

2 Literatur

Die Literatur soll eine anatomische und physiologische Grundlage schaffen, die dem besseren Verständnis von Sinn, Zweck und Durchführung der Operationsmethode dienen soll.

2.1 Anatomie

Die beschriebenen Verhältnisse der Ossa digitorum beziehen sich nur auf die Vordergliedmaße.

Der Bereich der Fesselbeuge besteht aus folgenden wichtigen Strukturen, die im Weiteren genauer beschrieben werden:

Fesselbeugesehnenscheide (Vagina synovialis tendinum digitalis manus), Hufgelenk (Articulatio interphalangea distalis), Hufrollenschleimbeutel (Bursa podotrochlearis), oberflächliche und tiefe Beugesehne (Tendo musculus flexoris dig. superf. et profundus), distale Gleichbeinbänder (Lig. sesamoideum rectum, Ligg. sesamoidea obliqua), Zehenbinde als Verstärkung der Zehenfaszie mit Fesselringband (Lig. anulare palmare), vierzipflige Fesselplatte (Pars cruciformis fasciae manus) und Sohlenbinde (Lig. anulare digiti), Unterstützungssast des M. interosseus medius, Ballenfesselbeinband (sog. Spornsehne), Zehenarterie und -vene (Arteria et Vena digitalis palmaris med. et lat.) und Zehennerv (N. digitalis palmaris med. et lat.).

2.1.1 Fesselbeugesehnenscheide

Die Fesselbeugesehnenscheide, Vagina synovialis tendinum digitorum manus (NOMINA ANATOMICA VETERINARIA 1994) beginnt proximal in Höhe der Griffelbeinknöpfechen über dem Fesselgelenk und reicht distal bis zur Hälfte des Kronbeins (KÖNIG et al. 1995). Sie besitzt somit eine Länge von 17 bis 20 cm, beginnt 5 bis 9 cm oberhalb des Fesselgelenkes und dehnt sich hufwärts bis über die proximal gerichtete palmare Aussackung des Hufgelenkes aus (SEIFERLE u. FREWEIN 1992). Die gemeinsame Fesselbeugesehnenscheide wird nur teilweise ihrem Namen gerecht. Die tiefe Beugesehne wird von der Sehnnenscheide vollständig umgeben. Die oberflächliche Beugesehne dagegen nur teilweise. Sie bildet größtenteils die palmare Wand der Sehnnenscheide.

Nur in der Gegend des Fesselringbandes wird die OBS von palmaren Ausbuchtungen der Sehnenscheide umgeben, die sich zwischen die OBS und das Fesselringband einschieben, axial aber getrennt bleiben (SEIFERLE u. FREWEIN 1992).

Laut KOCH und BERG (1992) besteht die Sehnenscheide aus einer bindegewebigen Röhre, die die Sehnenenden knapp umschließt. Die Innenseite der Röhre und die Sehnenoberfläche sind von Synovialis, Membrana synovialis, ausgekleidet. Eine Verbindung von der Sehnenscheide zur tiefen Beugesehne verläuft auf der dorsalen Wand auf Höhe des Fesselbeins und etwa in der Mitte des Lig. sesamoideum rectum, als ein längs verlaufendes Blatt von der Fibrosainnenseite auf die Sehnenoberfläche. Laut SEIFERLE und FREWEIN (1992) wird die TBS von einer dünnen Falte umfasst, die von der hinteren zur vorderen Sehnenscheidewand zieht und auch als distaler Gurt der OBS um die TBS bezeichnet wird. Das Mesotendineum dient mit den von außen kommenden Gefäßen und Nerven der Versorgung der tiefen Beugesehne. Es ist häufig von Lücken durchbrochen und seine streifenförmigen Reste, nach Anzahl und Anordnung wechselnd, werden als Vincula tendineum bezeichnet (BODE 1940; NIXON 1990).

An der Sehnenscheide werden eine palmare Wand, eine dorsale Vorderwand und Aussackungen unterschieden.

Die palmare Wand wird von der z.T. sehr dünnen Zehenfaszie, Fascia digiti manus, gebildet. Zusätzlich verstärken Strukturen die Faszie, die als Zehenbinde bezeichnet werden. Dabei werden von proximal nach distal das Fesselringband, die vierzipflige Fesselplatte und die Sohlenbinde unterschieden.

Das Fesselringband ist nicht scharf begrenzt und umfasst die Beugesehnen palmar. Es liegt direkt unter der Haut und der Zehenfaszie. Nach dorsal verschmilzt es mit den Sesambeinen und dem Lig. palmare sowie mit den Ligg. sesamoidea collateralia und der oberflächlichen Beugesehne (SEIFERLE u. FREWEIN 1992). Letztere umfasst die tiefe Beugesehne im proximalen Abschnitt manschettenartig. Nach KÖNIG et al. (1995) ist das Fesselringband 55 mm breit. Der distale Rand des Fesselringbandes ist über ein ca. 3 mm breiten Faszienstreifen mit dem proximalen Fesselbein medial und lateral verbunden, der als einziger von KÖNIG et al. (1995) beschrieben wird. Die gleiche Ansatzstelle haben die proximalen Ausläufer der vierzipfligen Fesselplatte. Auf Höhe des Fesselbeins bildet somit die Fesselplatte die palmare Wand der Sehnenscheide und ist mit der oberflächlichen Beugesehne fest verbunden, so dass sie palmar nicht von Synovia umflossen wird. Unter der Fesselplatte teilt sich die oberflächliche Beugesehne in einen medialen und lateralen Schenkel auf und zieht gemeinsam mit den distalen Armen medial und lateral an das Fesselbein. Somit entsteht zwischen proximalen und distalen Armen jederseits der vierzipfligen Fesselplatte ein faszienfreier Raum (KOCH u. BERG 1992; KÖNIG et al. 1995; BUDRAS u. RÖCK 1997).

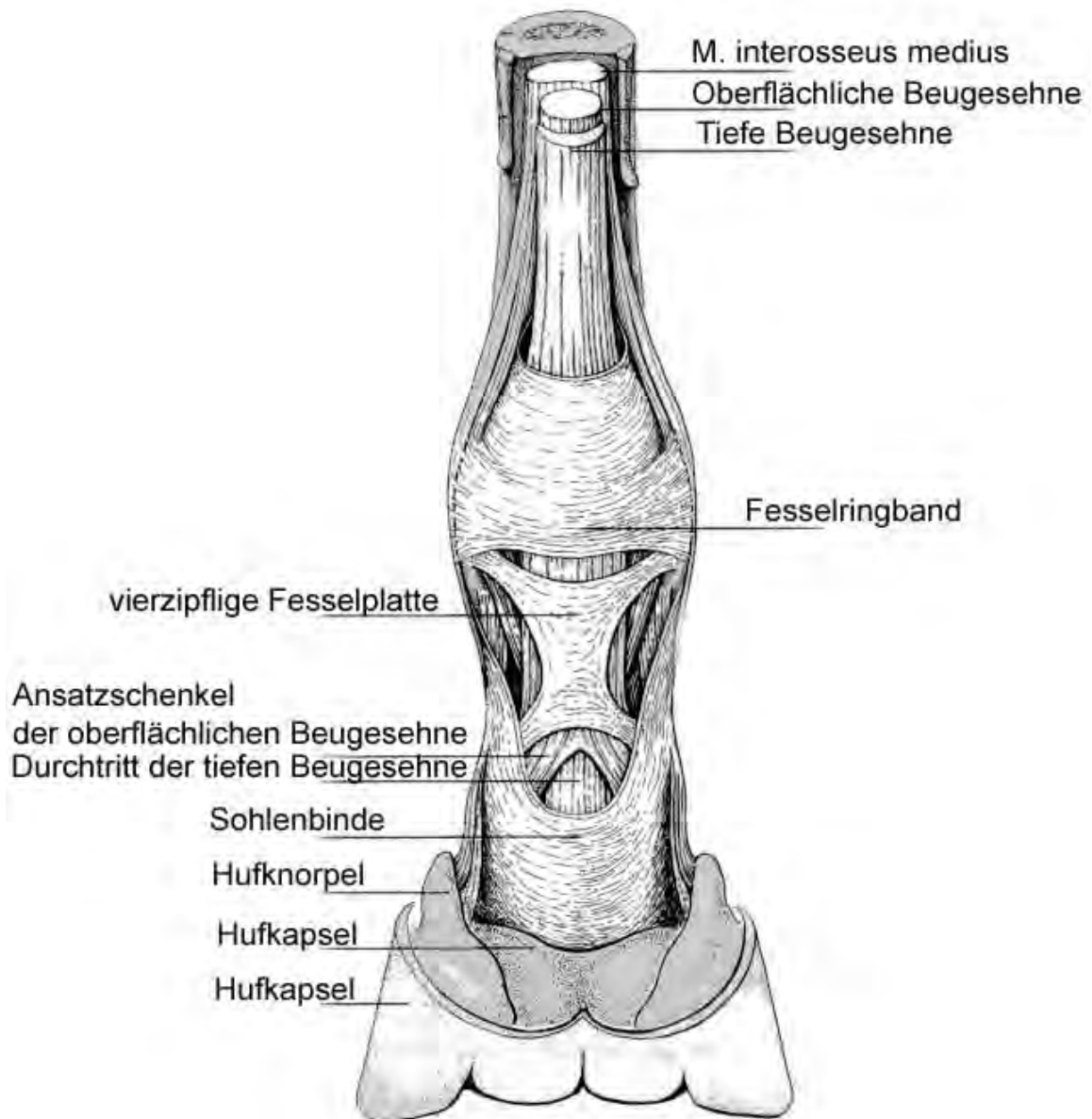


Abb. 1: Schematische Darstellung der Zehenfaszien (Palmaransicht), modifiziert nach KÖNIG und LIEBICH (1999).

Distal wird die Fesselplatte dünner und verschmilzt z.T. mit der Sohlenbinde (SEIFERLE u. FREWEIN 1992). Die Sohlenbinde ist sichelartig palmar über die Endsehne des tiefen Zehenbeugers ausgespannt. Sie trennt diese vom Hufkissen und ist bis auf einen schmalen Saum an ihrem freien Rand mit der Beugesehne bindegewebig verschmolzen. Sie zieht proximal bis an das Fesselbein und inseriert laut KÖNIG et al. (1995) mit den distalen Armen der Fesselplatte. SEIFERLE und FREWEIN (1992) beschreiben die Sohlenbinde als eine unscharf begrenzte Faszienplatte, die dorsal am Fesselbein jederseits aus der gemeinsamen Strecksehne hervorgeht. Sie zieht über die Unterstützungsäste des M. interosseus medius hinweg schräg hufbeinwärts und verschmilzt z.T. mit dem Fesselbein-Hufknorpel-Hufbeinband, dem Ballenfesselbeinband, der sog. Spornsehne und dem seitlichen Palmarband des Krongelenkes. Distal zieht die Sohlenbinde gemeinsam mit der tiefen Beugesehne bis an das Hufbein und verankert sich in dessen Periost.

Die dorsale Wand der Fesselbeugesehnenscheide liegt proximal der Gleichbeine zwischen den Ästen des M. interosseus medius der Palmarfläche des Röhrbeins bindegewebig verbunden an. In den mittleren Abschnitten wird die Vorderwand vom proximalen Gleitkörper, Scutum proximale, den distalen Sesambeinbändern, Lig. sesamoidea distale, und dem mittleren Gleitkörper, Scutum medium, gebildet (KÖNIG u. LIEBICH 1999). Zehenspitzenwärts folgen die distalen Gleichbeinbänder, bestehend aus dem Ligamentum sesamoideum distale rectum und den beiden Ligamenta sesamoidea distalis obliqua. Das gerade, distale Sesambeinband reicht bis zum mittleren Gleitkörper, der sich aus den Ligamenta palmaria, den beiden Schenkeln der oberflächlichen Beugesehne und der Kronbeinlehne zusammensetzt. Wie der proximale ist auch der mittlere Gleitkörper an seiner palmaren Fläche überknorpelt. Die Vorderwand endet schließlich auf halber Höhe der Palmarfläche des Kronbeins, dort, wo von dem Zehenbeuger ein Bindegewebslager zur Phalanx media zieht. Diese breite, aus lockerem und elastischem Bindegewebe bestehende Verbindung erreicht auch den Proximalrand des Strahlbeins, so dass die FBSS dadurch von der Bursa podotrochlearis und dem Recessus palmaris proximalis des Hufgelenks getrennt wird (KÖNIG et al. 1995).

Die Aussackungen der FBSS treten laut KÖNIG und LIEBICH (1999) stets als Blindsäcke an den Stellen auf, die nicht von den Anteilen der Zehenfaszie bedeckt sind. KÖNIG et al. (1995) und KÖNIG und LIEBICH (1999) beschreiben mit drei paarigen und einer unpaarigen 7 Aussackungen, SEIFERLE und FREWEIN (1992) 8 Blindsäcke, wogegen BUDRAS und RÖCK (1997) neun Blindsäcke der FBSS beschreiben. Der Unterschied liegt darin, dass SEIFERLE und FREWEIN (1992) den proximalen Endblindsack in drei hintereinander liegende, distal aber kommunizierende Nischen aufteilen. KÖNIG et al. (1995) fanden dagegen in der proximalen Aussackung nur eine vordere und eine hintere Bucht.

