

**Topografische und klinisch-angewandte Anatomie der
Beckengliedmaße des Alpakas (*Vicugna pacos*)**

von
Darinka Maria Riebow

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

**Topografische und klinisch-angewandte Anatomie der
Beckengliedmaße des Alpakas (*Vicugna pacos*)**

von
Darinka Maria Riebow
aus
Flensburg

München 2021

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie

Arbeit angefertigt unter der Leitung von: Univ.-Prof. Dr. Johann Maierl

**Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Johann Maierl

Korreferentin: Univ.-Prof. Dr. Gabriela Knubben-Schweizer

Tag der Promotion: 17. Juli 2021

Meiner lieben Familie

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht.....	3
2.1	Taxonomie und Biologie der Neuweltkameliden	3
2.1.1	Taxonomie	3
2.1.2	Natürlicher Lebensraum und Domestikation.....	4
2.1.3	Verhalten und Nutzung	5
2.2	Anatomie der Beckengliedmaße.....	7
2.2.1	Knochen.....	7
2.2.2	Gelenke	15
2.2.3	Muskeln	22
2.2.4	Nerven	34
2.2.5	Blutgefäße	39
2.2.6	Lymphknoten	47
2.3	Körperbau und Biomechanik der Beckengliedmaße	47
2.3.1	Physiologischer Körperbau und Winkelung der Gelenke.....	48
2.3.2	Lokomotion	50
2.4	Krankheiten der Beckengliedmaße des Alpakas	52
2.4.1	Luxationen des Hüftgelenks.....	52
2.4.2	Luxationen der Patella	52
2.4.3	Kreuzbandriss.....	53
2.4.4	Septische Arthritis	53
3	Material und Methoden	55
3.1	Material	55
3.1.1	Untersuchungsgut und Auswahl der Tiere.....	55
3.2	Methoden	56
3.2.1	Zerteilung und Lagerung der Präparate	56
3.2.2	Präparationsmethoden.....	56
3.2.3	Dokumentation der Ergebnisse	62
4	Ergebnisse	63
4.1	Gelenke der Beckengliedmaße	63
4.1.1	Kreuz-Darmbein-Gelenk (Articulatio sacroiliaca).....	63
4.1.2	Hüftgelenk (Articulatio coxae)	68
4.1.3	Kniegelenk (Articulatio genus).....	79
4.1.4	Gelenke des Fußes (Articulationes pedis).....	94
4.2	Nerven der Beckengliedmaße	117

4.2.1	Plexus lumbosacralis	117
4.2.2	Nerven der Bauchwand und der Beckenhöhle	118
4.2.3	Nerven proximal an der Gliedmaße.....	118
4.2.4	Nerven distal an der Gliedmaße.....	120
4.2.5	Nerven der Zehen	121
4.3	Blutgefäße der Beckengliedmaße	123
4.3.1	Arterien	123
4.3.2	Venen	129
4.4	Lymphknoten der Beckengliedmaße	134
5	Diskussion	135
5.1	Diskussion von Material und Methoden	135
5.1.1	Auswahl der Untersuchungstiere	135
5.1.2	Konservierung der Präparate	135
5.1.3	Präparationsmethoden und Röntgenuntersuchung	136
5.2	Diskussion der Ergebnisse	139
5.2.1	Kreuz-Darmbein-Gelenk	139
5.2.2	Hüftgelenk.....	141
5.2.3	Kniegelenk.....	146
	Sprunggelenk	154
5.2.4	Fesselgelenke sowie Zehenmittel- und Zehenendgelenke	158
5.2.5	Leitungsbahnen der Beckengliedmaße	162
6	Zusammenfassung.....	164
7	Summary	166
8	Literaturverzeichnis	168
9	Abbildungsverzeichnis	179
10	Tabellenverzeichnis.....	184
11	Danksagung	185

Alle anatomischen Termini wurden gemäß der 6. Auflage der Nomina Anatomica Veterinaria verwendet (NAV, 2017)

Abkürzungsverzeichnis

A. / Aa.	Arteria / Arteriae
BaSO ₄	Bariumsulfat
Bglm.	Beckengliedmaße
Gldm.	Gliedmaße
J	Jahre
k	kastriert
kaud.	kaudal
kg	Kilogramm
kran.	kranial
Lc.	Lymphocentrum
Ln. / Lnn.	Lymphonodus / Lymphonodi
LW	Lendenwirbel
M. / Mm.	Musculus / Musculi
N. / Nn.	Nervus / Nervi
NAV	Nomina Anatomica Veterinaria
V. / Vv.	Vena / Venae

1 Einleitung

Das Alpaka (*Vicugna pacos*) gehört, ebenso wie das Vikunja (*Vicugna vicugna*), das Guanaco (*Lama guanicoe*) und das Lama (*Lama glama*), zur Gattung der Neuweltkameliden. Es ist ursprünglich in den südamerikanischen Anden beheimatet. Heute ist es als Haus- und Nutztier über die gesamte Erde verbreitet. Lamas und Alpakas wurden erstmals in den 1970er Jahren, u. a. als Heim- und Freizeittiere, nach Nordamerika exportiert und ca. zehn Jahre später begann auch der Import in Australien und Europa (GAULY, 2019b).

