der oben genannten Kontrolle ist die durch Druckmessung kontrollierte Punktion Zeit und Kosten sparend. Sie ermöglicht eine direkte Kontrolle der Position der Kanüle durch Druckmessung in der Bursa podotrochlearis. Die beschriebene Technik ist zur Absicherung der Punktion

Tab 5 Häufigkeiten der Druckveränderungen in der Bursa podotrochlearis zur ersten bzw. zur zweiten Minute.

	0= "unverändert", 1="gestiegen", -1="abgefallen"	Messzeit (Minuten)		Gesamt
		1	2	
Richtung	-1	4	6	10
	0	20	19	39
	1	1	0	1
Gesamt		25	25	50

der Bursa podotrochlearis unter Praxisbedingungen geeignet. Jede Gliedmaße in dieser Studie wird mit 1 kN und 2 kN belastet. Harders (1985) und Henke (1997) belasten bei ihren Untersuchungen die Gliedmaßenpräparate mit 300 kp (etwa 2.94 kN).

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

Nach Forstenpointer et al. (1990), Levick (1979) und Müller (1929) steht die Synovialflüssigkeit in gesunden Gelen-

ken unter subatmosphärischem Druck, in kranken Gelenken herrscht in der Regel Überdruck vor, in einer „trockenen, ausgebrannten“ Arthrose dagegen nicht. Über die Beziehung zwischen der Synovialflüssigkeit (Menge, Zusammensetzung) und einer Entzündung der Bursa podotrochlearis bei Podotrochlose liegen noch keine Untersuchungsergebnisse vor.

Als Kontrolle für den Versuch 2 unter Belastung wird nach der Punktion der Bursen der angezeigte Druckwert aufgeschrieben sowie die weitere Druckänderung beobachtet. Die in Versuch 1 ohne Belastung erzielten Ergebnisse sind von großer Bedeutung, da vergleichbare Versuche an der Bursa oder am Gelenk nie zuvor durchgeführt wurden oder zumindest in der Literatur unauffindbar sind. Vorversuche zu diesem Versuch haben lediglich gezeigt, dass der gemessene Druckwert in der Bursa stetig sinkt. Aus diesem Grund wurde im Vorfeld beschlossen, das Absinken des Drucks in der Bursa bis auf Null zu beobachten, da der Zusammenhang zwischen dem Druckabfall in der Bursa in der gemessenen Zeit nicht erklärt werden kann. Die Resultate der vorliegenden Studie zeigen jedoch, dass der Druck in der Bursa podotrochlearis spätestens nach einer Stunde auf Null abfällt. Auf welche Weise der Druck in der Bursa mit der Umgebung bzw. des umgebenden Gewebes ausgeglichen wird, bleibt auch in dieser Untersuchung unerklärt.

Tab 6 Statistische Kennzahlen der gemessenen Druckwerte zu den verschiedenen Flüssigkeitsständen.

Flüssigkeit (ml)	N		Min. (mmHg)	Max. (mmHg)	Perzentile		
	Gültig	Fehlend			25	50	75
0	16	0	0,00	39,50	0,125	1,000	7,250
0,5	16	0	0,00	99,50	0,000	3,250	16,125
1,0	16	0	0,00	59,50	0,500	3,500	12,250
1,5	16	0	0,00	136,50	0,875	8,500	18,375
2,0	16	0	0,00	117,00	2,625	9,500	27,875
2,5	16	0	1,00	171,50	8,875	14,000	49,625
3,0	14	0	1,00	167,50	12,750	19,250	101,000
3,5	13	0	10,00	149,00	13,500	26,500	113,250
4,0	12	0	10,00	185,00	20,250	42,750	139,125
4,5	12	0	7,50	189,00	26,250	60,500	145,875
5,0	12	0	5,50	184,00	36,000	88,000	152,000
5,5	11	0	2,00	180,50	73,500	113,500	154,000
6,0	8	0	50,50	191,50	97,750	144,500	184,875
6,5	6	0	62,50	196,00	97,375	165,000	188,125
7,0	5	0	76,50	190,50			
7,5	5	0	88,00	192,00			
8,0	4	0	100,00	190,00			
8,5	2	0	102,00	186,00			
9,0	1	0	174,00	174,00			
9,5	1	0	181,50	181,50			
10,0	1	0	175,50	175,50			

Tab 7 Statistische Kennzahlen der Füllstände (in %), bei denen Messwerte von 25, 50, 75, 100 und 125 mmHg überschritten werden.