Aufzufinden ist sie oberhalb des Fesselringbandes palmar der Seitenstränge des M. interosseus med. bis etwa zur Höhe der Griffelbeinknöpfechen (SEIFERLE u. FREWEIN 1992). Das zweite Aussackungspaar, der proximale Seitenblindsack, liegt seitlich zwischen dem distalen Fesselringbandrand und den beiden proximalen Armen der vierzipfligen Fesselplatte. Das dritte Paar, der distale Seitenblindsack, liegt zwischen den proximalen und distalen Armen der vierzipfligen Fesselplatte. Die unpaare, palmare Aussackung schiebt sich zwischen den distalen Rand der Fesselplatte und dem proximalen Rand der Sohlenbinde.

SEIFERLE und FREWEIN (1992) benennen als einzige das distale Ende der FBSS als distalen Endblindsack. Der distale Endblindsack schiebt sich einerseits zwischen die TBS und ihren Kronbeinschenkel und andererseits zwischen das gerade Sesambeinband und die palmare Fläche des Kronbeins ein. Somit reicht er bis unmittelbar über die palmare Aussackung des Hufgelenks, Recessus palmaris proximalis.

Der Innenraum der FBSS ist mit Synovia gefüllt. Er wird von der Membrana synovialis gebildet. MALARK et al. (1991) untersuchte die Charakteristika der synovialen Flüssigkeit in der FBSS und stellte fest, dass die Zahl der Erythrozyten höher und die Anzahl der Leukozyten, die Viskosität und die Proteinkonzentration gleich der Synovia in Gelenken ist. In der Synovia der FBSS dominieren die mononuklearen Zellen. Die Hyaluronsäurekonzentration und die Qualität der Mukoproteide sind niedriger als in der Gelenkflüssigkeit. Das Volumen der Synovia in der FBSS liegt zwischen 1,5 und 2,5 ml.

An der Innenfläche, Membrana synovialis, unterscheidet man ein der Sehne aufliegendes viscerales Blatt, das über ein dünnes doppelblättriges Gekröse, dem Mesotendineum, in das äußere parietale Blatt übergeht. Das Mesotendineum schließt Gefäße und Nervengeflechte ein. (KÖNIG et al. 1995). Die Mem. synovialis ist in den Aussackungen unterschiedlich ausgebildet (HAGO et al. 1990). Die Untersuchungen von König et al. (1995) haben ergeben, dass im Bereich der paarigen Aussackungen auf Grund der vielen Falten und Zellen eine rege Aktivität der Produktion und Resorption von Synovialflüssigkeit stattfindet. Diese Aktivität ist im distalen Abschnitt der unpaarigen Aussackungen nicht zu erwarten. Es sind hier weder Falten, Zotten noch eine größere Anzahl von Synoviozyten zu finden.

Durch die Wand der Sehnenscheide erfolgen die Filtration von Flüssigkeiten, die Diffusion von gelösten Stoffen und sämtlichen aktiven makromolekularen Transportprozessen. Hydrostatische und osmotische Kräfte regulieren das Austreten von Flüssigkeiten aus dem Synovialraum der Sehnenscheide in das Bindegewebe und umgekehrt. Hierfür weisen die in den synovialen Raum ragenden Falten und Synovialzotten spaltförmige Öffnungen auf, die aus unterschiedlichen Räumen zwischen den synovialen Deckzellen resultieren (KÖNIG u. LIEBICH 1999).

Vincula tendinum, auch bezeichnet als Mesotenon (lat. Band, Fessel) befinden sich im unteren Drittel der distalen Gleichbeinbänder und ziehen von der Dorsalwand der Sehnenscheide zur Dorsalfläche der tiefen Beugesehne (NEUMEIER 2003). Das Mesotendineum besteht aus einem Doppelblatt, der Membrana synovialis, und ist in der Sehnenscheide an der Blutversorgung beteiligt. HAGO et al. (1990) wiesen in einem histologischen Transversalschnitt eines Vinculum tendinis eine Arterie und eine Vene nach. Die Blutgefäße sind im lockeren Bindegewebe der subsynovialen Schicht, die auch Lymphgefäße enthält, anzutreffen. Die Form wird als fadennetzartig oder spangenartig beschrieben und ist von der Anzahl sehr variabel (SEIFERLE u. FREWEIN 1992). Auf Grund der Untersuchungen von NEUMEIER (2003) kann angenommen werden, dass die Vincula tendinum für die tiefe Beugesehne eher eine „stabilisierende“ als eine „ernährende“ Funktion erfüllen. Die Begriffe „Mesotendon“ (DENOIX 2000) und „Vincula“ (NIXON 1990) sind im englischen Schrifttum zu finden.

2.1.2 Hufgelenk

Das Zehenendgelenk des Pferdes wird als Hufgelenk, **Articulatio interphalangea distalis**, bezeichnet. Das Sattelgelenk ist der Funktion nach ein zusammengesetztes, unvollkommenes Wechselgelenk (WISSDORF et al. 2002), da neben Streckung und Beugung auch Drehbewegungen bis zu 15° und Seitwärtsbewegungen möglich sind (SEIFERLE u. FREHWEIN 1992). Es wird von dem Kronbein, Phalanx media, dem Hufbein, Phalanx distale, und dem Strahlbein, Os sesamoideum distale, gebildet (KOCH u. BERG 1992). Das Hufbein und das Strahlbein bilden die Gelenkgrube, das Kronbein die sattelförmige Gelenkwalze des Hufgelenkes (BREIT 1995).

Die Facies articularis des Hufbeins, des Strahlbeins und des Kronbeins sind von Gelenkknorpel überzogen, die anderen der Gelenkhöhle zugewandten Strukturen sind von Stratum synoviale ausgekleidet (HERTSCH et al. 1982).

Der Proc. extensorius des Hufbeins ist nur bis kurz vor seiner Spitze mit hyalinem Knorpel bedeckt. Zwischen Knorpel und dem gefäßfreien Sehnenansatz des M. extensor digitalis communis setzt in einer 1 mm breiten Zone die Gelenkkapsel an, durch die Blutgefäße in das Hufbein eintreten (HERTSCH et al. 1992).

Laut PARK und LEBEL (1989) zeichnet sich das Hufgelenk durch einen relativ breiten Gelenkspalt aus. Zum Hufgelenk gehört eine ausgedehnte Gelenkhöhle mit diversen Recessus. Über die Anzahl und Anordnung gibt es bisher nur unterschiedliche Angaben. Nach SABER und BLOBOL (1987) existieren insgesamt fünf Recessus, SCHUBA (1993)

benannte sieben Recessus und nach den neuesten Untersuchungen von BREIT (1995) sind acht Aussackungen an der Gelenkkapsel zu unterscheiden.

Der Recessus palmaris wird durch das Strahlbein in eine distale und eine proximale Aussackung unterteilt.

Der Recessus palmaris proximalis zieht oberhalb des Strahlbeins, vorerst der palmaren Fläche des Kronbeins fest anliegend, weit proximal und reicht bis zur Kronbeinlehne. Die seitlichen Anteile reichen weiter proximal als der mediane Anteil. Der Recessus palmaris proximalis grenzt an die fibrinöse Membran des distalen Blindsackes der FBSS und an den Kronbeinschenkel. Der Kronbeinschenkel ist eine fibrinöse Verbindung zwischen der TBS und der mittleren palmaren Fläche des Kronbeins.

Das Hauptkompartiment des Rec. palm. prox. kommuniziert über zwei schmale abaxiale Öffnungen durch die Kronbeinschenkel der TBS mit proximal gelegenen Divertikeln. Die palmare Begrenzung ist die TBS und die proximale Aussackung der Bursa podotrochlearis (KAINER 1989; SCHUBA 1993). BREIT (1995) beschreibt die palmare Begrenzung durch die Ligamenta sesamoidales collaterales lateralis et medialis und den Ansatzschenkel der tiefen Beugesehne.

Nach BLOBOL (1983) wird der Rec. palm. prox. durch zwei große medial und lateral gelegene Aussackungen (je 5-7 mm breit) und einen, die beiden Aussackungen verbindenden, schmaleren Gelenksack (5-6 mm mal 5,5-7 mm) gebildet.

BREIT (1995) unterteilte den Rec. palm. prox. in drei Aussackungen, den Rec. palm. prox. lateralis, medianus und medialis. Wobei der mittlere Recessus fehlen kann. Der Rec. medialis und Rec. lateralis sind kleine Gelenksäcke von 5 mm Höhe und 5 mm Breite, die bis zur Axialfläche des jeweiligen Hufknorpels reichen (BLOBEL 1983; SEIFERLE u. FREHWEIN 1992; KAINER 1989).

Der Rec. distalis zieht zwischen den Gelenkspalt des Huf- und Strahlbeins unter das Hufbein- Strahlbeinband.

Die der Gelenkhöhle zugewandte Seite wird in der neueren Literatur als Stratum synoviale und die durch die Bänder verstärkte Außenschicht als Stratum fibrosum bezeichnet (KÖNIG u. LIEBICH 1999). KAINER (1989) hingegen bezeichnet die Gesamtheit beider Schichten als Stratum synoviale und differenziert dann zwischen der das Cavum articulare auskleidenden Intima und der diese umgebenden Subintima.

Die Faserschicht ist je nach ihrer mechanischen Beanspruchung unterschiedlich stark und kann Gelenkbänder enthalten. Die Innenschicht ist reich an Blut- und Lymphgefäßen sowie an Nerven.

Die Synovialmembran ist ein stark durchblutetes Gewebe, das Nervenenden enthält und für die Produktion von Gelenkflüssigkeit verantwortlich ist (KAWCAK 2000). Sie ist von einem oft lückenhaften Plattenepithel ausgekleidet. Von ihr können fettzellhaltige Synovialzotten bzw. -

leisten, Villi bzw. Plicae synoviales, in die Gelenkhöhle vorspringen. Synovialzotten sind im Bereich des Recessus dorsalis, am Margo coronalis, palmar am Ligamentum sesamoideum collaterale und zwischen Margo distalis des Strahlbeins und Hufbeins vorhanden (BREIT, 1994). Die Synovialzotten sind nach BREIT und KÖNIG (1995) immer in der Nähe von Gelenkknorpel zu finden, wo die Gelenkkapsel keinen festen periostalen Überzug bildet oder fest mit den Bändern oder Sehnen verbunden ist. Im dorsalen Recessus wurden trabekelartige Synovialmembranstränge gefunden, die von einer Synovialmembranwand zur anderen zogen (BREIT u. KÖNIG 1995).

Der Ansatz der Gelenkkapsel erfolgt palmar am distalen Gelenkknorpel des Kronbeins.

Die kurzen Ligg. collaterale und mediale verlaufen zwischen den Bandgruben des Kron- und Hufbeins und entsprechen in ihrem Verlauf nicht der Richtung der Zehenachse, was eine Hemmung der Beugung des Hufgelenkes zur Folge hat (SEIFERLE u. FREHWEIN 1992).

2.1.3 Strahlbein

Das Strahlbein ist als Gelenkkapselkörper in das Hufgelenk einbezogen und dient als Umlenkrolle für die tiefe Beugesehne (HERTSCH u. HÖPPNER 1999).

Die Fixation des Strahlbeins geschieht proximal durch das paarige Fesselbein-Strahlbein-Hufbeinband und distal durch das Strahlbein-Hufbeinband.

Der breite und konvexe Margo distalis des Strahlbeins ist zweigeteilt. Er besteht aus der Facies articularis distalis und dem rauhen und rinnenvertieften Abschnitt. Dieser dient dem Ligamentum sesamoideum distale impar als Ansatz, welches als fibröse Platte der Gelenkkapsel zum hinteren Rand der Hufbeingelenkfläche, Facies flexoria zieht (SEIFERLE u. FREHWEIN 1992). Dieses Band verstärkt die Gelenkkapsel und verhindert den direkten Flüssigkeitsaustausch zwischen Hufgelenk und Bursa podotrochlearis (HERTSCH 1983).

Das Strahlbein besitzt dorsal eine mittig leicht konvex gewölbte Facies articularis media, die mit hyalinem Knorpel überzogen ist. Es bildet zusammen mit dem Hufbein die Gelenkvertiefung zur Artikulation mit der Walze des Kronbeins (KOCH u. BERG 1992; SEIFERLE u. FREHWEIN 1992). Der Margo distalis besitzt eine horizontale, längliche und von Gelenkknorpel überzogene Facies articularis distalis zur gelenkigen Verbindung mit der Facies articularis sesamoidales des Hufbeins. Die gegenüberliegende, glatte Gleitfläche Facies flexoria, die mit Faserknorpel überzogen und mit der Wand der Bursa podotrochlearis verwachsen ist, dient der TBS als Gleitlager und Umlenkrolle.

Der Margo proximalis ist rauh, schmaler und fast gradlinig. Er wird an seiner Oberfläche von Foramina nutricia proximalia durchbohrt. Seine Fläche stellt die Ansatzfläche für die elastischen Fesselbein-Strahlbein-Hufbeinbänder dar. Die Fesselbein-Strahlbein-

Hufbeinbänder, Ligg. sesamoidea collaterale med. et lat. entspringen in der distalen Fesselbeinbandgrube, ziehen an den Dorsalrand des Hufbeinknorpels und geben jeweils einen Verbindungsstrang an das Hufbein und das Strahlbein ab. Sie begrenzen und verstärken die Gelenkkapsel seitlich (SCHUBA 1993).