Die Tierzahlen in Europa steigen seit 1990, stetig um durchschnittlich mind. 10 %, jährlich an (RAPBERSBERGER, 2018a). So sind im Mai 2017 in Europa ca. 14.200 Alpakas bei der „Llama & Alpaca Registries Europe“, kurz LAREU, registriert, davon fast 4.800 allein in Deutschland (GUIDICELLI und GUNSSER, 2017; RUCH, 2019). Schätzungen zu genaueren Tierzahlen liegen jedoch deutlich höher, da es keine einheitliche Registrierpflicht gibt und Bestände oft nur unvollständige Angaben über ihre Bestandszahlen machen. In Europa ist bei einer durchschnittlichen Bestandsgröße von ca. 2-6 Tieren, trotz ihres Status als Nutztier, die Haltung von Lamas und Alpakas als Hobby anzusehen (GAULY, 2019b).

Durch die wachsende Beliebtheit von Alpakas sind auch zunehmend die Tierärzt/innen im Rahmen ihrer Behandlungstätigkeiten mit diesen Tieren konfrontiert. Da die Anatomie und Physiologie dieser Spezies an den Universitäten nicht systematisch gelehrt wird, müssen sich Praktiker/innen durch Eigenstudium selbst mit der Gattung und ihren artspezifischen Besonderheiten vertraut machen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt existiert nur wenig Fachliteratur, welche dieses Selbststudium ermöglichen würde. Häufig wird auf das vorhandene Wissen artverwandter Tiere, wie z. B. Altweltkameliden (FOWLER, 2010e) oder ähnliche Tierarten, wie Wiederkäuer und Pferde, als Grundlage zurückgegriffen.

Sucht man gezielt nach fundierten Arbeiten über die Anatomie der Beckengliedmaße des Alpakas, so findet man kaum detaillierte Literatur dazu. Es lassen sich hierzu überwiegend Publikationen über die Anatomie des Lamas finden (CONSTANTINESCU et al., 2008b; GRAZIOTTI et al., 1997b; GRAZIOTTI et al., 1998; 1999; GRAZIOTTI et al., 2000). Arbeiten über die Beckengliedmaße des Alpakas gehen meist nur bedingt in die Tiefe (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Lediglich die Arterien an der Hintergliedmaße des Alpakas sind in einem Werk ausführlicher dargestellt worden (ANGULO et al., 2013).

Um als Tierarzt / Tierärztin eine umfassende Diagnostik und artgerechte Behandlung durchführen zu können, sind fundierte Kenntnisse in der topografischen Anatomie der jeweils zu behandelnden Tierart essentiell (LIEBICH et al., 2019a).

In dieser Dissertation soll die bereits existierende Literatur dargestellt, in der Sektion am Tierkörper nachvollzogen und anschließend das bisherige Wissen in diesem Bereich

erweitert werden. Hierbei sollen v. a. die Gelenke und Leitungsbahnen der Beckengliedmaße im Vordergrund stehen.

Mit Hilfe dieser Arbeit erfolgt eine umfassende und eingehende Darstellung der topografischen Anatomie der Beckengliedmaße des Alpakas, welche als Grundlage für diagnostische und therapeutische Maßnahmen, wie z. B. der Arthroskopie, der Anästhesie und Injektionen, dienen soll.

2 Literaturübersicht

2.1 Taxonomie und Biologie der Neuweltkameliden

2.1.1 Taxonomie

Neuweltkameliden gehören zu den Säugetieren (*Mammalia*). Sie werden hier weiterhin in die Ordnung der Paarhufer (*Artiodactyla*), die Unterordnung der Schwielensohler (*Tylopoda*) und in die Familie der Kamelartigen (*Camelidae*) einsortiert. Bei den Kamelartigen unterscheidet man die Gattung der Neuweltkameliden (*Lamini*) und die der Altweltkameliden (*Camelini*). Die Neuweltkameliden wiederum werden in zwei Arten unterteilt: *Lama* und *Vicugna* (WHEELER, 1995). Die Klassifikation der Neuweltkameliden war lange Zeit umstritten. So wurde das Alpaka zunächst als *Lama pacos* eingeordnet (FOWLER, 2010c). Schlussfolgerungen über die Abstammung von Lamas und Alpakas basierten auf morphologischen Veränderungen, welche durch die Domestizierung entstanden sein sollen, sowie dem Sozialverhalten der Tiere (WHEELER et al., 2006). Untersuchungen des Erbgutes zeigten jedoch, dass das Alpaka vom Vikunja abstammt und das Lama mit dem Guanako verwandt ist (KADWELL et al., 2001; WHEELER et al., 2006). Aufgrund dieser neuen Erkenntnisse wurde das Alpaka schließlich in *Vicugna pacos* umbenannt (MARÍN et al., 2007; WHEELER, 2012). Eine Übersicht der aktuellen Klassifikation der Neuweltkameliden ist in *Abb. 1* dargestellt.

Bei Alpakas lassen sich aufgrund deutlicher Unterschiede in der Faserausbildung ihres dichten Vlieses zwei Rassen ausmachen: zum einen das deutlich häufiger vorkommende Huacaya mit seinen etwas kürzeren, gekräuselten, lockeren Fasern und zum anderen das Suri mit seinen langen, gewellten, seitlich am Körper herabhängenden Fasern (FOWLER, 2010c).