		Druck_25	Druck_50	Druck_75	Druck_100	Druck_125
N	Gültig	14	13	13	11	10
	Fehlend	0	1	1	3	4
Minimum (in %)		0,00	9,09	9,09	30,00	35,00
Maximum (in %)		90,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Perzentile	25	19,5455	32,4675	44,1558	53,8462	56,8681
	50	38,5417	56,2500	62,5000	64,7059	70,8333
	75	64,3939	69,6970	82,5758	90,9091	88,3523

Aus den Untersuchungen an der Bursa sternalis subcutanea von Masthähnen und dem Vergleich mit Gelenkkapselstrukturen ergibt sich, dass auch in der Bursa sehr wirksame schnelle Clearancevorgänge stattfinden (Dämmrich und Rülke 1988). Es wäre möglich, dass eine durch die Injektion verursachte undichte Stelle für den Abfall der Druck verantwortlich ist.

Druckmessung in der Bursa podotrochlearis unter Belastung

Den Einfluss von Belastung im Hufgelenkbinnendruck bei Pferden haben Schött (1989), Nowak et al. (1992), Rupp (1993) und Höppner (1993) in ihren Arbeiten festgestellt. Die Auswirkungen von Belastung auf den Druck in der Bursa wurden beim Pferd nie zuvor erforscht. Die Gelenkstellung z.B bei Flexion oder Extension menschlicher Handwurzelgelenke (Eyring und Murray 1964), bei Beugung und Streckung menschlicher Kniegelenke (Machan 1983) sowie Muskelanspannung um das Gelenk (Jayson und Dixon 1970) haben Einfluss auf den Gelenkbinnendruck. Die Druckmessung in der Bursa wird hier in Anlehnung von Hufgelenkdruckmessung untersucht.

Für die Auswahl der Belastungsstärke für die Gliedmaßenpräparate wird die Höhe der Belastung für das lebende Pferd geschätzt: a. ohne Belastung durch Aufheben des punktierten Gliedmaßes (0 kN), b. bei gleichmäßiger Belastung beider Vordergliedmaßen (1 kN), c. bei einseitiger Belastung durch Aufheben der Gegengliedmaße (2 kN).

Tab 8 Statistische Kennzahlen für die gemessenen Druckwerte nach Form der Canales sesamoidales getrennt.

		Canales sesamoidales	
		Ja (deformiert)	Nein (nichtdeformiert)
N	Gültig	25	48
	Fehlend	0	0
Minimum (mmHg)		0,00	0,00
Maximum (mmHg)		26,00	32,00
Perzentile	25	2,00	1,00
	50	6,00	4,00
	75	13,50	10,75

In dieser Studie konnte beobachtet werden, dass die Stärke der Belastung beim Gliedmaßenpräparat keine deutlichen Auswirkungen auf die Druckverhältnisse in der Bursa podotrochlearis hat. Das in der vorliegenden Studie beobachtete Phänomen unterscheidet sich erheblich von einer Hufgelenkdruckmessung. Dort steigt der Druck bei lebendigen Tieren in der Regel, wenn die Gliedmaße belastet wird oder wenn das gegenüberliegende Gliedmaß angehoben wird. Bei Bewegung des Gelenks nimmt der intraartikuläre Druck zu. Dieser hängt nach Arnoldi et al. (1980) nicht nur von der Stellung des Gelenkes, also vom Gelenkwinkel, und der Synovialmenge ab, sondern ist auf das Engste mit den das Gelenk überbrückenden festeren Weichteilen, den Gelenkbändern und Muskeln, verbunden (Müller 1929).

Durch Bewegung des Gelenks nimmt zwar der intraartikuläre Druck zunächst zu, fällt aber nach einiger Zeit trotz Immobilisation ab, da es infolge der „Synovial-Pumpe“ zur Absorption von Synovialflüssigkeit im umgebenden Gewebe kommt (Levick 1979).