2.1.4 Hufrollenschleimbeutel

Der Hufrollenschleimbeutel, die Bursa podotrochlearis, ist ein echter, angeborener Schleimbeutel. Er ist mit einer derben Bindegewebshülle, der Membrana fibrosa ausgekleidet, die der von Gelenken gleicht. Der Hufrollenschleimbeutel befindet sich zwischen der TBS und der Facies flexoria des Strahlbeins. Er enthält eine der Synovia ähnliche Flüssigkeit und dient der TBS als Gleit- und Druckschutzvorrichtung (SEIFERLE u. FREHWEIN 1992). Der Schleimbeutel dehnt sich seitlich, proximal und distal über die Sehngleitfläche des Strahlbeins aus. Er ist distal durch das Ligamentum sesamoideum distal impar vom Hufgelenk getrennt. Die proximale Begrenzung bildet im Wesentlichen das Lig. sesamoideum collaterale. Es konnte auch von BREIT (1995) eine bindegewebige Abspaltung der TBS in Richtung Lig. sesamoideum collaterale bzw. an den proximalen Strahlbeinrand dargestellt werden.

2.1.5 Verbindung zwischen Hufgelenk und Fesselbeugesehnenscheide

Die Hufgelenkkapsel grenzt mit dem Recessus palmaris proximalis an den distalen Endblindsack der FBSS und an den Ansatzschenkel am Kronbein der TBS. Der Ansatzschenkel wird auch als elastische Zwischenanheftung bezeichnet. Der Endblindsack reicht an der TBS axial weiter distal als abaxial. Im Medianschnitt verläuft der distale Blindsack s-förmig. Die Wand der Sehnnenscheide zieht dabei von dorso-proximal nach palmaro-distal. Die beiden Synovialstrukturen werden lediglich durch wenig Bindegewebe voneinander getrennt. Diese breite, aus lockeren und elastischen Bindegewebe bestehende Verbindung erreicht auch den proximalen Rand des Strahlbeins. Dadurch wird die FBSS von der Bursa podotrochlearis und der Gelenkhöhle des Hufgelenkes getrennt (BREIT 1995; KÖNIG et al. 1995; DYSON 1995; KÖNIG u. LIEBICH 1999).

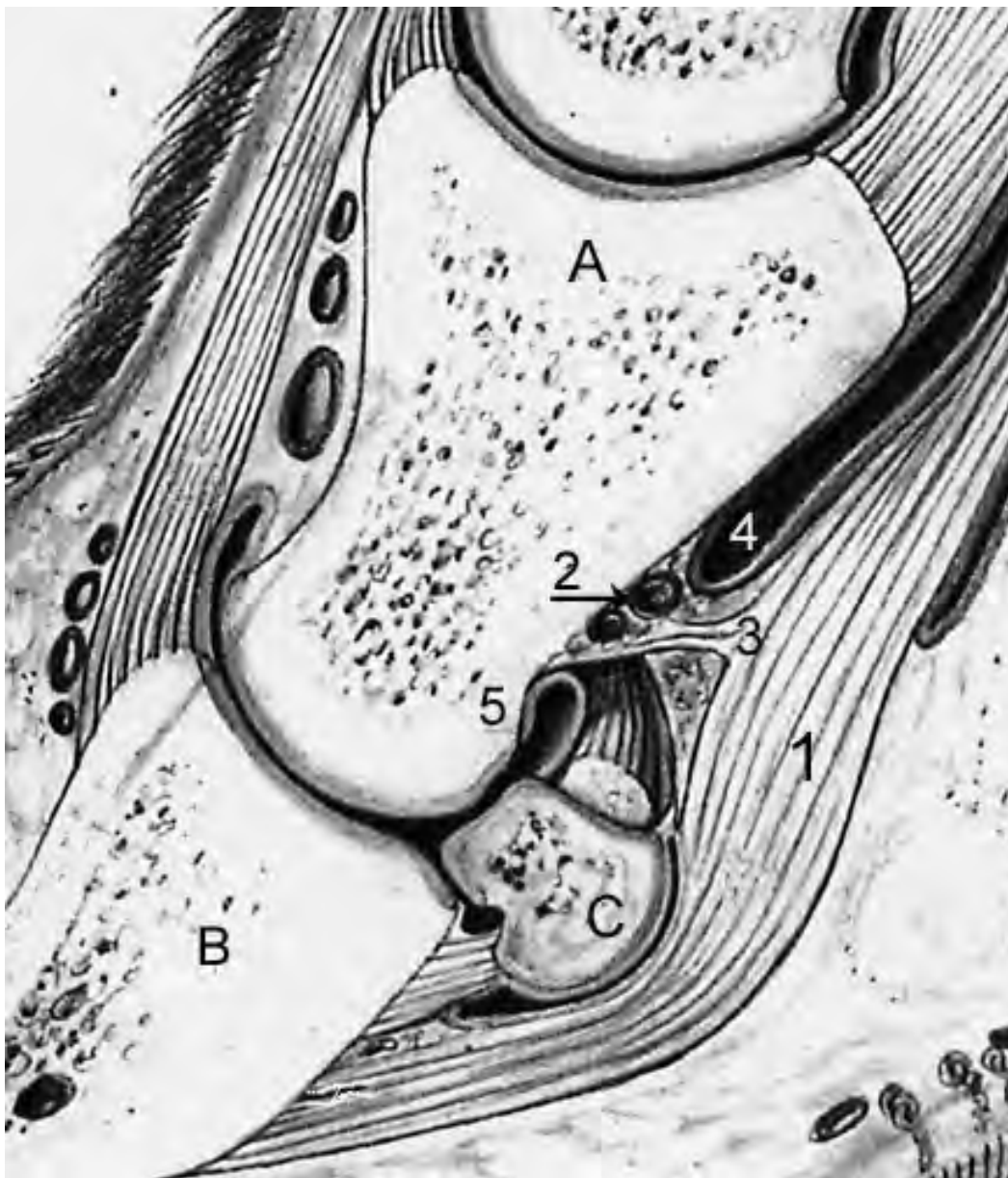


Abb. 2: Längsschnitt durch den Huf, modifiziert nach BUDRAS (1999).

- | | |
|--------------------|-------------------------------|
| A Kronbein | 2 Gefäße |
| B Hufbein | 3 Kronbeinschenkel |
| C Strahlbein | 4 Endblindsack der FBSS |
| 1 Tiefe Beugesehne | 5 Palmare Hufgelenkaussackung |

BOWKER et al. (1997) stellten in seinen Untersuchungen die anatomischen Verhältnisse der palmaro-proximalen Aussackung des Hufgelenkes in Verbindung mit den Kollateralbändern des Strahlbeines und des Hufgelenkes dar. Sie bezeichneten die synovialen Räume als abaxiales Kompartiment um die Kollateralbänder, die neurovaskulären und digitalen Strukturen.

PONT et al. (2004) beschrieben die Trennwand zwischen den synovialen Aussackungen als eine relativ dicke und plumpe Struktur, in der quer verlaufende, kräftige Blutgefäße erkennbar sind. Bislang wurde sie als „Kronbeinschenkel des tiefen Zehenbeugers“ und im englischen Sprachraum als „T-ligament“ bezeichnet. Diese Trennwand verbindet sich mit dem am proximalen Rand des Strahlbeines befindlichen Saum, der die Fläche des Scutum distale verbreitert. Die mäanderförmigen venösen und arteriellen Gefäßstrukturen ziehen zu den Aussackungen der Synovialstrukturen. In diesem Kronbeinschenkel verlaufen keine derben kollagenen Sehnenfasern im Sinne eines klassischen Bandes, sondern interstitielles Bindegewebe, das neben Kollagenfibrillen auffallend reichlich elastische Fasern enthält und frei von Fettgewebe ist. Die von PONT et al. (2004) als elastische Bindegewebsbrücke bezeichnete Trennwand, ist aufgrund ihrer Verformbarkeit für das Hufgelenk unter Belastung der Gliedmaße ein wichtiger Ausweichraum für die nicht komprimierbare Synovia.

Verbindungen zwischen dem Hufgelenk und der FBSS wurden niemals beobachtet (BREIT 1995). CALISLAR und ST. CLAIR (1969) berichteten dagegen über eine Verbindung zwischen dem Hufgelenk und der FBSS bei Fohlen.

GIBSON et al. (1990) stellten eine Diffusion von Kontrastmittel aus der palmaro-proximalen Hufgelenkaussackung in den distalen Blindsack der FBSS fest.

2.1.6 Synovialflüssigkeit

Das Hufgelenk enthält eine im Verhältnis zur Größe des Gelenkes geringe Menge Gelenkflüssigkeit. Sie überzieht in dünner Schicht die Synovialis und den Gelenkknorpel (DÄMMRICH et al., 1975). Die gefäßreiche Synovialis produziert und sondert einerseits die Synovia ab und kann andererseits resorbierende Tätigkeit ausführen. Absorption und Resorption bestimmen Volumen und Zusammensetzung der Synovia. Sie unterliegt dem osmotischen und physikalischen Druck. Die Synovia ist hinsichtlich ihrer Elektrolyte und niedermolekularen Bestandteile ein Dialysat des Blutplasmas. Hinzu tritt die von den Synoviozyten synthetisierte Hyaluronsäure (BAXTER 1992). Die Synovia hat im Rahmen der normalen Bewegungsfunktion der Gelenke folgende Aufgaben zu erfüllen (VAN PELT 1974; DYSON 1984; GÄNGEL 1980; TODHUNTER 1992):

- Der Abstand der Gelenkflächen und die Spannung der Gelenkkapseln muss durch die Synovia gewahrt werden, damit die Statik und die Mechanik der Gelenke voneinander unabhängig sind.
- Die Synovia vermindert, insbesondere zwischen Weichteilgewebe und Gelenkknorpel, den Gleitwiderstand.
- Die Druckbelastung durch das Körpergewicht und bei der Bewegung wird gleichmäßig und elastisch von der Synovia auf die subchondrale Spongiosa übertragen.
- Die Synovia dient als Transportmedium für Nähr- und Zerfallstoffe des gefäßlosen Gelenkknorpels.

Im physiologischen Zustand reduziert die Synovia den Gleitwiderstand indem sie als dünner, nicht aspirierbarer Film die sich bewegenden Oberflächen im Gelenk trennt (NIXON 1993). Dies beruht auf der Tatsache, dass die Synovia als nicht newtonsche Flüssigkeit sich über Thixotropie (Aggregatsänderung), Temperatur und Bewegung anpasst, ohne aus dem Gelenkspalt völlig herausgepresst zu werden.

Bei niedriger Belastung schmiert ein synoviales Glykoprotein die Knorpelflächen. Bei starker Belastung tritt die ausgepresste Knorpelflüssigkeit hinzu und es kommt zu einer scheinbaren Volumenzunahme. Im Rahmen der Stossdämpfung hat die Synovia die Aufgabe, den Abstand der Gelenkflächen und die Spannung der Gelenkkapsel zu wahren. Statik und Mechanik der Gelenke bleiben so von Stellung und Belastung unbeeinträchtigt und gewähren eine elastische Druckübertragung auf die subchondrale Spongiosa (GÄNGEL 1980). Damit verhindert sie eine punktuelle Überbelastung des Knorpels und verteilt den Druck gleichmäßig auf dessen Gesamtfläche.

2.1.7 Die Beugesehnen in der Fesselbeuge

Die oberflächliche Beugesehne, auch als Kronbeinbeugesehne bezeichnet, ist die Endsehne des M. flexor digitalis superficialis und zieht innerhalb der Fesselbeugesehnenscheide palmar über das Fesselgelenk. In der Fesselbeuge bildet sie mit zwei schmalen Spangen einen Gurt um die tiefe Beugesehne und spaltet sich dann in zwei Schenkel, zwischen denen die tiefe Beugesehne hindurch zieht und heftet sich medial und lateral an der Kronbeinlehne an (SEIFERLE u. FREHWEIN 1992; KOCH u. BERG 1992).

Die tiefe Beugesehne wird vom M. flexor digitalis profundus proximal des Karpus gebildet. In der Fesselbeuge tritt die Sehne durch die Endschenkel der oberflächlichen Beugesehne und mit dem distalen Drittel des Kronbeins steht sie durch einen schwachen elastischen Ast, den

Kronbeinschenkel, in Verbindung (BUDRAS u. RÖCK 1997). Distal zieht sie über das Strahlbein, gepolstert durch die Bursa podotrochlearis, und inseriert an der Facies flexoria des Hufbeins. Sie wird bis unterhalb der Kronbeinlehne von der FBSS umgeben.

2.1.8 Leitungsstrukturen

Die Gefäßversorgung erfolgt über die Arteria digitalis palmaris medialis et lateralis, die proximal des Fesselgelenkes und medial der tiefen Beugesehne aus der Arteria digitalis palmaris communis hervorgehen. Während die mediale Zehenarterie weiter distal zieht, kreuzt der laterale Ast als A. digitalis palmaris lateralis proximal des Fesselgelenks zwischen den Endschenkeln des M. interosseus medius und der tiefen Beugesehne auf die laterale Seite. In der Fesselbeuge liegen die Zehenarterien, jeweils gemeinsam mit der gleichnamigen Vene und dem Nerv. Sie liegen zwischen Fesselbein bzw. Kronbein und der TBS in subkutaner Lage. Palmar beginnend finden sich die Leitungsbahnen in der Reihenfolge: N. digitalis palmaris med. bzw. lat., A. digitalis palmaris med. bzw. lat., R. dorsalis des N. digitalis palmaris med. bzw. lat., V. digitalis palmaris med. bzw. lat..