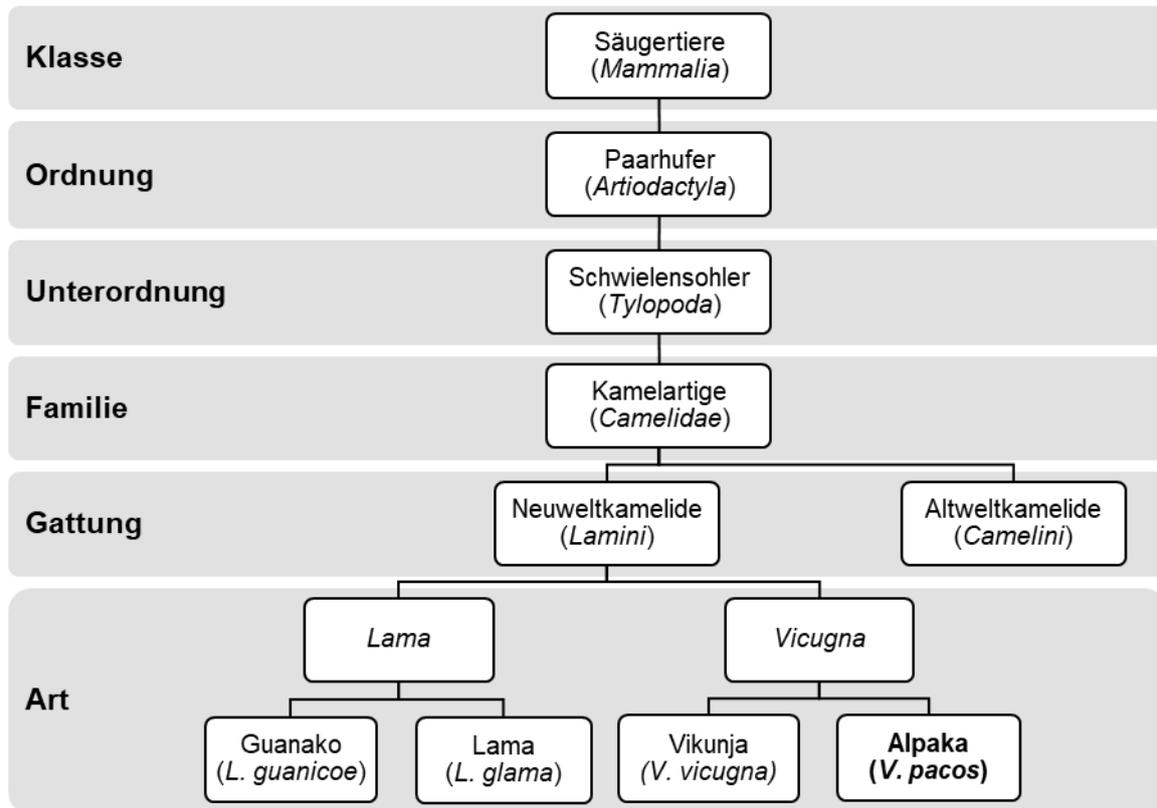


Abb. 1: Klassifizierung des Alpakas und der Neuweltkameliden (modifiziert nach BÖGER und FINKENZELLER (2016) und FOWLER (2010c)).

2.1.2 Natürlicher Lebensraum und Domestikation

Neuweltkameliden haben ihren Ursprung in den südamerikanischen Anden und sind dort v. a. in Peru, Chile, Argentinien und Bolivien beheimatet. In einer Höhe von mehr als 4000 m über dem Meeresspiegel, ist das dort vorherrschende Klima von rauen Winden, sehr geringem Niederschlag und nächtlich auftretendem Frost geprägt. Diese evolutionären Bedingungen machen Alpakas und Lamas in milderen Klimazonen sehr anfällig für Hitzestress. Das Hochplateau besteht aus trockenem Grasland, was neben dem Klima eine besondere Herausforderung an die Alpakas stellt (DUNCANSON, 2012a).

Bei Ausgrabungen in der peruanischen Puna wurden die dortigen Alpakafunde auf ein Alter von 6000-7000 Jahren geschätzt (WHEELER, 1995). Durch ihre Domestizierung wurden sie zu einem der wichtigsten wirtschaftlichen Faktoren der ansässigen Andenvölker (FOWLER, 2010c). Zur Zeit der Inkas um 1470 n. Chr. waren die Neuweltkameliden zahlenmäßig am weitesten verbreitet. Durch ihr vielfältige Nutzung hatten die Inkas gezielte staatliche Zuchtprogramme mit regelmäßigen Leistungsprüfungen durch eine Gruppe erfahrener Hirten entwickelt (GAULY, 2019b). Mit der spanischen Eroberung ging die Kultur der Inkas unter und die Bestände der Neuweltkameliden sanken drastisch. Vikunjas und Guanakos wurden

massiv bejagt. Die von den Eroberern mitgebrachten Schafe und Rinder wurden als Nahrungsmittellieferanten genutzt und die Lamas von Pferden und Eseln als Lasttiere abgelöst. Zusätzlich trugen Krankheiten der mitgebrachten Tiere zur Dezimierung von Lamas und Alpakas bei (RAPPERSBERGER, 2018a). Nachdem die Vikunjas von der internationalen Artenschutzkonvention auf die Rote Liste der gefährdeten Arten gesetzt wurden, wurde in den 1960er Jahren ein Reservat für sie eingerichtet, indem sich ihr Bestand auf mittlerweile wieder über 150000 Tiere erholen konnte (RAPPERSBERGER, 2018a). Mit der steigenden Nachfrage von privaten Haltern aus dem Ausland, werden seit den 1980er Jahren in Südamerika wieder gezielt Lamas und Alpakas gezüchtet und exportiert (GAULY, 2019b). Bei der Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) waren im Jahr 2018 für Bolivien 3.075.742 und für Peru 6.042.918 Neuweltkameliden verzeichnet (FAO, 2018).