Diese Phänome wurden auch bei der Druckmessung in der Bursa unter Belastung beobachtet (Tabelle 3 und 4). Das Ausbleiben einer Druckerhöhung bei allen Gliedmaßen in der Bursa bei einer Belastung mit 1 kN und 2 kN könnte sich durch die sehr geringe Menge der Synovialflüssigkeit in der Bursa und das Fehlen des physiologisch auftretenden Zugs der tiefen Beugesehne erklären. Da es sich bei der vorliegenden Studie jedoch um Untersuchungen an Gliedmaßenpräparaten handelt, muss der Einfluss einer Belastung auf Druckveränderungen in weiteren Untersuchungen an lebenden Pferden und in kontrollierten und geplanten Versuchen überprüft werden, um herauszufinden, ob und wie weitere Faktoren Druckveränderungen in der Bursa bewirken.

Druckmessungen in der Bursa podotrochlearis bei steigender Füllung

Untersuchungen an den Pferdehufgelenken (Schött 1989) haben gezeigt, dass eine deutliche Steigerung des intraartikulären Druckes durch Flüssigkeitszugabe erzielt wird. Bei einem möglichen Einzelfall in der tierärztlichen Praxis ist ein wie auch immer gearteter Füllstand der Bursa gegeben, aber nicht bekannt. Dieser wird hier untersucht. Die Idee ist, mit Hilfe eines gemessenen Druckwertes möglicherweise Rückschlüsse auf den Füllungszustand der Bursa zu ziehen. Tierärzte könn-

ten in der Praxis auf diese Weise gleichzeitig zwei Informationen erlangen, mit deren Hilfe sie diagnostizieren können, ob die Ursache der Krankheit oder Störung in der Bursa liegt. Eine Erhöhung der Flüssigkeitsmenge in der Bursa hat Auswirkung auf den Druck in der Bursa. Die Daten dieser Studie sind von großer Bedeutung für die zukünftige Bestimmung der notwendigen Menge von Anästhetikum oder anderer Medikamente, die in die Bursa injiziert werden sollen. Die Injektion einer Flüssigkeitsmenge, die das maximale Fassungsvermögen der Bursa übersteigt, kann zu einem erhöhten Druck in der Bursa führen und so Schmerzen verursachen (Hertsch 2002).

Die Forschungsergebnisse von Turner und Adams (1997), Tietje et al. (2000) zur Anwendung der Bursographie als Hilfsmittel bei der Diagnose des Podotrochlose-Syndroms sind nicht sehr akkurat. Würfel (2005) stellt in ihrer Forschungsarbeit ebenfalls die Verwendung der Bursographie in der Praxis infrage, da ein vermindertes Fassungsvermögen der Bursa nicht als Hinweis auf eine Verklebung zwischen Bursa und Tiefer Beugesehne dienen kann. Eine Bursa, die nur wenig Kontrastmittel aufnehmen kann, ist nicht unbedingt vom Podotrochlose-Syndrom betroffen.

Bursa-Messwerte und Canales sesamoidales

In dieser Studie werden die Messwerte in der Bursa bei Strahlbeinen mit nicht deformierten Canales sesamoidales und Strahlbeinen mit deformierten Canales sesamoidales nicht unterschieden. Bei sehr großen, endständig kolbigen Canales sesamoidales sind vermehrt Usuren der Sehnegleitfläche zu finden, die jedoch ebenso bei ohne in Größe und Form veränderte Canales sesamoidales auftreten. Dementsprechend lassen Form, Anzahl und Größe der Canales sesamoidales keinen sicheren Rückschluss auf entsprechende Veränderungen der Facies flexoria des Strahlbeins zu (Delius 1982). Colles (1979) und Poulos (1983) sowie Hertsch und Steffen (1986) sind der Meinung, dass die Gesamtzahl der Canales sesamoidales je Strahlbein sehr variabel ist und keinen Rückschluss auf eine vorhandene Strahlbein- oder Hufrollenerkrankung erlaubt. Deformierte Canales sesamoidales sind nach Meinung von Hertsch et al. (1982) die Folge einer langfristigen Druckerhöhung im Hufgelenk, aber nicht in der Bursa podotrochlearis. Es besteht anatomisch kein Zusammenhang zwischen der Bursa und den Strahlbeinkanälen, die eindeutig dem Hufgelenk sowohl anatomisch als auch funktionell zuzuordnen sind.