In Höhe des Krongelenkes gibt die Zehenarterie einen Ramus tori digitalis für das Ballenpolster, das Strahlpolster sowie für die dazugehörige Lederhaut ab (SEIFERLE u. FREHWEIN 1992).

2.2 Allgemeine Pathophysiologie des Hufgelenkes

2.2.1 Intraartikulärer Druck und die beeinflussenden Faktoren

Der physiologische Druck ist ein wichtiger Faktor für die Aufrechterhaltung einer optimalen Gelenkfunktion. Verschiedene Faktoren haben Einfluss auf den intraartikulären Druck. Zu den anatomischen Faktoren gehören der Gelenktyp mit den Gelenkkapselstrukturen und die Muskel- und Bandansätze (LEVICK 1983).

Die Hufkapsel stellt eine fixe Begrenzung des Kompartments Hufgelenk dar, sodass ein Druckanstieg und Druckschwankungen bei verschiedenen Belastungspositionen entsprechend pathophysiologisch zu bewerten sind. Damit nimmt das Hufgelenk wie kein anderes Gelenk am Skelett des Pferdes eine Sonderstellung ein (HERTSCH u. HARTMANN 1996).

Die negativen Auswirkungen durch vermehrte Gelenkfüllung, wie sie bei akuten und chronischen Synovitiden in Folge akuter oder auch repetierender Traumen besteht, sind beim Menschen beschrieben (GEBOREK et al. 1989; LEVICK 1990). Die vermehrte Gelenkfüllung lässt sich durch erhöhte Werte bei der intraartikulären Druckmessung dokumentieren. In diesem Zusammenhang sind die Arbeiten über die intraartikuläre Druckmessung an den Extremitäten beim Pferd, aber vor allem im Hufgelenk (SCHÖTT 1989; HÖPPNER 1993; RUPP 1993; NOWAK et al. 1992; HARTMANN 1996; STRAND et al. 1995; STRAND et al. 1998; PAURITSCH et al. 1999; DA GRACA MACORIS u. BERTONE 2001 u. VIITANEN et al. 2003) zu sehen.

Die Zielsetzung bei den Untersuchungen von SCHÖTT (1989) war die Feststellung des Normaldruckes und der Einfluss der Interaktionen mit Gelenkstellung, Muskelspannung, Bewegung, Belastung, vermehrter Gelenkfüllung und Entzündungszustände.

Der **Normaldruck** des Hufgelenkes liegt nach den Untersuchungen von SCHÖTT (1989) bei 16 mm Hg bei beidseitiger Belastung und bei aufgehobener Gliedmaße. Intraartikuläre Drücke von über 20-30 mm Hg sind als verdächtig bzw. pathologisch anzusehen (HÖPPNER 1993).

Bei **Belastung** durch eine aufgehobene Gliedmaße (ca. 2 – 2,5 kN) wurden bei Hufgelenken mit pathologischen Strahlbeinfunden in vivo intraartikuläre Drücke von durchschnittlich 120 mm Hg erreicht. Während bei Hufgelenken mit unverdächtigen Strahlbeinfunden und vergleichbarer Belastung intraartikuläre Drücke von durchschnittlich 17,5 mm Hg gemessen wurden (SCHÖTT 1989).

Es ist weiterhin zu berücksichtigen, dass im **Bewegungsablauf** kurzfristig noch wesentlich höhere Drucke auftreten. Bei vermehrter Gelenkfüllung kommt es dadurch bereits bei geringen Beanspruchungen zu Verhältnissen, die starken Belastungen entsprechen. Somit spielt die **Gelenkstellung** eine entscheidende Rolle. FORSTENPOINTER und WINDISCHBAUER (1986) untersuchten Kniegelenke von Hunden bei extremer Flexion und maßen Drucke von bis zu 130 mm Hg.

Bei gefüllten Hufgelenken konnte der intraartikuläre Druck, gemessen im Rec. dorsalis durch Flexion gesteigert werden. Die Extension der belasteten Gliedmaße, wie sie extrem z.B. beim Landen nach dem Sprung auftritt, führte in vivo im Rec. palmaris zu einer deutlichen Drucksteigerung von 59-160 mm Hg. Die Grenzwerte für den physiologischen intraartikulären Druck in Extremsituationen sind noch nicht bestimmt. Fest steht aber, dass eine vermehrte Gelenkfüllung den intraartikulären Druck potenziert (SCHÖTT 1989).

Eine **Entzündung** des Hufgelenkes geht oft mit einer intraartikulären Druckerhöhung einher (SCHÖTT 1989). Der gesteigerte intraartikuläre Druck bei einer Arthritis ist sowohl in der Humanmedizin als auch in der Veterinärmedizin vielfach beschrieben worden. Im Erkrankungsfall spiegelt der intraartikuläre Druck die Intensität der Synovialitis wider. Es wurden intraartikuläre Drücke von bis zu 220-260 mm Hg gemessen (HÖPPNER 1993; NOWAK 1993; RUPP 1993; HERTSCH u. HARTMANN 1996).

Der intraartikuläre Hufgelenkdruck wird dabei beeinflusst von folgenden Faktoren:

- Gelenkgröße und Flüssigkeitsaufnahmevermögen des Hufgelenkes

Die Menge der Synovia ist proportional zur Größe des Gelenkes. In gesunden Gelenken sind im Gelenkspalt nur geringe Mengen an Synovia enthalten, die sich bei entzündlichen Vorgängen bis zu mehreren Millilitern vermehren kann (VAN PELT 1974; KRAFT u. DÜRR, 1996).

- Gelenkkapsel und Hysterese, Kapseldehnung

Unter Hysterese versteht man die allmähliche zunehmende Verformung der gedehnten Gelenkkapsel bei andauernder Belastung, dabei kommt es zur Absenkung des Druckes (LEVICK 1983)

- Flüssigkeitskonduktivität

Je nach Molekülgröße und intraartikulären Druck werden Flüssigkeiten aus der Gelenkhöhle absorbiert und bestimmen so den Grad der Flüssigkeitskonduktivität.

- Run-Off- Phänomen

Ab einem bestimmten Druck von Gelenkflüssigkeit kommt es durch Ausweichen der Synovia in andere Gelenkabteilungen zum Druckausgleich (LEVICK 1983).

- Synovialer Blutfluss

Eine Verringerung des synovialen Blutflusses verlangsamt die Absorption von Flüssigkeit. Durch Steigerung des Blutflusses mit Hilfe von vasodilatatorisch wirkenden Medikamenten kann die Absorption aus der Gelenkhöhle vergrößert werden (LEVICK 1980).

2.2.2 Folgen des erhöhten Hufgelenkdruckes

In Anlehnung an das Kompartiment-Syndrom beim Menschen, wo innerhalb eines umschlossenen Raumes durch Volumenzunahme ein schmerzhafter Druckanstieg erfolgt, können die patho-physiologischen Mechanismen auch auf eine entzündliche Füllung im Hufgelenk übertragen werden.

Als Folgen des erhöhten intraartikulären Druckes sind in der Literatur verschiedene Phänomene beschrieben:

- Schmerz, Lahmheit
- Steigerung des interossären Druckes
- Trauma der Gelenkkapsel
- Einschränkung der Funktion
- Wechselwirkung Druck-Synovia
- Kompartiment-Syndrom
- Zystenbildung
- Synovialfistel
- Hernienbildung
- Störungen der Durchblutung in gelenknahen Bereichen
- Strahlbeinveränderungen

Schmerz, Lahmheit

Die intraartikuläre Drucksteigerung als Folge der Gelenkfüllung ist schmerzhaft (GRANT et al. 1963). Der von RUPP (1993) herausgestellte Zusammenhang zwischen der Druckerhöhung im Hufgelenk und dem Grad der Lahmheit konnte durch die Ergebnisse von HÖPPNER (1993) nicht bestätigt werden. Der Lahmheitsgrad scheint dagegen Ausdruck mehrerer, auch periartikulärer Schmerzquellen zu sein. Durch die Untersuchung von HÖPPNER (1993) ist der Bezug zwischen Lahmheitsursache und Druckerhöhung im Hufgelenk festgestellt worden. Dies konnte auch für andere Gelenke bestätigt werden (HARTMANN 1996). Diese Feststellung gewinnt um so mehr an Bedeutung, da nach den Untersuchungsergebnissen von DYSON und KIDD (1993) und RIJKENHUIZEN (1993) die Hufgelenkanästhesie für die Differenzierung des Lahmheitssitzes im Bereich des Hufgelenkes oder der Bursa podotrochlearis ungeeignet erscheint.

Störungen des intraossären Druckes

Die knöchernen Gelenkbestandteile werden durch den intraartikulären Druck beeinflusst, indem der intraossäre Druckanstieg die Vaskularisation der subchondralen Knochenschicht behindert (SMITH und SVALASTOGA 1983). Steigerungen des intraossären Druckes sind oftmals ein Anzeichen von Gelenkserkrankungen und synovialen Ergüssen.

Ein erhöhter intraartikulärer Druck bewirkt im Bereich des Kniegelenkes eine Erhöhung des intraossären Druckes der Patella und der Femurepiphyse (ARNOLDY et al. 1980). Erhöhte Drücke von 50-70 mbar haben beim Menschen Schmerzreaktion zur Folge. Ähnliche intraossäre Druckbereiche haben SMITH und SVALASTOGA (1983) im Strahlbein von an Strahlbeinlahmheit erkrankten Pferden gemessen. Es liegt die Vermutung nahe, dass dieser intraossäre Druck auch im Strahlbein eine direkte Folge eines erhöhten intraartikulären Druckes im Hufgelenk ist.

Trauma der Gelenkkapsel

Ein gesteigerter Druck führt zu einer chronischen Überdehnung der Gelenkkapsel und -bänder und zur reflektorischen Muskelhemmung und -schwächung. Darüber hinaus nimmt die Kapselbeschaffenheit Einfluss auf den intraartikulären Druck. Bei fibrotisch veränderter Struktur kommt es gegenüber unveränderten Gelenkkapselverhältnissen bei experimenteller Füllung zu einem höheren Druckanstieg (GEBOREK et al. 1989). Auch MCILWRAITH et al. (1997) erhielten bei induzierter Arthritis beim Pony einen Anstieg der fibrotischen Bindegewebsanteile der Gelenkkapsel.

Risse der Gelenkkapsel, wie sie in der Humanmedizin an menschlichen Kniegelenken und bei den Untersuchungen von FORSTENPOINTER (1985) an Kniegelenken bei Hunden in Druckbereichen von 127-1120 mbar auftraten, konnten in Hufgelenken mit intraartikulären Drücken von bis zu 1985 mbar nicht erzeugt werden. Das Hufgelenk scheint eine sehr hohe Widerstandsfähigkeit der Kapsel gegen eine intraartikuläre Druckerhöhung zu besitzen (SCHÖTT 1989).

Einschränkung der Funktion

Traumatisch induzierte Entzündungen innerhalb der Gelenkkapsel können langfristig eine eingeschränkte Gelenkmobilität zur Folge haben, welche den Bewegungsablauf des Gelenkes verkleinert (MCILWRAITH 1993). Übermäßiger Druck im Hufgelenk kann auch die Gelenkbewegung erheblich blockieren oder sogar versteifen, besonders im Verlauf bei arthritischen Veränderungen. Im Kniescheibengelenk lässt sich dieses Phänomen nachweisen. Nach der Punktion des prallgefüllten Gelenkes ist schlagartig eine deutliche Besserung der Funktion feststellbar (HERTSCH u. HARTMANN 1996).

Wechselwirkung Druck-Synovia

Die physiologisch beim Bewegungsablauf auftretenden intraartikulären Druckveränderungen verursachen kräftige Synoviabewegungen und lösen damit ein Wechseldruckpumpsystem aus, das für die auf Diffusion basierende Ernährung der säulenförmig angeordneten Knorpelzellen notwendig ist. Bei mittel- bis hochgradiger Gelenkfüllung und durch die reduzierten Gelenkbewegungen aufgrund von Schonhaltung ist der synoviale Pumpmechanismus reduziert (LEVICK 1983).

Kompartiment-Syndrom

Als Kompartiment bezeichnet man einen räumlich begrenzten, anatomischen Raum. Flüssigkeitsverschiebungen zwischen Blut, Extra- und Intrazellulärraum können in Geweben innerhalb des Kompartments zu einer pathologischen Erhöhung des Gewebedruckes führen, man spricht von einem Kompartiment-Syndrom (FRICKER et al. 1995).

Beim Kompartiment-Syndrom des Menschen erfolgt innerhalb eines umschlossenen Raumes durch Volumenzunahme ein schmerzhafter Druckanstieg. Die patho-physiologischen Mechanismen könnten auf eine entzündliche Füllung des Hufgelenks übertragen werden (HERTSCH u. HÖPPNER 1999).

Bei degenerativen Gelenkerkrankungen liegt in den Epiphysen der am Gelenk beteiligten Knochen ein pathologischer Innendruck vor. Analog zur Pathophysiologie des Kompartiment-Syndroms wird gezeigt, dass der intraossäre Druckanstieg durch eine Anreicherung von osmotisch aktiven Substanzen im Interstitium verursacht werden könnte.