2.1.3 Verhalten und Nutzung

Neuweltkameliden sind sehr soziale Tiere und leben in Herden zusammen, ein Verhalten, welches bei Alpakas besonders stark ausgeprägt ist (FOWLER, 2008). Grundsätzlich unterscheiden sich die beiden domestizierten Arten, Alpaka und Lama, in ihrem Verhalten zu ihren wild lebenden Verwandten, Vikunja und Guanako, nicht. Sie interagieren miteinander über eine ausgeprägte Körpersprache, Lautäußerungen sowie über chemische Signale an den Kotplätzen (ABA et al., 2010). Eine Herde wird von einem dominanten Hengst angeführt und kann zusätzlich bis zu 20 Stuten mit Nachwuchs beinhalten. Unter den Stuten herrscht eine strenge Hierarchie. Die älteste Stute kommt dabei direkt nach dem Alpha-Hengst, die anderen folgen entsprechend. Der Hengst verteidigt die Herde und läuft die meiste Zeit über Patrouille. In der Wildnis leben zusätzlich junge und / oder vertriebene Hengste in Herden von bis zu 200 Tieren zusammen, bis sie ein eigenes Revier gefunden und eine eigene Familienherde gegründet haben (DUNCANSON, 2012a). In menschlicher Obhut sollten Hengste einzeln, aber in Sichtkontakt zu Artgenossen, und getrennt von Stuten gehalten werden, um zum einen Kontrolle über das Decken der Stuten zu haben, zum anderen, weil Hengste sehr territorial sind. Aufgrund der begrenzten Fluchtmöglichkeiten durch die Umzäunung, kann es durchaus zu schweren Verletzungen kommen, wenn Rankämpfe stattfinden (GUNSSER, 2009).

Neuweltkameliden sind zwar sehr neugierig, aber auch Fluchttiere, die lieber auf Distanz leben (RAPPERSBERGER, 2018b). Dieses Wissen ist im Umgang mit ihnen zu beachten, da zu enge Bindungen an den Menschen, besonders im heranwachsenden Alter, zu erheblichen Verhaltensauffälligkeiten führen können. Alpakas sind zudem etwas scheuer und ängstlicher als Lamas, was sich auf ihre ursprüngliche Züchtung als Wolllieferant zurückführen lässt und ihr Kontakt zum Menschen nicht so ausgeprägt war, wie der der

Lamas als Lastentier (FOWLER, 2008; GAULY, 2019a). Somit sollte ein stets ruhiger Umgang mit den Tieren erfolgen und hektische, plötzliche Bewegungen in ihrer Gegenwart vermieden werden. Kommt es zur Flucht, zeichnen sich die Neuweltkameliden durch kräftige Beine, Trittsicherheit und schnelle Gangarten aus (RAPPERSBERGER, 2018b). Neuweltkameliden verbringen täglich viel Zeit mit der Futteraufnahme, wobei sich die Phasen des Grasens mit Phasen des Wiederkäuens abwechseln. Zum Ruhen und Schlafen suchen sie spezielle Ruheplätze auf, die trocken und meist auch windgeschützt sind (GAULY, 2019a). Alpakas besitzen einen festen Tag-Nacht-Rhythmus, der sich nach dem Sonnenauf- und Sonnenuntergang richtet (BINDER, 2014).

Wie zuvor schon beschrieben, waren und sind Lamas und Alpakas wirtschaftlich für die Andenbevölkerung sehr wichtig. Dabei wurden Lamas v. a. für Fleisch, Leder, Wolle, Dung, als Lastentier (FOWLER, 1998) und zum Beschützen kleinerer Herdentiere gehalten. Die Lamas integrieren sich komplett in eine Schafsherde, warnen die Herde bei Näherung eines Wildschweines oder verwilderten Hundes und treten diesem entgegen (PEREZ und KÖNIG, 2016). Alpakas hingegen waren vornehmlich Wolllieferanten, aber auch ihr Fleisch und Leder fand Verwendung (FOWLER, 1998). Seit den 1980er Jahren werden Lamas und Alpakas mit ansteigenden Zahlen von Südamerika, zunächst in die USA und später auch nach Australien und Europa exportiert. Die stetige Nachfrage nach Zuchttieren zur Blutauffrischung der Bestände im Ausland, stellt für die Völker der Anden heutzutage eine weitere Einnahmequelle dar. In den Exportländern werden sie hauptsächlich als Hobby- und Begleittiere gehalten, wobei gerade Alpakas auch wegen ihrer Wolle geschätzt sind (GAULY, 2019b).

2.2 Anatomie der Beckengliedmaße

In diesem Kapitel soll eine grundlegende Beschreibung der Anatomie der Beckengliedmaße bei Neuweltkameliden erfolgen. Gerade bei den Themen „Gelenke“ und „Leitungsbahnen“ ist bei Neuweltkameliden bisher nicht viel beschrieben, weshalb in diesen Abschnitten für einen vollständigen Überblick neben der Literatur zu Alpakas und Lamas auch auf Literatur zu anderen Kameliden (LESBRE, 1903a; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987a) zurückgegriffen werden muss.

2.2.1 Knochen

Die Knochen der Beckengliedmaße (Ossa membri pelvini) sind Teil des passiven Bewegungsapparates und bilden das stabile Grundgerüst der Gliedmaße. Zu ihnen zählen das Becken (Pelvis), das Oberschenkelbein (Os femoris), die Kniescheibe (Patella), die Unterschenkelknochen (Ossa cruris), die Hinterfußwurzelknochen (Ossa tarsi), die Hintermittelfußknochen (Ossa metatarsalia) und die Knochen der Hinterzehen (Ossa digitorum pedis) (NICKEL et al., 2004b).