Der röntgenologische Befund der Canales sesamoidales wird in dieser Studie nur als Parameter gewählt. Daher erlaubt die Interpretation dieser Arbeit nur den Rückschluss vom röntgenologischen Bild auf die Bursa Druckwerte, nicht aber auf die klinische Erscheinung, da bei keinem der Pferde ein Vorbericht zu erheben war.

Literatur

- Appelbaum F. (2001) Untersuchungen zum Hufmechanismus. Vet. Med. Diss. Berlin
- Arnoldi C. C., Reimann I., Mortensen S., Christensen S. B., Kristoffersen J., Sönnichsen H. V. und Smith M. C. (1980) The effect of joint position on juxta-articular bone marrow-pressure. Acta orthop. Scand. 51, 893-897

- Brunken E.* (1986) Röntgenologische Verlaufsuntersuchungen am Strahlbein des Pferdes. Diss. Med. Vet. Hannover
- Colles C. M.* (1979): Ischemic necrosis of the navicular bone and its treatment. *Vet. Rec.* 104, 133-137
- Dabareiner R. M., Carter G. K. und Honnas C. M.* (2003) Injection of corticosteroids, hyaluronate, and amikacin into the navicular bursa in horse with signs of navicular area pain unresponsive to other treatments: 25 cases (1999-2002): *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 223, 1469-1474
- Dämmrich K. und Rülke M.* (1988) Über die Vergleichbarkeit synovialer und bursaler Räume (Untersuchungen an der Bursasternalis subcuta-Tuscheinjektion). *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 101, 154-158
- Delius C.* (1982) Pathomorphologische und röntgenologische Veränderungen am isolierten Strahlbein beim Pferd. Diss. Med. Vet. Hannover
- Dyson S. J. and Kidd L.* (1993) A comparison of responses to analgesia of the navicular bursa and intra-articular analgesia of the distal interphalangeal joint in 59 horses. *Equine Vet. J.* 25, 93-98
- Eyring E. J. and Murray W. R.* (1964) The effect of joint position on the pressure of intraarticular effusion. *J. Bone Jt. Surg.* 46-A, 1235-1241
- Forstenpointer G., Künzel W., Blechinger E. und Öller A.* (1990) Intartikuläre Druckmessungen am Ellbogengelenk des Hundes mittels eines PC unterstützten System. *Biomed. Technik* 35, Suppl. 2, 221-222
- Harders T.* (1985) Die elastische Verformung des Pferdehufes. *Dis. Med. Vet. Hannover*
- Henke F.* (1997) Hufbeinträger und Hufmechanismus im Seiten-, Trachten- und Eckstrebenteil des Pferdes. Diss. Med. Vet. Berlin
- Hertsch B., Wissdorf H. und Zeller R.* (1982) Die „sogenannten“ Gefäßblöcher des Strahlbeines und Ihre Beziehung zum Hufgelenk Ein Beitrag zur Pathogenese der Hufrollenerkrankung. *Tierärztl. Prax.* 10, 365-379
- Hertsch B. und Steffen D.* (1986) Röntgenologische und verglichene patho-morphologische Untersuchung an Strahlbeinen unter besondere Berücksichtigung der Canales sesamoidales – ein Beitrag zur Diagnose der podotrochlose. *Dtsch. Tierärztl. Wochenschr.* 93, 353-359
- Hertsch B.* (1993) Differentialdiagnosen beim Podotrochlose-Syndrom. *International Symposium Strahlbeinlahmheiten*, Dortmund 1993, FN-Verlag, Warendorf 1994, 257-262
- Hertsch B.* (2002) Persönliche Mitteilung.
- Höppner S.* (1993) Vergleichende Studie über die Hufgelenkanästhesie und die direkte Druckmessung im Hufgelenk als diagnostische Kriterien bei der Differenzierung des Podotrochlose-Syndroms beim Pferd. Diss. Med. Vet. Hannover
- Jayson M. I. V. and Dixon A. S. J.* (1970) Pressure changes during joint use. In: M.I.V. Jayson and A.St.J. Dixon: Intra-articular pressure in rheumatoid arthritis of the knee. *Ann. Rheum. Dis.* 29, 401-408