Zystenbildung

Die Ausbildung subchondraler **zystoider Defekte** ist nach MCILWRAITH (1982) Ausdruck einer Osteochondrose des Hufgelenkes. VERSCHOOTEN und DE MOOR (1982) schließen eine Osteochondrose als Ursache aus, da sich die Defekte relativ schnell entwickeln und die Osteochondrose als ein allgemeines Unvermögen der enchondralen Ossifikation bekannt ist und meist jüngere Pferde betrifft. Sie sehen ein Gelenktrauma als die wahrscheinliche Ursache an. Durch ein Trauma kann ein subchondrales ischämisches Gebiet oder eine Drucknekrose erzeugt werden. Bei wiederholter Belastung kommt es zu Schäden am Gelenkknorpel und zum Eintritt von Gelenkflüssigkeit durch eine Öffnung in den subchondralen Knochen. Die zystoiden Defekte besitzen meist Verbindung zum Hufgelenk (VERSCHOOTEN und DE MOOR 1982).

Die von HERTSCH (1983) und VERSCHOOTEN und DE MOOR (1982) beschriebenen zystoiden Defekte der knöchernen Anteile des Hufgelenkes müssen in ihrer Pathogenese wohl auch im Zusammenhang mit dem intraartikulären Druck gestellt werden. Dies wurde in den Untersuchungen von SIEGENTHALER (1982) bestätigt.

Eine weitere Theorie zur Entstehung subchondralen Knochenzysten ist eine initiale Störung der endochondralen Ossifikation. Als Folge von einer mechanischen subchondralen Läsion, durch die Synovia gepumpt wird, kommt es zu Resorption von Knochen (BRAMLAGE 1993). Zystoide Defekte treten sowohl zentral im Strahlbein als auch im Hufbein und vorwiegend an den Vordergliedmaßen auf. Der Hohlraum in der Spongiosa des Knochens ist mit hyalinem Knorpel ausgefüllt (HERTSCH et al. 1988).

Synovialzysten des Hufgelenkes können nach den Untersuchungen von MCILWRAITH (1989) als Folge erhöhten intraartikulären Druckes auftreten. Ihnen wird sogar ein protektiver Effekt zu geschrieben, da sie als druckminderndes Einwegventilsystem wirken können.

Synovialfistel

Eine Synovialfistel tritt als eine Verbindung zwischen zwei Synovialhöhlen auf und ist mit einem Zusammenbruch des Weichteilgewebes zwischen den benachbarten Synovialmembranen verbunden. Sie entsteht charakteristischerweise zwischen einem Gelenk und einer Sehnenscheide (JOHNSON u. RAYAN 1975). Die Synovialfistel besitzt wahrscheinlich eine traumatische Ursache, da sie beispielsweise im Zusammenhang mit Karpitiden und anderen entzündlichen Erkrankungen beobachtet wird. Synovialfisteln sind beschrieben worden zwischen der Sehnenscheide der gemeinsamen Strecksehne und dem Vorderfusswurzel-Mittelgelenk, zwischen der Sehnenscheide der gemeinsamen Strecksehne und dem Unterarm-Vorderfusswurzelgelenk sowie der Sehnenscheide des Musculus extensor carpi radialis und dem Vorderfusswurzel-Mittelgelenk (LLEWELLYN 1983). Sie können ebenfalls in Verbindung mit dem Kron- und Hufgelenk auftreten. Klinisch stellt sich eine Synovialfistel zwischen einem Gelenk und einer Sehnenscheide typischerweise als eine erweiterte Sehnenscheide dar und ähnelt der Tendovaginitis. Gewöhnlich kann Synovialflüssigkeit zwischen der Sehnenscheide und dem Gelenk hin und her massiert werden. Eine Röntgenkontrastuntersuchung sichert die Diagnose.

Die Synovialhernie ist im Allgemeinen ein kosmetisches Problem, während die Synovialfistel eine Lahmheit verursachen kann. Dabei ist nicht sicher, ob die Lahmheit mit der Tendovaginitis oder mit der Fistel vergesellschaftet ist. Die Behandlung einer Fistel besteht aus der Freilegung der Fistel, Entfernung der überzähligen Synovialmembran und ein Verschluss der fibrösen Gelenkkapsel und der Sehnenscheide (MCILWRAITH 1989).

Hernienbildung

Eine Synovialhernie ist eine zystische Struktur, die durch Vorfall der Synovialmembran durch einen Defekt in der fibrösen Gelenkkapsel oder der fibrösen Sehnenscheide entsteht.

Ein Ganglion stellt eine zystische Umfangsvermehrung dar, die muzines Material enthält, jedoch keine besondere Auskleidung besitzt und die in enger Verbindung mit einem Gelenk oder einer Sehnscheide auftritt (MCILWRAITH 1989).

Störungen der Durchblutung in gelenknahen Bereichen

Eine Drucksteigerung durch eine überhöhte Gelenkfüllung kann zur Ischämie in gelenknahen Geweben führen (GEBOREK et al. 1989). Der Druckanstieg kann zu einer Kompression der kapillären Zirkulation mit Auswirkung auf den Stoffwechsel im angrenzenden Gewebe führen, die letztendlich in einer Nekrose enden kann (HERTSCH u. HÖPPNER 1999). Anhand arteriographischer Untersuchungen am Hufgelenk des Pferdes, wiesen SCHÖTT (1989) und HERTSCH (1990) bei intraartikulären Druckerhöhungen durch zunehmende Gelenkfüllung deutliche Durchblutungsstörungen im gelenknahen Bereich in Form von Ischämie nach. Eine Ischämie oder eine venöse Stase führt zur Gewebsazidose.

GEBOREK et al. (1989) und LEVICK (1990) bewiesen, dass es bei einem bestimmten Überdruck zu anaerober Stoffwechsellage und Hypoxie kommen kann. Die azidotischen Verhältnisse können Gelenkdestruktionen fördern.

Die von TURNER (1983) nach thermographischen Untersuchungen beschriebenen Minderdurchblutungen des Hufgelenkbereiches bei an Podotrochlose erkrankten Pferden, lässt sich nach der Auffassung von SCHÖTT (1989) auf einen erhöhten Hufgelenkinnendruck zurückführen. Diese Störung der Blutversorgung kann eine zusätzliche Verringerung der Flüssigkeitsresorption aus dem Hufgelenk bewirken.

Strahlbeinveränderungen

HERTSCH et al. (1982), HÖPPNER (1993), RUPP (1993), NOWAK et al. (1992) und SCHÖTT (1989) stellten einen kausalen Zusammenhang zwischen der Entstehung der Canales sesamoidales und einer unphysiologischen Belastung des Hufgelenkes fest. Sie beobachteten, dass bei einer Druckerhöhung im Hufgelenk über 40 mm Hg röntgenologisch überwiegend deformierte Strahlbeinkanäle darstellbar waren. SCHÖTT (1989) sieht die Ursache in einer Hufgelenksentzündung, wobei es durch eine Synovialitis zur Störung der Clearance und Ultrafiltration kommt. Folge eines entzündungsbedingt erhöhten Eiweißgehalts der Synovia ist ein erhöhter onkotischen Druck. Dadurch steigt der Hufgelenkdruck und dies führt letztendlich zur pathologischen Ausformung der Canales sesamoidales. Die Ergebnisse der Hufgelenkanästhesie deuteten jedoch darauf hin, dass der Ausprägungsgrad der Strahlbeinkanäle keinen Aufschluss über die Schmerzhaftigkeit des Hufgelenkes zulässt (DROMMER et al. 1992).

2.3 Indikation zur Druckentlastung - Hufgelenkerkrankungen

2.3.1 Arthritis / Osteoarthritis

Unter einer traumatischen Arthritis versteht man eine akute oder chronische aseptische Entzündung des Gelenkes, bei der die Gelenkkapsel, die Synovialmembran und die assoziierten Bänder betroffen sein können. Der Begriff der traumatischen Arthritis beinhaltet verschiedene pathologische und klinische Erscheinungen, die nach einmaligem oder wiederholtem Trauma (Distorsion, Kontusion oder Luxationen) entstanden sind. Die Folgen sind eine Entzündung der Synovialis (Synovialitis) und der fibrösen Gelenkkapsel (Kapsulitis). Jede dieser Erkrankungsformen kann, wie auch akute infektiöse Arthritiden, in eine degenerative Gelenkerkrankung übergehen, abhängig von der Dauer und dem Schweregrad der Initialerkrankung (MCILWRAITH 1989).

2.3.2 Synovitis, Kapsulitis

Sowohl akute als auch chronische, aseptische oder infektiöse Gelenkerkrankungen können eine Synovitis oder Synovialitis auslösen. Bei jeder Art der Arthropathie ist eine Synovitis in irgendeiner Form ausgebildet, wobei der Unterschied nicht in der Entzündungsart, sondern im Grad der Entzündung liegt. Die mechanische Schädigung der Synovialmembran betrifft häufig auch die kapilläre Versorgung und kann zu einer intraartikulären Blutung führen. Hierbei werden katabole Enzyme aus der Gruppe der Peptidasen und Glykosidasen freigesetzt. Zusammen mit ebenfalls freigesetzten Entzündungsmediatoren kommt es zur Aktivierung des Entzündungsprozesses mit Emigration der Granulozyten aus den Gefäßen der Synovialmembran. Durch die hohe Produktion der Entzündungsmediatoren kommt es zu einer Schädigung des Gelenkknorpels. Die Synovitis verursacht einen Synovialerguß und eine Kapseldehnung. Daraus kann sekundär eine Kapsulitis entstehen. Durch die Gelenkschwellung ist die Wahrscheinlichkeit eines Kapselrisses erhöht (BREUER u. BECKER 1984; MCILWRAITH 1989; TODHUNTER u. LUST 1990)

Da die Gelenkkapsel meist im Sinne einer Kapsulitis mit betroffen ist, wird die starke Schmerzhaftigkeit über die in der Gelenkkapsel sitzenden Schmerzrezeptoren fortgeleitet.

Sowohl Gelenke mit Synovitis als auch Gelenke mit degenerativen Erkrankungen sind durch einen Gelenkerguss und eine Gelenkkapselschwellung gekennzeichnet (COCHRAN 1990). Bei einer leichten Entzündung entspricht die vermehrt gebildete Synovia hinsichtlich der Zusammensetzung annähernd der normalen. Während in schwereren Fällen der

Fibrinogenwert, die Globuline und die Leukozytenzahl zunehmen und die Viskosität abnimmt. Sowohl vermehrte Bildung als auch verminderte Resorption der Synovia scheinen an der Entstehung eines Gelenkergusses mitzuwirken. Der steigende Proteingehalt erhöht den osmotischen Druck in der Synovia und erschwert so die Resorption. Dieser Effekt wird durch Permeabilitätsänderung der entzündlichen Synovialmembran unterstützt (MCILWRAITH 1989).

Die Synovitis des Hufgelenkes kann mit den Kriterien der vermehrten Gelenksfüllung, gekennzeichnet durch das Auftreten von zunehmender Gelenksflüssigkeit, labordiagnostischen Abweichungen der Synovia, des positiven Ausfalls der Anästhesie des Hufgelenkes und geringen bzw. keinen radiologischen Veränderungen, diagnostiziert werden. Labordiagnostische Abweichungen der Synovia sind ein Anstieg vom Proteingehalt und der Leukozytenzahl und eine Verringerung der Viskosität (COCHRAN 1990).

Bei der chronisch-proliferativen Synovialitis (**Villonodular synovitis**) handelt es sich um dichte, fibröse Bindegewebszubildungen am faltenförmigen Kapselansatz im Fesselgelenk. Sie werden durch rezidivierende Traumata induziert.

Bei einer **idiopathischen Synovialitis** (Gelenksgallen) handelt es sich um einen chronischen Synovialerguß eines Gelenkes mit unterschiedlicher Pathogenese. Typische Beispiele für diese Erkrankungen sind die Kreuzgalle des Tarsokruralgelenkes (Sprunggelenkhydrops) und die Gallen des Fesselgelenkes (MCILWRAITH 1989).

2.3.3 Degenerative Gelenkerkrankungen - Arthropathia deformans

Degenerative Gelenkerkrankungen, im englischen Sprachgebrauch auch als Osteoarthritis bezeichnet, stellen einen degenerativen Prozess dar, in dem das Gleichgewicht zwischen Verschleiß durch biomechanische Belastung und Ersatz der Bauteile der extrazellulären Grundsubstanz gestört ist. VAN WEEREN et al. (2001) bezeichnen diesen Prozess als Circulus vitiosus.

DÄMMRICH (1993) bezeichnet die Arthropathia deformans als progressives Leiden. Als klinisch bedeutungsvoll beschreibt er die Phase des Detritus Arthritis im Verlauf einer degenerativen Gelenkerkrankung, die einer chronischen Synovialitis entspricht. Sie ist gekennzeichnet durch die Hyperplasie der phagozytierenden Deckzellen und durch das Auftreten des Infiltrates mit Makrophagen, sowie durch Zottenbildung, Fibrose und der Bildung intraartikulärer und intrakapsulärer Exostosen.

Die indirekte und direkte Schädigung des Gelenkknorpels durch ein einmaliges bzw. repetierendes akutes Trauma wird als kausale Pathogenese der Arthropathia deformans angesehen (MCILWRAITH 1989).