Im folgenden Abschnitt werden die Knochen der Beckengliedmaße (*Abb. 2*) des Alpakas und des Lamas beschrieben, da es hierzu bereits einiges an Literatur vorhanden ist. Dabei beziehen sich die anatomischen Gegebenheiten auf beide Spezies.

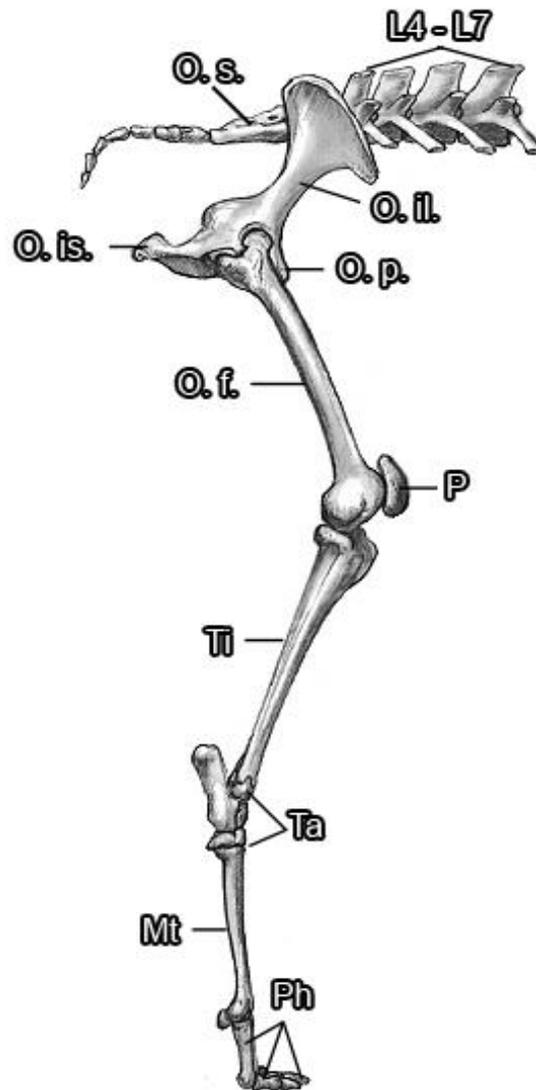


Abb. 2: Schemazeichnung der rechten Beckengliedmaße eines Alpakas (modifiziert nach JOHNSON (2006)):

L – Lendenwirbel; *Mt* – Metatarsus; *O. f.* – Os femoris; *O. il.* – Os ilium; *O. is.* – Os ischii; *O. p.* – Os pubis; *O. s.* – Os sacrum; *P* – Patella; *Ph* – Ossa digitorum pedis (Phalanges); *Ta* – Tarsus; *Ti* – Tibia

2.2.1.1 Becken (Pelvis)

Hüftbeine (Ossa coxae)

Ein Hüftbein besteht aus drei Anteilen: dem Darmbein (Os ilium), dem Schambein (Os pubis) sowie dem Sitzbein (Os ischii). Diese drei Knochen verwachsen knöchern miteinander und vereinigen sich in der Beckenpfanne (Acetabulum), die mit dem Oberschenkelknochen im Hüftgelenk artikuliert (DOS SANTOS ROMERO, 2014). In der Beckenpfanne gibt es einen Einschnitt (Incisura acetabuli), der als Zugang zur Pfannengrube (Fossa acetabuli) dient. Die Fossa acetabuli ist glatt und tief. Sie wird von einer halbmondförmigen Fläche (Facies lunata) umgeben, welche mit Gelenkknorpel überzogen ist. Dorsal des Acetabulum befindet

sich die Beckengräte (Spina ischiadica). Kaudal der Spina ischiadica erstreckt sich eine Fläche zum Ansatz der Mm. gemelli (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Die Ossa coxae sind in der Medianen ventral über eine, bei Jungtieren zunächst knorpelige, später knöchern verwachsene Beckenfuge (Symphysis pelvis) miteinander verbunden (AZZOPARDI, 2012). Dieser ischiopubische Teil besitzt eine große Öffnung: das „verstopfte Loch“ (Foramen obturatum). Dieses trennt das nach kranial ragende Schambein (Os pubis) von dem kaudal gelegenen Sitzbein (Os ischii) (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Darmbein (Os ilium)

Das Darmbein besteht aus einem Körper (Corpus ossis ilii), der den nach kranial ragenden Darmbeinflügel (Ala ossis ilii) mit dem restlichen Hüftbein verbindet. Das Corpus ossis ilii trägt lateral und medial jeweils eine Area musculi recti femoris. Der Darmbeinflügel besitzt einen geradlinigen Darmbeinkamm (Crista iliaca), welcher sich zwischen den beiden kranialen Darmbeinfortsätzen (Tuber coxae und Tuber sacrale) erstreckt. Durch die Spina iliaca ventralis cranialis wird auf Höhe des Tuber coxae der kranioventrale Winkel gebildet, ebenso wie durch die Spina iliaca dorsalis cranialis am Tuber sacrale der kraniodorsale Winkel. Der Ala ossis ilii zeigt eine glutäale oder auch laterale Ansicht (Facies glutaea) und eine sakropelvine oder mediale Ansicht (Facies sacropelvina). Erstere bietet der Glutäalmuskulatur mit ihren Lineae glutaeae den Ursprung. Die Facies sacropelvina ist durch die Darmbein-Schambein-Leiste (Linea arcuata) in zwei Flächen unterteilt: die Facies iliaca, als Ursprungsfläche für den M. iliacus, und die Facies auricularis, die die Gelenkfläche mit dem Kreuzbein darstellt. Am Darmbeinflügel befindet sich auch das Collum ossis ilii, dem das Tuberculum m. psoas minoris aufgelagert ist (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Schambein (Os pubis)