- Levick J. R.* (1979) An investigation into the validity of subatmospheric pressure recordings from synovial fluid and their dependence on joint angle. *J. Physiol.* 289, 55-67
- Machan F. B.* (1983) Die Rolle des intraartikulären Druckes großer Gelenke am Menschen und seine klinische Relevanz. *Z. Ärztl. Fortbild. (Jena)* 77, 877-881
- Müller W.* (1929) Über den negativen Luftdruck im Gelenkraum. *Dtsch. Zschr. F. Chir.* 218, 395-401
- Neuberth M.* (1990) Experimentell funktionelle Untersuchungen des distalen Bandapparates der Gleichbeine im Hinblick auf Dislokation nach Ruptur. Diss. Med. Vet. Hannover
- Nowak M., Huskamp B., Stadtbäumer G. und Tietje S.* (1992) Kritische Anmerkungen zu einigen diagnostischen und therapeutischen Verfahren bei der Podotrochlose. In: 12. Arbeitstagung der Fachgruppe "Pferdekrankheiten" der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft. Wiesbaden 1992, Kongressband, 219-230
- Nowak M.* (1994) Diagnostische Anästhesien der synovialen Räume im Hufrollenbereich beim Pferd. Ergebnisse und Schlussfolgerungen In: 13. Arbeitstagung der Fachgruppe "Pferdekrankheiten" der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft. Wiesbaden, 4-25.3.1994, Kongressband, 248-256
- Poulos P. W.* (1983) Correlation of radiographic Signs and Histologic Changes in Navicular Disease. *Proc. 29th Conc. AAEP*
- Rupp A.* (1993) Erfolgskontrolle der intraartikulären Natriumhyaluronatbehandlung bei Pferden mit positiver tiefer Palmarnerven-anästhesie anhand der Hufgelenksdruckmessung mit dem Stryker-Intra-Compartmental-Pressure-Monitor-System. Diss. Med. Vet. Hannover
- Schött E.* (1989) Direkte Druckmessung im Hufgelenk beim Pferd – Ein Beitrag zur Pathogenese und Therapie von Strahlbein- und Hufgelenkerkrankungen beim Pferd. Diss. Med. Vet. Hannover
- Schumacher J., Schumacher R., Gillette R., De Graves F., Schramme M., Smith R., Perkins J. and Cooker M.* (2003) The effects of local anaesthetic solution in the navicular bursa of horses with lameness caused by distal interphalangeal joint pain. *Equine Vet. J.* 35, 502-505
- Spriet M., David F. and Rossier Y.* (2004) Ultrasonographic control of navicular bursa injection. *Equine Vet. J.* 36, 637-639
- Stashak T. S.* (1989) Adams' Lahmheit bei Pferden. 4. Auflage, Verlag Schaper, Hannover, 499-513
- Tietje S., Feichtenschlager A., Zehl U. und Merkt J. C.* (2000) Vergleich von endoskopischen Befunden der Bursa Podotrochlearis mit der nativen bzw. Kontrastmittel-Unterstützten Röntgendarstellung beim Pferd. *DVG*, 16. Arbeitstagung Pferdekrankheiten, Wiesbaden 2000, 176-182
- Turner T. A.* (1996) Differentiation of navicular region pain from other forms of palmar heel pain. *Pferdeheilkunde* 12, 603-606
- Turner T. A. und Adams M. N.* (1997) Kontrastradiographie der Bursa navicularis – Eine neue Untersuchungsmethode bei Podotrochlose. *Proc. Ass. Equine Sports Med.*, Zusammenfassung in: *Pferdeheilkunde* 13, 284
- Verschooten F., Desmet P., Peremans K. and Picavet T.* (1990) Navicular disease in the horse: the effect of controlled intrabursal corticoid injection. *Equine Vet. Sci.* 10, 316-320
- Würfel C. und B. Hertsch* (2005) Untersuchung zum diagnostischen Wert der Kontrastmittelradiographie der Bursa podotrochlearis. *Pferdeheilkunde* 21, 4-12
- Zuther M. und Hertsch B.* (2004) Zur Differenzierung des Podotrochlose-Syndroms mit Hilfe von diagnostischen Anästhesien und der Druckmessung in Hufgelenk und Bursa podotrochlearis. *Pferdeheilkunde* 15, 525-532

Prof. Dr. Bodo Hertsch
Klinik für Pferde, Freie Universität Berlin
Oertzenweg 19 b
14165 Berlin
hertsch@vetmed.fu-berlin.de