Indirekte Schädigungen können aus Gelenkkapselveränderungen bei Distorsionen und Subluxationen entstehen, die mit einem Erguss (aseptische seröse Arthritis) oder einer Gelenkblutung (Hämarthros) einhergehen. Störungen von Ultrafiltration und Clearance in der chronischen Irritation der Synovialis und eine abnorme Beschaffenheit der Synovia durch Exsudatbeimischungen führen über den Verlust der nutritiven Funktion der Synovia zu den Stoffwechselstörungen der Chondrozyten.

Die direkte Schädigung der Gelenkflächen durch ein akutes Trauma umfasst die Gelenkfrakturen.

Das repetierende Trauma kommt als Arthropathieursache häufig vor. Entsprechend bleibt der Beginn meist unbekannt, sodass die Symptome erst bei fortgeschrittenem Stadium beobachtet werden und die Prognose der eingetretenen Arthrose infolge der Unheilbarkeit ungünstig ist (MCILWRAITH 1989; DÄMMRICH 1993).

Die Arthropathia deformans des Hufgelenkes kann in einer vollkommenen Ankylose enden, einhergehend mit sekundären Zubildungen von Knochengewebe am Gelenkflächenrand. Als so genannte Schale oder „ringbone“ sind sie teilweise schon bei der adspektorischen Untersuchung oberhalb des Kronsaumes zu erkennen (SIELBERSIEPE et al. 1976).

2.3.4 Podarthritis, Podarthrose

Eine Arthritis wird als eine Gelenkentzündung mit Schmerz, Schwellung, Überwärmung und Bewegungseinschränkung, Gelenkerguss oder Gelenkempyem definiert und ist pathologisch–anatomisch durch das Vorhandensein einer Synovitis gekennzeichnet. Die Podarthritis wird in verschiedene Formen geteilt. Die *P. aseptica acuta* und *P. infectiosa* können in den Zustand der *P. chronica deformans* übergehen (MCILWRAITH 1989).

Distorsionen, Kontursionen und intraartikuläre Frakturen führen zu teilweise erheblichen Gelenkschädigungen. Aber auch nach Abriss des Processus extensorius des Hufgelenkes kann es zu Kapselschäden kommen. Nicht unerhebliche Blutungen und synoviale Gelenkergüsse können die Folge sein (SIELBERSIEPE et al. 1976).

Die Ausbildungen von Randexostosen und Zubildungen des subchondralen Knochens des Proc. extensorius sind Veränderungen im Sinne der Arthropathia deformans des Hufgelenkes. Sie treten bei jungen Pferden durch Fehlbelastung des Hufgelenkes auf Grund eines Bockhufes oder durch erbliche Disposition auf (MCILWRAITH 1989).

2.3.5 Podotrochlose-Syndrom

Bei der Diagnostik des Podotrochlose-Syndroms ist die pathologisch-anatomische Differenzierung des Podotrochlose-Syndroms von den Differentialdiagnosen abzugrenzen (HERTSCH 1983).

Die nach WINTZER (1964) als Podotrochlitis chronica aseptica bezeichnete Strahlbeinerkrankung lässt sich nach HERTSCH et al. (1982) in drei Haupterkrankungen differenzieren:

- Podotrochlitis-Podotrochlose: sie stellt die eigentliche Erkrankung der Hufrolle (akut oder chronisch) dar.

Sie ist gekennzeichnet durch Veränderungen an der Facies flexoria des Strahlbeins und wird auch als Sesamoidose podotrochlearis (Chondropathie) bezeichnet. Das Endstadium dieser Erkrankungsform ist der zentrale Einbruch der Facies flexoria ohne erkennbare Deformierungen der Canales sesamoidales.

Sie umfasst auch Erkrankungen der Bursa podotrochlearis selbst (Bursitis podotrochlearis) und

die damit in Verbindung stehenden Veränderungen der Kontaktfläche der tiefen Beugesehne, die Tendinose podotrochlearis (Tendopathie).

Diese Krankheitszustände betreffen die Hufrolle, beeinflussen sich wechselseitig und stehen in Kombination miteinander.

- Insertionsdesmopathien:

Veränderungen im Ansatzbereich der Strahlbeinbänder. Sie sind durch Zerrung oder Dehnung an den Ansatzstellen der einzelnen Strahlbeinbänder bedingt und röntgenologisch anhand der Konturveränderungen des Strahlbeins als Knochenzubildungen zu differenzieren.

- Strahlbeinerkrankungen mit Hufgelenkbeteiligung

Im Bereich des distalen Strahlbeinrandes entwickeln sich bei starker Belastung des Hufgelenkes mit erhöhtem Gelenkinnendruck Formveränderungen der Canales sesamoidales (Strahlbeinkanäle), die röntgenologisch durch die Aufnahmen nach OXSPRING (1935) darstellbar sind. Die Deformierungen der distalen Canales sesamoidales sind typisch endständig kolbig und/oder verzweigt. Diese Formveränderungen können eine Größe erreichen, bei der das distale Drittel der Facies flexoria durch Einbrüche zerstört wird (BRUNKEN 1986).

Diese Veränderungen liegen nicht im Bereich der Hufrolle und können dementsprechend nicht der Podotrochlose zugeordnet werden, sondern sie resultieren aus intraartikulären Druckerhöhungen des Hufgelenkes. Von HERTSCH et al. (1982) wurde nachgewiesen, dass die Canales sesamoidales des Strahlbeins mit Stratum synoviale ausgekleidet sind. Die Ultrastruktur der hier gelegenen Synovialisdeckzellen ist denen des Hufgelenkes gleich. Somit handelt es sich nach HERTSCH et al. (1982) bei den Canales sesamoidales im Strahlbein des Pferdes um von Synovialis ausgekleidete Kanäle, die über Öffnungen am Margo distalis des Strahlbeins mit dem Hufgelenk in Verbindung stehen.

POULOS und SMITH (1988) bestätigen, dass die „Gefäßkanäle“ des Strahlbeins vielmehr synoviale Einstülpungen des Hufgelenkes sind.

Die Entstehung der kolbenförmigen Canales sesamoidales des Strahlbeins wird auf eine dauerhafte intraartikuläre Drucksteigerung im Hufgelenk zurückgeführt (SCHÖTT 1989; RUPP 1993). Auch die druckausgleichende Funktion einer Vergrößerung des Gelenkraumes bei der Entstehung der Canales sesamoidales sollte mit in Betracht gezogen werden.

2.3.6 Osteochondrose

Als Ausdruck der Osteochondrose des Hufgelenkes kann es zur Ausbildung von subchondralen zystoiden Defekten kommen. VERSCHOOTEN und DE MOOR (1982) berichteten von Fällen, bei denen eine Verbindung zum Hufgelenk bestand und eine intermittierende Lahmheit verursachte (s. 2.2.2: Zystenbildung).

2.4 Hufgelenkdiagnostik

2.4.1 Anamnestiche Hinweise

Die Dauer der Lahmheit bei Pferden mit einer chronischen Hufgelenkerkrankung wird mit mehreren Wochen bis Monaten angegeben.

2.4.2 Klinische Diagnostik

Die Allgemeinuntersuchung umfasst die Adspektion und Palpation der betroffenen Gliedmaße (BREUER u. BECKER 1984), die Beurteilung der Funktionsstörung im Schritt und im Trab auf hartem Boden, die Provokationsproben und die diagnostischen Anästhesien (HERTSCH u. HÖPPNER 1999).

Obwohl das Hufgelenk fast vollständig von der Hornkapsel des Hufes umgeben ist, können trotzdem schon pathologische Veränderungen des Hufgelenkes bei der Adspektion bemerkt werden. Eine aseptische Hufgelenkentzündung kann zu einer dorsalen Anschwellung an der Krone führen (HERTSCH et al. 1982; MCILWRAITH 1989). Auch das Vorstellen der erkrankten Gliedmaße zur Entlastung und eine Verkleinerung und Verschmälerung des Hufes fallen auf. Die Beobachtung des Pferdes in der Bewegung zeigt häufig einen stumpfen, klammen und verkürzten Gang, einen Wendeschmerz und eine Zehenfußung (TURNER 1989; HERTSCH u. HÖPPNER 1999). Die klinische Symptomatik der Podarthrose ist von einer chronischen gering- bis mittelgradigen Stützbeinlahmheit bestimmt. Sowohl die Gelenke mit Synovitis als auch die Gelenke mit degenerativen Erkrankungen sind durch einen palpatorisch feststellbaren Gelenkerguss, eine periartikuläre Weichteilschwellung und unter Umständen durch Knochenzubildungen gekennzeichnet (COCHRAN 1990; MCILWRAITH 1989). Die Feststellung der vermehrten Gelenkfüllung ist stark vom Untersucher und dessen Erfahrung abhängig.

Der Rec. dorsalis proximalis ist bei vermehrter Hufgelenksfüllung zu palpieren (WISSDORF et al. 2002). Eine fluktuierende Schwellung des Recessus im Bereich der Krone deutet auf eine Hufgelenkerkrankung hin (HERTSCH u. HÖPPNER 1999; HERTSCH 1987).

Eine derbe, nicht schmerzhaft vermehrte Umfangsvermehrung im Bereich des Proc. extensorius kann auf eine sich entwickelnde Hufgelenkschale hinweisen (MCILWRAITH 1989).

Die Diagnostik von Pulsation der Digitalarterien, Schmerzhaftigkeit durch Daumendruck im Kronbereich, mit der Hufuntersuchungszange und die Perkussion mit dem

Hufuntersuchungshammer sind weniger spezifisch bei chronischen Hufgelenkerkrankungen (DYSON 1998).

Die Provokationsproben können, insbesondere bei der Beugeprobe des Hufgelenkes, eine eingeschränkte Beugung und Schmerzhaftigkeit verursachen (BREUER u. BECKER 1984). Um den Grad der Schmerzhaftigkeit oder eine eventuelle vorhandene Bewegungseinschränkung des Gelenkes festzustellen, sollte eine Beugeprobe durchgeführt werden. Die Beugeproben verstärken einen häufig mit Gelenkerkrankungen verbundenen Schmerz des Weichteilgewebes oder des subchondralen Knochens. Durch die Beugung wird die Synovia mit erhöhtem Druck gegen die Gelenkkapsel gedrückt, wobei die Schmerzrezeptoren, deren Reizschwelle im entzündeten Gelenk herabgesetzt ist, aktiviert werden (MCILWRAITH 1989; TODHUNTER u. LUST 1990).

2.4.3 Diagnostische Anästhesien

Die Durchführung diagnostischer Anästhesien ist auch bei der Untersuchung des Hufgelenkes von großem Wert und erlaubt eine spezielle Differenzierung der Hufgelenkerkrankungen. Es können periphere Leitungsanästhesien sowie intraartikuläre Anästhesien durchgeführt werden.

Bei den peripheren Leitungsanästhesien wird nach WINTZER (1983) und HERTSCH (1987) grundsätzlich mit der Anästhesie der Rami tori (Rami pulvini) der Nn. palmares im Bereich des Hufknorpels und des Ballens begonnen. Es werden am aufgehobenen Huf beiderseits axial des Hufknorpel in 2-2,5 cm Tiefe je 2-3 ml 2% Lokalanästhetikum injiziert. Es soll eine Unempfindlichkeit der Sohle, des Ballens und der Hufrolle verursachen.

Verläuft die Anästhesie der R. pulvini negativ, werden in der Mitte der Fesselbeuge die Nn. dig. palm. lat. et med. anästhesiert. Die Anästhesie der Nn. dig. palm., die so genannte tiefe Palmarnervenanaästhesie, desensibilisiert weitgehend den gesamten Bereich der Hufrolle und z.T. des Hufgelenkes. Bei dieser Anästhesie werden an aufgehobener Gliedmaße je 4 ml eines 2 % Lokalanästhetikums am Rand der tiefen Beugesehne subkutan injiziert. Ein positiver Ausfall oder das Umspringen der Lahmheit ist ein deutlicher Hinweis auf eine Strahlbeinlahmheit, eine weitere Differenzierung in die Erkrankungsformen gelingt alleine durch die Anästhesie des Ramus pulvinus und der Digitalnerven jedoch nicht (LANGFELDT u. HERTSCH 1988). Die TPA soll bei bindegewebigen Adhäsionen zwischen Strahlbein und tiefer Beugesehne und bei Arthritis im Hufgelenk negativ sein (DYSON 1984). Die meisten Pferde mit Erkrankungen im Hufgelenkbereich reagieren positiv auf die TPA (COCHRAN 1990; SONGKHLA 1997).

Mit der mittleren Palmarnerven-anästhesie medial und lateral im Bereich des Fesselkopfes mit je 6-7 ml eines 2 % Lokalanästhetikums wird zusätzlich noch der restliche Anteil des Hufgelenkes, aber auch schon Bereiche des Krongelenkes anästhesiert (DYSON 1998).

Die Hufgelenkanästhesie wird in ihrem diagnostischen Wert bei der Differenzierung der Hufgelenkerkrankungen kontrovers diskutiert. Nach den Untersuchungen von COCHRAN (1990); DYSON und KIDD (1993); BOWKER et al. (1997) und SCHUMACHER (2001) ist eine Hufgelenkanästhesie zur Differenzierung zwischen Hufgelenk- und Strahlbeinlahmheit nicht geeignet. Damit hat die Hufgelenkanästhesie bedeutend an diagnostischem Wert für die Differenzierung des Podotrochlose-Syndroms verloren (HERTSCH u. HÖPPNER 1999).