Das Os pubis besteht aus einem Körper (Corpus ossis pubis) und aus zwei Ästen, einem kranialen (Ramus cranialis ossis pubis) und einem kaudalen (Ramus caudalis ossis pubis). Der kaudale Ast bildet die Symphysenfläche (Facies symphysialis). Die kraniale Kante des Schambeins besitzt den oberen Schambeinkamm (Pecten ossis pubis) (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Sitzbein (Os ischii)

Das Os ischii weitet sich hauptsächlich zur Platte des Sitzbeins (Tabula ossis ischii) aus. Diese trägt zwei kraniale Erweiterungen, die das Foramen obturatum umgeben. Die laterale Verlängerung bildet den Sitzbeinkörper (Corpus ossis ischii) und die mediale Verlängerung den Sitzbeinast (Ramus ossis ischii), der auch die Facies symphysialis beinhaltet. Das Tuber ischiadicum am kaudolateralen Ende des Os ischii stellt eine wichtige Ursprungsstelle für

Muskeln dar. Der laterale Rand des Sitzbeins bildet den kleinen Beckenausschnitt (*Incisura ischiadica minor*), die sich von der *Spina ischiadica* bis zum *Tuber ischiadicum* erstreckt (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Das gesamte Becken besteht aus den beiden Hüftbeinen, dem Kreuzbein, dem ersten Schwanzwirbel sowie kräftigen Muskeln und Bändern. All diese Bestandteile begrenzen gemeinsam die Beckenhöhle.

Der Beckeneingang (*Apertura pelvis cranialis*) trennt die Bauchhöhle (*Cavum abdominis*) von der Beckenhöhle (*Cavum pelvis*). Er wird von der *Linea terminalis* umrahmt, die von der Basis des *Os sacrum*, der *Linea arcuata*, der Kammbeule des Schambeins (*Eminentia iliopubica*) und dem *Pecten ossis pubis* gebildet wird. Die *Apertura pelvis cranialis* ist stark kaudoverstral geneigt und allgemein höher als breit.

Der Beckenausgang (*Apertura pelvis caudalis*) wird durch das *Diaphragma pelvis* bedeckt, welches durch Muskeln und Faszien der Perineal- und Analregion gebildet wird. Die *Apertura pelvis caudalis* ist dorsal durch die ersten Schwanzwirbel und ventral durch den konkaven Sitzbeinausschnitt (*Arcus ischiadicus*) begrenzt.

Der Beckenboden besteht aus dem Schambein und dem Sitzbein, welche sich in der Medianebene in der *Symphysis pelvis* vereinigen (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

2.2.1.2 Oberschenkelbein (Os femoris)

Das Oberschenkelbein besteht aus einem langen, nach kranial leicht konvexen Mittelstück als Körper (*Corpus ossis femoris*) und zwei Endstücken (AZZOPARDI, 2012). Die proximale Epiphyse umfasst den Kopf (*Caput ossis femoris*), der von dem Oberschenkelbeinhals (*Collum ossis femoris*) getragen wird. Das *Caput ossis femoris* besitzt medial eine tiefe Bandgrube (*Fovea capitis*) und artikuliert mit dem *Acetabulum* des jeweiligen Hüftbeins. Der lateralen Seite der *Extremitas proximalis* ist der große Umdreher (*Trochanter major*) angelagert, der als Ansatz der Glutäalmuskulatur dient. Er ist auf einer Höhe mit dem *Caput ossis femoris* und überragt dieses nicht. Der *Trochanter major* wird durch einen kleinen Einschnitt (*Incisura trochanterica*) in einen kranialen Teil (*Pars cranialis*) und einen kaudalen Teil (*Pars caudalis*) unterteilt (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Medial etwas distal des Oberschenkelbeinkopfes befindet sich der kleine Umdreher (*Trochanter minor*), als Ansatzstelle für den *M. iliopsoas*. Von kaudal betrachtet liegt zwischen den beiden Umdrehern die beim Alpaka tiefe Grube der Umdreher (*Fossa trochanterica*). Auf der Kaudalseite des *Corpus ossis femoris* verlaufen mehrere grobe Linien, eine *Tuberositas glutea* ist lateral nicht vorhanden. Ein dritter Umdreher (*Trochanter tertius*), wie beim Pferd, fehlt dem Alpaka (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Auf der kaudalen Seite des Oberschenkelkörpers ist distal des *Trochanter minor* ein deutlicher

Kamm ausgebildet, welcher bis etwas über die Hälfte der gesamten Schaftlänge zieht und sich dort mit den Ausläufern der lateralen und medialen Epikondylarkämmen vereinigt (AZZOPARDI, 2012; PACHECO TORRES et al., 1986).

Das distale Endstück des Os femoris trägt kranial die Gelenkrolle (Trochlea ossis femoris) und artikuliert mit der Kniescheibe. Die Trochlea ossis femoris wird von einer mittleren Einkehlung gebildet, der von zwei gleich ausgebildeten Lippen begrenzt wird. Ein zusätzlicher Höcker auf der Trochlea (Tuberculum trochleae ossis femoris) ist nicht vorhanden. Kaudal an der Extremitas distalis sind zwei Gelenkknollen (Condylus lateralis et medialis) ausgebildet, die mit dem Unterschenkelbein (Tibia) gelenkig verbunden sind. Eine Grube oberhalb der Kondylen (Fossa supracondylaris) ist nicht ausgebildet. Jedem der beiden Kondylen sitzt ein Knochenvorsprung (Epicondylus lateralis et medialis), als Anheftungspunkt der Seitenbänder des Kniegelenks, auf.