Ebenso muss der diagnostische Wert der Anästhesie der Bursa podotrochlearis gesehen werden. Anhand detaillierter Untersuchungen der sensorischen Nerven der Strahlbeinbänder durch BOWKER et al. (1997) wird deutlich, dass die Anästhesie des Hufgelenkes und der Bursa podotrochlearis keine selektive Beurteilung ihrer exponierten Oberflächen alleine zulassen und damit für die Differenzierung des Podotrochlose-Syndroms nach HERTSCH et al. (1982) von geringem diagnostischen Wert ist (HERTSCH u. HÖPPNER 1999).

2.4.4 Hufgelenkinnendruckmessungen

Die intraartikuläre Druckmessung ist gerade im Hufgelenk mit seiner Lage in der starren Hornkapsel von großem diagnostischem Wert (HERTSCH u. HÖPPNER 1993). Die Hufkapsel stellt eine fixe Begrenzung des Kompartments Hufgelenk dar, sodass ein Druckanstieg und Druckschwankungen bei verschiedenen Belastungspositionen entsprechend pathophysiologisch zu werten sind (HERTSCH u. HARTMANN 1996).

Schon 1982 vermuteten HERTSCH et al. (1982), dass es bei den Strahlbeinlahmheiten mit deformierten Canales sesamoidales zu einer Erhöhung des intraartikulären Druckes im Hufgelenk kommt. Dies wurde durch SCHÖTT (1989), HÖPPNER (1993) und RUPP (1993) bestätigt.

Die intraartikuläre Hufgelenkdruckmessung in der Lahmheitsdiagnostik ist nach SCHÖTT (1989) eine sinnvolle Ergänzung der vollständigen klinischen und röntgenologischen Untersuchungen und ermöglicht die Lokalisation der Lahmheitsursache im Hufgelenk.

Die Komplikationsrate ist im Vergleich zur Hufgelenkanästhesie deutlich geringer (HÖPPNER 1993; SCHRÖRER 1999).

Die Druckmessung wird am stehenden Pferd mit einem Kompartment-Druckmessgerät (S.T.I.C. Pressure Monitor System, Fa. Stryker oder Merex, Fa. Cursor, Berlin) (HERTSCH u. HARTMANN 1996) oder einfachen handelsüblichen Anaeroidmanometer (Fa. Pauldrach

medical, Garbsen) (PAURITSCH et al. 1998) durchgeführt. Die Druckübertragung erfolgt über eine sterile, luftgefüllte Schlauchverbindung (Verlängerungskatheter).

Die Punktion des Hufgelenkes muss unbedingt unter aseptischen Kautelen vorgenommen werden (SILBERSIEPE et al. 1976). Für die Arthrozentese darf die verwendete Kanüle nicht zu englumig sein, da die visköse Synovia sonst nicht abfließen kann oder Partikel wie Knorpelfragmente, Synovialzotten oder Fibringerinsel die Öffnung verlegen und dadurch die Druckmessung behindern (HERTSCH 1983; HARTMANN 1996). Die Punktion des Hufgelenkes erfolgt über den dorsalen Recessus.

DYSON und KIDD (1993) und DYSON (1995) berichten, dass in allen Fällen bei der Punktion des Hufgelenkes spontan Synovia im Konus der Kanüle erschien. COCHRAN (1990) beschrieb bei der Punktion von 23 Pferden mit Synovitis des Hufgelenkes einen spontanen Abfluss von Synovia im Strahl aus der Kanüle.

NOWAK et al. (1992) können hingegen keine signifikante Korrelation zwischen dem Ausfall der Hufgelenkanästhesie und den erhobenen Hufgelenkinnendrücken nachweisen.

SONGKHAL (1997) bestätigt ebenfalls, dass es bei Hufgelenkerkrankungen zu einer Druckerhöhung auf 50 mm Hg im Hufgelenk kommt und dieses den Lahmheitsschmerz verursacht.

Nach HERTSCH u. HÖPPNER (1993) hingegen ist ein Hufgelenkdruck von 20 - 40 mm Hg bei beidseitiger Gliedmaßenbelastung lahmheitsverdächtig, Werte über 40 mm Hg sind pathologisch und als lahmheitsverursachend zu deuten. Beim Aufheben der Gegengliedmaße steigt der Gelenkdruck bei pathologisch reduzierter Viskosität und vermehrter Gelenkfüllung oft auf mehr als das Doppelte an (SCHÖTT 1989).

2.4.5 Synoviaanalyse

Die Synoviaanalyse wird von VAN PELT (1974), GÄNGEL (1980), HERTSCH (1983), MALARK et al. (1991), HARTMANN (1996) und MCILWRAITH (1989) beschrieben.

Die Punktion des Hufgelenkes und die anschließende visuelle und labortechnische Untersuchung der Synovia sind ein wertvolles Diagnostikum. Die makroskopische Beurteilung der Farbe, Menge, Trübung, Gerinnung und der Viskosität der Synovia geht den labortechnischen Untersuchungen voraus.

Die Bestimmung der Gesamtzellzahl sowie das Differentialzellbild, insbesondere das Vorkommen von Synoviozyten, neutrophilen Granulozyten und Lymphozyten geben demnach Auskunft über ein mögliches Entzündungsgeschehen. Weiterführend können noch klinisch-chemische Untersuchungen durchgeführt werden (Protein-, Glukose-, Laktat- und Hyaluronsäurekonzentration, pH-Wert, Muzinausfällung, Enzymbestimmung).

Dabei sind im entzündeten Gelenk in der Regel die alkalische Phosphatase, die Laktatdehydrogenase und der Proteingehalt erhöht. Der Glukosegehalt der Synovia hingegen ist meist herabgesetzt. Bei traumatischen Ergüssen und Arthrosen beträgt der Anteil der Granulozyten ebenso wie in der normalen Synovia weniger als 25 %. Die nicht entzündlichen Gelenkerkrankungen sind durch ein mononukleäres Synovialzellbild (mehr als 90% Lymphozyten und Monozyten) gekennzeichnet.

Die Menge der Synovia steigt bei akuter Synovitis, Osteochondrose dissecans (OCD), infektiöser Arthritis und idiopathischen Gelenkergüssen und sinkt bei chronischen Gelenkerkrankungen (MCILWRAITH 1989). Bei degenerativen Gelenkerkrankungen und OCD ist die Menge der Synovia nicht wesentlich erhöht und die Farbe variiert von blass-gelb, klar bis gelb und trübe (VAN PELT 1974).

Die Viskosität der Synovia ist vom Polymerisationsgrad der Hyaluronsäure abhängig (VAN PELT 1974). In gesunden Hufgelenken ist die Viskosität geringer als in gesunden Karpal- oder Fesselgelenken. Bei Hufgelenkarthrosen stellte MCILWRAITH (1989) eine stark erniedrigte Viskosität fest.

2.4.6 Röntgen

Zur röntgenologischen Darstellung des Hufgelenkes sollten Röntgenaufnahmen aus zwei Ebenen, der dorsopalmaren (Zehe 0°) und der lateromedialen Richtung (Zehe 90°) angefertigt werden (WINTZER 1974). OXSPRING (1935) ermöglichte durch das Aufsetzen des Hufes auf einen Holz- oder Plexiglasblock im Winkel von 60° zum Erdboden eine standardisierte Darstellung des Strahlbeines.

Zur röntgenologischen Darstellung von Hufgelenkran-dexostosen werden von BEERHUES (1987) sowie FLEIG und HERTSCH (1992) Schrägaufnahmen auf dem Oxspringklotz bei einem Winkel von 45° bzw. 315° empfohlen.

Aseptische Arthritiden und degenerative Arthropathien sind röntgenologisch im Anfangsstadium meist ohne pathologischen Befund. Nach 3 bis 4 Wochen lassen sich röntgenologisch bei artikulärer Schale Osteophyten und bei periartikulärer Schale eine Periostitis als wolkige Verschattung nachweisen (MCILWRAITH 1989; FLEIG u. HERTSCH 1992; DIK et al. 1993).

Als röntgenologische Anzeichen einer Hufgelenkaffektion sind ein Weichteilschatten, die Gelenkspaltdicke, ein veränderter subchondraler Knochen, Randzacken, welche eine Wucherung des Gelenkknorpels infolge Irritation mit anschließender Umformung darstellen, und Periostreaktionen an der Ansatzstelle der Gelenkkapsel zu betrachten (UELTSCI 1993). Die Gelenkspaltbreite wird von der Dicke des Gelenkknorpels bestimmt.

Bei einer vermehrten Füllung des Gelenkes verteilt sich die Flüssigkeit in den Gelenkaussackungen. Es kommt dadurch nicht zu einer Verbreiterung des Gelenkspaltes. Eine Verschmälerung kommt durch Knorpelschwund zustande.

Degenerative Hufgelenkerkrankungen werden durch das Vorhandensein von Sekundärveränderungen in Form von verengtem Gelenkspalt, Randosteophyten, subchondrale Osteosklerose und subchondrale Knochenzysten nachgewiesen (MCILWRAITH 1989; PARK u. LEBELT 1989).

Röntgenologische Befunde am Strahlbein, die im Zusammenhang mit einem erhöhten Hufgelenkinnendruck stehen, sind hinlänglich beschrieben worden (WINTZER 1964; UELTSCHI 1983; HERTSCH u. HÖPPNER 1999).

2.5 Formen der Druckentlastung in synovialen Einrichtungen

2.5.1 Chirurgisch

Über eine chirurgische, therapeutische Möglichkeit der Druckentlastung bei chronischen Hufgelenkerkrankungen ist in der Literatur wenig beschrieben worden.

Eine chirurgische Therapie besteht aus Gelenkspülungen mit sterilen Elektrolytlösungen zur Entfernung von Entzündungszellen, lysosomalen Enzymen, Toxinen, Keimen und Knorpelteilchen, die den Gelenkknorpel weiter schädigen können. Zusätzlich erfolgen eine Senkung des intraartikulären Druckes und eine Entfernung von OCD oder Chipfrakturfragmenten (BREUER u. BECKER 1984; HERTSCH 1992).

BOENING (1980) und BOENING et al. (1988, 1990) beschrieben schon als therapeutische Maßnahme das Ablassen von Synovia durch die Punktion eines Synovialraumes zur Druckentlastung.

Bei einer Synovektomie werden unter arthroskopischer Kontrolle hypertrophe und entzündliche Synovialmembranbereiche bei chronisch-proliferativer Synovialitis und septischer Arthritis entfernt (GRINTEN 2005). Die Synovektomie reduziert die Konzentration von Enzymen, die für den Knorpel schädlich sind. Bei chronisch degenerativen Gelenkerkrankungen kann die Entfernung von fibrotischer Synovialmembran von Vorteil sein (MCILWRAITH 1992).

Die Desmotomie des Fesselbein-Strahlbein-Hufbeinbandes zur Behandlung der Podotrochlose (EVERSVIELD 1986) soll eine Entlastung der Zugkräfte des Strahlbeins bewirken. Auswirkungen auf eine mögliche intraartikuläre Druckveränderung im Hufgelenk oder Veränderungen der Gelenkachse der distalen Zehe wurden noch nicht untersucht.

Als symptomatische Therapie kann die Neurektomie des N. digitalis palmaris eine Schmerzlinderung bewirken und den Gebrauchswert des Pferdes wieder herstellen. (DÄMMRICH u. BRASS 1993)

Im Endstadium vieler degenerativer Gelenkerkrankungen ist die chirurgische Arthrodesse die einzige Methode zur Minderung der Schmerzen. Sie wird vor allem in Gelenken mit geringer Beweglichkeit angewendet. (MCILWRAITH, 1989).

2.5.2 Konservativ

Die konservativen Therapiemöglichkeiten zur intraartikulären Druckentlastung bei chronischen Hufgelenkerkrankungen werden an dieser Stelle nur kurz erwähnt.

- Ruhigstellung, Boxenruhe, Bewegungstherapie

Das chronisch erkrankte Hufgelenk soll sich in einer Regenerationsphase in seine Funktion wieder einarbeiten, um Verklebungen und Versteifungen zu verhindern. Die Boxenruhe ist eine wichtige Maßnahme zur Behandlung der degenerativen Gelenkerkrankungen, eine verlängerte Immobilisation des Gelenkes wirkt sich jedoch nachteilig auf die Gelenkfunktion aus. Führen im Schritt auf weichen, nicht zu tiefen Boden soll den notwendigen Gelenkstoffwechsel aufrecht halten. Dabei sind enge Wendungen auf hartem Boden zu vermeiden. Tägliches passives Beugen des Gelenkes erhält die Flexibilität des periartikulären Gewebes und der Gelenkkapsel (MCILWRAITH u. VACHON 1988; MCILWRAITH 1989). Zu lange Ruhigstellungen führen zu Muskelatrophie und Entkalkung des Knochens (BREUER u. BECKER 1984).

- Orthopädischer Hufbeschlag

Das Ziel des orthopädischen Hufbeschlages ist es, dem Huf eine vergrößerte Unterstützungsfläche zur Lastverteilung zu geben, um damit die statisch-mechanische Belastung der Zehenendgelenke zu verringern und eine möglichst leichte und kurze Abrollphase zu erreichen. So werden durch einen geraden Steg geschlossene Eisen mit geradem zurückgelegtem Zehenteil als Zehenrichtung verwendet (MCILWRAITH 1989; HERTSCH 1991).

VIITANEN et al. (2003) stellte in seinen Untersuchungen fest, dass eine veränderte Hufstellung durch Korrektur oder Beschlag den intraartikulären Hufgelenkdruck erhöht.

- Hyaluronsäure

Durch die intraartikuläre Injektion von hochmolekularer Hyaluronsäure wird der Synovialstoffwechsel reguliert und die Gleitfähigkeit der Synovialmembran und der Knorpeloberfläche optimiert. Die antiinflammatorische Wirkung im Gelenk und an der

Synovialmembran ist maßgeblich an der Verbesserung der klinischen Symptome in der Rekonvaleszenzphase verantwortlich (RUPP, 1993). Nach MCILWRAITH (1989) kann die Hyaluronsäure durch eine Verminderung der entzündlichen Reaktionen zu einer Abnahme der Knorpeldegenerationen beitragen.

SCHÖTT (1989), RUPP (1993) und SONGKHLA (1997) stellten mittels direkter Druckmessung eine Verringerung des pathologisch erhöhten Druckes im Hufgelenk nach Hyaluronat-Injektion fest.

Die Hyaluronsäure verhindert im Bereich der Gelenkkapsel fibröse Zubildungen und Verwachsungen. Wenn jedoch bereits deutliche degenerative Veränderungen bestehen, ist die Anwendung im Hinblick auf dauerhafte Heilung weniger Erfolg versprechend (BREUER u. BECKER 1994).

In der retrospektiven Studie von SCHRÖER (1999) lag kein signifikanter Unterschied im Behandlungserfolg bei der Therapie mit Hyaluronsäure (75,8 %) oder mit Hyaluronsäure und Kortikosteroiden (72,0 %) vor. Im Bezug auf die Diagnosegruppen erschienen die Behandlungen mit Hyaluronsäure im Falle der Podarthritis und Podarthrose und die Behandlung mit Hyaluronsäure und Kortikosteroiden im Falle von Podotrochlose am wirkungsvollsten zu sein. Die zusätzliche Gabe von Isoxsuprin oder NSAID hat keinen begünstigenden Einfluss auf die Heilung.

- Autologe Synoviaübertragung

Bei der autologen Synoviaübertragung wird aus gesunden Gelenken Synovia gewonnen und in erkrankte Hufgelenke injiziert (KREIME et al. 1984).

2.6 Operative Zugangsmöglichkeiten zum Hufgelenk und zur Sehenscheide

2.6.1 Allgemein

Die Untersuchung der Gelenkhöhle mit dem Arthroskop gewährt uns die Beurteilung des Grades und des Ausmaßes krankhafter Veränderungen der Synovialintima und des Gelenkknorpels (MCILWRAITH 1993).

Seitdem die Arthroskopie die Arthrotomie in der Gelenkchirurgie als endoskopische Methode zur Darstellung und Entfernung von Knorpel- und Knochenfragmenten aus Gelenken (MCILWRAITH 1985) weitgehend abgelöst hat, sind auch die Eingriffe am Hufgelenk risikofreier und einfacher geworden (BOENING 1980; BOENING et al. 1988).

Eine andere Technik der Fragmentextirpation wird von HERTSCH (1992) für das Hufgelenk beschrieben. Mit Hilfe der röntgenologischen Durchleuchtungskontrolle mit dem C-Bogen und gleichzeitiger Gelenkspülung kann ein Fragment entfernt werden (HERTSCH u. HÖPPNER 2000).

Das Hufgelenk liegt, den relativ kleinen dorsalen Recessus ausgenommen, vollständig innerhalb der Hornkapsel. Es ist damit für chirurgische Maßnahmen nur über den dorsalen Recessus und somit schwer zugänglich. Infolgedessen ist die Bewegungsfreiheit des Arthroskopes und der chirurgischen Instrumente stark eingeschränkt (BOENING et al. 1988, 1990; HERTSCH 1995).

Die Technik der Arthroskopie ist inzwischen häufig bei der Behandlung von traumatischen und septischen Tendosynovitiden, die die digitale Sehnenscheide betreffen, angewandt worden. Der Zustand der Sehnen und andere Läsionen können beurteilt werden (MCILWRAITH 1992).

2.6.2 Dorsaler Zugang

BOENING et al. (1988) war damit der erste, der die diagnostische und therapeutische Arthroskopie der dorsalen Anteile des Hufgelenkes beschrieb. Indikationen waren die Entfernung und die Therapie der Fraktur des Processus extensorius und die diagnostische Untersuchung des Gelenkes. Der Zugang zum Hufgelenk, sowohl für die Punktion als auch für die Arthroskopie und den Instrumentenkanal, befindet sich etwa 2-3 cm proximal des Kronsaums und jeweils 2 cm lat. und med. der Medianlinie.

Nur die palmaren Abschnitte des Hufgelenkes waren nicht zu untersuchen (VACEK et al. 1992).

Beim Hufgelenk muss in jedem Fall eine strenge klinische Indikation zur Operation vorliegen, da es nach diagnostischen-therapeutischen Eingriffen speziell an diesem Gelenk zu unkontrollierbaren periostalen Reaktionen mit resultierender Arthropathia deformans kommen kann (RÖCKEN et al. 1990).

2.6.3 Palmarer Zugang

Die Arthroskopie im palmaren Recessus wurde zur Entfernung von Splitterfrakturen distal am Krongelenk und zur Hilfestellung bei der Hufgelenkarthrodese eingesetzt (MCILWRAITH 1985, 1986).

Die Endoskopie des palmaro- bzw. plantaroproximalen Hufgelenkbereiches wurde im Rahmen einer experimentellen Arbeit erstmals von VACEK et al. (1992) beschrieben.

Gewöhnliche Erkrankungen, die den palmaren Bereich des Hufgelenkes betreffen sind Strahlbeinfrakturen, Strahlbeinzysten, Frakturen des Kronbeins oder des Hufbeins, Stichverletzungen, Nageltritte und septische Arthritis. Da die meisten dieser Erkrankungen in der akuten Phase keine röntgenologischen Befunde aufweisen, stellt die Arthroskopie des palmaren Hufgelenkes eine gute Untersuchungsmöglichkeit dar.

Zu Beginn seiner Untersuchungen stellten VACEK et al. (1992) die anatomischen Verhältnisse in den Präparaten dar. Dabei stellten sie fest, dass der laterale Teil der palmaroproximalen Gelenkaussackungen größer war als die medialen Anteile. Die medialen und lateralen abaxialen Anteile endeten ca. 0,5-1,0 cm weiter proximal. Die palmaren digitalen Arterien und Venen und der digitale Nerv lagen direkt abaxial neben den medialen und lateralen Anteilen des palmaroproximalen Hufgelenkaussackungen.

In Allgemeinanästhesie, in dorsaler Lage des Patienten und nach steriler Vorbereitung des Operationsfeldes wurde das Hufgelenk bei locker angebeugter Gliedmaße über eine dorsale Punktion mit 10 bis 15 ml steriler isotonischer Kochsalzlösung gefüllt. Dadurch wurde der palmaro/plantare Hufgelenkrecessus jeweils medial des Hufbeinknorpels an dessen proximalen Rand deutlich sichtbar und palpierbar.

VACEK et al. (1992) wählten einen Zugang der axial vom Hufknorpel, palmar von den neurovaskulären Strukturen mit Vene, Arterie und Nerv, abaxial von der tiefen Beugesehne und der Sehnnenscheide und auf Höhe des proximalen Rand des Hufknorpels lag. Bei einer maximal gestreckten distalen Gliedmaße wurden mit einem scharfen Trokar (4 mm Durchmesser) mit Arthroskopiehülse die fibrösen Anteile der Gelenkkapsel penetriert. Die Instrumente wurden in Richtung der Strahlspitze vorgeschoben. Die Gelenksfüllung wurde mittels eines Pumpsystems aufrechterhalten.

Bei dieser Untersuchung können wegen des schwierigen Zuganges zum Hufgelenk Komplikationen in Form von Hämarthrose und minimale iatrogene Knorpelschäden auftreten. Die Sehnnenscheide wurde in keinem Fall eröffnet. Nach mehreren arthroskopischen Zugangsversuchen an Präparaten stellten VACEK et al. (1992) fest, dass der laterale Zugang einfacher war, weil die synovialen Aussackungen größer waren. Bei Blutungen in das Gelenk, die die Arthroskopieoptik beeinträchtigten, wurden ein Esmarchschlauch und ein Tourniquet auf Höhe des Fesselgelenkes angelegt. Die Blutungen wurden wahrscheinlich durch das Durchstechen der Gelenkkapsel und der dabei beschädigten Venen verursacht.

Nach der Untersuchung wurden die Gelenke mit jeweils 1 Liter Elektrolytlösungen gespült und nach dem Entfernen der Instrumente wurde der Zugang mit einem einfachen Hautheft verschlossen.

ZIERZ et al. (2000) verwendeten den palmaren Hufgelenkzugang zum Zweck der arthroskopischen Versorgung der Strahlbeinzysten. Auch hier wurden eine dorsale Lagerung des Patienten und die dorsale Punktion des Hufgelenkes zum Auffüllen mit steriler Kochsalzlösung gewählt. Nur der Zugang mittels 1 cm langen Hautschnitts erfolgte unmittelbar dorsal des Neurovaskulärbündels und der tiefen Beugesehne proximal der Hufknorpel. Im weiteren Vorgehen wurde die durch eine Inzision mit einem scharfen Trokar versehene Arthroskopiehülse von lateral in distomedialer bzw. von medial in distolateraler Richtung in das Hufgelenk vorgeschoben. Nach dem Entfernen des Trokars floss bei richtigem Hülsensitz die visköse Synovia-Kochsalzlösung-Mischung ab.

ZIERZ et al. (2000) berichteten von anfänglichen Schwierigkeiten bei der Lokalisation des Zuganges und der Durchführung. Die Komplikationen bestanden aus Blutungen in die palmaren bzw. plantaren Hufgelenkaussackungen, nicht Auffinden des proximalen Strahlbeinrandes sowie das nicht Erreichen des Zystengebietes mit der Arthroskopieoptik und dem Spiralbohrer. Diese genannten Komplikationen resultierten alle aus einem nicht optimalen gesetzten lateralen oder medialen Zugang zum palmaren Hufgelenk und damit einen nicht optimalen und bewegungsfreien Sitz der Instrumente. Nach der Optimierung der Methode nach ZIERZ et al. (2000) zeigte sich, dass die so operierten Pferde post operationem weder Schwellungen im Bereich des Operationsfeldes noch Gewebeverklebungen in irgendeiner Weise zeigten.

JAHN und SILL (2000) beschrieben die Arthroskopie des palmaren Hufgelenkes und die Endoskopie der Bursa podotrochlearis. Sie verwendeten einen internen Zugang über die gemeinsame FBSS zum palmaren Hufgelenk und zur Bursa. Als Indikation gaben sie die Entfernung von freien Gelenkkörpern und die Behandlung von Bursa-Infektionen auf Grund von Nageltritten an.

2.6.4 Tendovaginoskopie

Der Begriff Tenoskopie (Endoskopie der Sehnen) (NOMINA ANATOMICA VETERINARA, 1994) wurde bei NIXON (1990) bei den endoskopischen Untersuchungen der Sehnenscheide verwendet.

Die endoskopische Untersuchung der Fesselbeugesehnenscheide bei gesunden Pferden und zu diagnostischen Zwecken ist in der Literatur zuerst von NIXON (1990) und NIXON et al. (1993) beschrieben worden.

Die Endoskopie der Sehnenscheide erfolgte nach dem Auffüllen mit 20-30 ml Ringerlösung. Die Injektion wurde über eine Kanüle etwa 1 cm distal der Basis der Gleichbeine durchgeführt. Der Zugang erfolgte über die palpablen Aussackungen der Sehnenscheide

zwischen dem Fesselringband und der vierzipfligen Fesselplatte und palmar der digitalen neurovaskulären Strukturen. Über diesen Zugang konnte die gesamte Sehnenscheide endoskopisch untersucht werden. Dazu musste das starre Endoskop einmal proximal und einmal distal vorgeschoben werden. Die palmaroproximale Aussackung des Hufgelenkes konnte optisch nicht dargestellt werden. Die beidseitige Aussackung der Sehnenscheide zwischen Fesselringband und der vierzipfligen Fesselplatte bietet sich an, um bimanuelle Manipulationen in der Sehnenscheide durchführen zu können.

HAGO und VAUGHAN (1986 a, 1986 b) untersuchten mittels Kontrastradiologie die anatomischen Variationen von Sehnenscheiden und Schleimbeuteln beim Pferd. Diese Technik unterstützt die Diagnosestellung bei Sehnenscheidenwanderkrankungen und Verwachsungen.

DYSON (1995) und REDDING (1993) beschrieben diagnostische Untersuchungsmöglichkeiten der FBSS mit der Kontrastradiologie und Sonographie. Dabei wurden die anatomischen Verhältnisse der Beugesehen und deren Verbindungen zur Sehnenscheide beschrieben

CAUVIN et al. (1997) untersuchten experimentell eine möglichst schonende, sichere und effektive Endoskopiemethode der Karpalgelenkbeugesehenscheide.

DIK et al. (1995), FORTIER et al. (1999) und WRIGHT und MCMAHON (1999) beschrieben tenoskopische Untersuchungs- und Behandlungsmöglichkeiten bei Tendovagitiden unter anderem zur Beseitigung von fibrillären Verwachsungen innerhalb der Sehnenscheide. ROSSIGNOL und PERRIN (2003) endoskopierte die Bursa podotrochlearis an Präparaten und Pferden über einen Zugang über die FBSS.