Der Condylus lateralis ossis femoris besitzt eine Fossa extensoria, die dem M. extensor digitorum longus und dem M. fibularis tertius als Ursprung dient, und die Grube in der der M. popliteus seinen Ursprung nimmt (Fossa m. poplitei).

Der laterale Kondylus ist etwas kräftiger ausgebildet und die Grube zwischen den beiden Kondylen (Fossa intercondylaris) ist beim lateralen Gelenkknollen etwas tiefer ausgeschnitten, als beim medialen Kondylus (DOS SANTOS ROMERO, 2014; PACHECO TORRES et al., 1986).

2.2.1.3 Kniescheibe (Patella)

Die Kniescheibe ist ein kurzer, ovaler Knochen. Ihre kaudale Gelenkfläche (Facies articularis) ist rechteckig, glatt und konkav. Das distale Ende der Patella (Apex patellae) ist breiter ausgebildet als das proximale Ende (Basis patellae). Ihre vordere Fläche (Facies cranialis) hat eine deutlich konvexe Form und ist kräftig entwickelt (PACHECO TORRES et al., 1986).

2.2.1.4 Unterschenkelknochen (Ossa cruris)

Die Unterschenkelknochen bestehen aus dem Schienbein (Tibia) und dem Wadenbein (Fibula). Die Tibia ist ein langer, leicht gekrümmter Knochen (PACHECO TORRES et al., 1986). Sie stellt den Hauptknochen des Unterschenkels dar. Die Fibula ist hingegen sehr stark zurückgebildet oder fehlt ganz (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Schienbein (Tibia)

Die proximale Gelenkfläche der Tibia (Facies articularis proximalis) ist breit und dreieckig, während der Knochendurchmesser nach distal abnimmt (AZZOPARDI, 2012). Sie artikuliert mit ihren beiden Gelenkknollen (Condylus lateralis et medialis) mit den Kondylen des Os

femoris und lateral mit dem Rudiment der Fibula (Facies articularis fibularis). Der mediale Kondylus ist breiter und runder ausgebildet als der laterale Kondylus (AZZOPARDI, 2012). Auf der kranialen Kante (Margo cranialis) des Knochens ist eine deutliche Schienbeinbeule (Tuberositas tibiae) ausgebildet. Lateral von dieser zieht die tief ausgeprägte Einkerbung für den langen Zehenstrecker (Sulcus extensorius) (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Das Mittelstück (Corpus tibiae) ist in seiner proximalen Hälfte dreiseitig (Facies lateralis, medialis et caudalis) und in seiner distalen Hälfte zweiseitig nach kranial und kaudal abgeflacht (AZZOPARDI, 2012; DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Die distale Gelenkfläche der Tibia (Facies articularis distalis) ist durch eine zweiteilige Gelenkschraube (Cochlea tibiae) gekennzeichnet, die mit der Gelenkrolle des Sprungbeins (Trochlea tali) gelenkig verbunden ist. Lateral der Cochlea tibiae ist eine Gelenkfläche für das distale Relikt des Wadenbeins (Os malleolare) ausgebildet (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Wadenbein (Fibula)

Das Wadenbein ist bei Neuweltkameliden stark zurückgebildet oder fehlt ganz. Es zeigt sich proximal, wenn vorhanden, als kleines Rudiment am Condylus lateralis tibiae. Distal ist die Fibula in Form eines kleinen lateralen Knöchels (Os malleolare) als freier Knochen ausgebildet und artikuliert dort lateral der Cochlea tibiae mit dem Schienbein (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

2.2.1.5 Knochen des Fußes (Ossa pedis)

Zu den Knochen des Fußes zählen, wie auch an der Vordergliedmaße, drei Abschnitte: die Hinterfußwurzelknochen (Ossa tarsi), die Hintermittelfußknochen (Ossa metatarsi) und die Hinterzehenknochen (Ossa digitorum pedis).

Hinterfußwurzelknochen (Ossa tarsi)

Die Hinterfußwurzel besteht beim Alpaka aus insgesamt 6 Knochen (DOS SANTOS ROMERO, 2014; PACHECO TORRES et al., 1986):

- Sprungbein (Talus),
- Fersenbein (Calcaneus),
- Kahnbein (Os naviculare oder Os tarsi centrale),
- Os tarsale secundum,
- Os tarsale tertium und
- Os tarsale quartum (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Es wird vermutet, dass es sich bei dem Os tarsale secundum des Alpakas um eine Verschmelzung des Os tarsale primum und Os tarsale secundum handelt (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Diese sechs genannten Knochen verteilen sich auf drei Reihen.

In der proximalen oder kruralen Reihe liegen zwei der sechs Knochen, der medial gelegene Talus und der lateral gelegene Calcaneus.

Das Sprungbein (Talus) ist ein rechteckiger Knochen mit abgerundeten Oberflächen. Es besteht aus zwei Gelenkrollen (Trochlea tali proximalis et distalis). Eine Rinne (Sulcus tali) trennt diese beiden Gelenkrollen voneinander (PACHECO TORRES et al., 1986). Die proximale Gelenkrolle des Os tarsi tibiale geht eine gelenkige Verbindung mit der Cochlea tibiae ein (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Die Artikulation mit dem Os tarsi fibulare erfolgt kaudal über die entsprechend benannten Gelenkflächen (Facies articulares calcaneae) (DOS SANTOS ROMERO, 2014; PACHECO TORRES et al., 1986).

Das Fersenbein (Calcaneus) befindet sich lateral und kaudal zum Sprungbein. Es besitzt mehrere Gelenkflächen: zum Talus (Facies articulares talares), proximal eine für das Os malleolare (Facies articularis malleolaris) und distal eine für das Os tarsi centrale (Facies articularis cuboidea) (DOS SANTOS ROMERO, 2014; PACHECO TORRES et al., 1986).

Das flach und breit ausgebildete Kahnbein (Os tarsi centrale oder auch Os naviculare) bildet als einziger Knochen die intertarsale Reihe. Es artikuliert proximal mit dem Talus, lateral mit dem Os tarsale quartum und distal mit dem Os tarsale secundum sowie dem Os tarsale tertium (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Die drei Knochen der distalen Reihe artikulieren distal mit den Hintermittelfußknochen. Von medial nach lateral sind sie wie folgt angeordnet: Os tarsale secundum, Os tarsale tertium und Os tarsale quartum. Das Os tarsale quartum ragt am weitesten proximal und artikuliert dort mit den beiden Knochen der proximalen Reihe, sowie proximomedial mit dem Os tarsi centrale. Die Ossa tarsalia secundum et tertium artikulieren proximal mit dem Os tarsi centrale, wobei das Os tarsale secundum kleiner und nach kaudal versetzt angeordnet ist (DOS SANTOS ROMERO, 2014; PACHECO TORRES et al., 1986).

Hintermittelfußknochen (Ossa metatarsalia)

Alpakas besitzen als Hauptmittelfußknochen die zwei miteinander verwachsenen Hintermittelfußknochen drei und vier (Os metatarsale tertium et quartum). Auf diesem Knochen ist jeweils dorsal und plantar eine mediane Rinne über die gesamte Länge (Sulcus longitudinalis dorsalis et plantaris) zu finden (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Am proximalen Ende des Os metatarsale tertium et quartum liegt die Gelenkfläche für die Artikulation mit dem Tarsus (Facies articularis tarsea). Diese weist insgesamt vier Artikulationsflächen auf: eine plantare Erhöhung und drei horizontale dorsale (PACHECO TORRES et al., 1986).

Das distale Ende des Hauptmittelfußknochens ist durch eine mediane Einziehung (Incisura intercapitis) in zwei Gelenkknorren unterteilt (DOS SANTOS ROMERO, 2014; PACHECO TORRES et al., 1986).

In der vorhandenen Literatur werden keine weiteren Hintermittelfußknochen, wie etwa ein Os metatarsale secundum beim Rind, beschrieben.

Hinterzehenknochen (Ossa digitorum pedis)

Zu den Knochen der Zehen der Beckengliedmaße erfolgt zumeist nur der Verweis auf die Literatur über die Zehenknochen der Schultergliedmaße.

Lediglich ein Autor stellt die Zehen der Schulter- und der Beckengliedmaße im Vergleich dar (PACHECO TORRES et al., 1986). Darum sind seine Ausführungen im Folgenden dargestellt.

Kameliden besitzen jeweils zwei Zehen pro Bein, welche sich wiederum in drei Zehenknochen (Phalangen) untergliedern.

Die Phalanx proximalis ist ein langer schmaler Knochen und an der Beckengliedmaße kleiner als an der Schultergliedmaße. Ihre proximale Gelenkfläche artikuliert mit dem jeweils dazugehörigen Metatarsalknochen plantar mit einer kleinen zentralen Furche (PACHECO TORRES et al., 1986) zur Aufnahme des Sagittalkammes des jeweiligen Kondylus der Metatarsalknochen. Plantar ist distal der proximalen Gelenkfläche eine kleine dreieckige Vertiefung ausgebildet. Dem distalen Ende der Phalanx proximalis sitzt ein Gelenkknorren auf, der der Artikulation mit der anschließenden Phalanx media dient (PACHECO TORRES et al., 1986). Es existieren in der Articulatio metatarsophalangea pro Zehe jeweils zwei proximale Sesambeine (CONSTANTINESCU et al., 2008b; FOWLER, 2010e).

Die Phalanx media unterscheidet sich von der Phalanx proximalis dadurch, dass sie etwas kürzer ist und keine plantare Vertiefung aufweist. Im Vergleich zur zweiten Zehe der Vordergliedmaße ist sie an der Hintergliedmaße dünner und weist ebenso schmalere Gelenkflächen auf (PACHECO TORRES et al., 1986).

Die Phalanx distalis ist ein kleiner pyramidenförmiger Knochen, mit einer konkaven plantaren Gelenkfläche für die Phalanx media. Dorsal ist eine scharfe Kante ausgebildet. An der Hintergliedmaße ist der dritte Zehenknochen höher als an der Vordergliedmaße (PACHECO TORRES et al., 1986).

Sowohl beim Alpaka (AZZOPARDI, 2012; DOS SANTOS ROMERO, 2014) als auch beim Lama (CONSTANTINESCU et al., 2008b; FOWLER, 2010e) existieren an der Hintergliedmaße keine distalen Sesambeine.

2.2.2 Gelenke

Die Gelenke der Beckengliedmaße bei Neuweltkameliden werden in der Literatur anatomisch überwiegend beim Lama beschrieben (MÁRQUEZ et al., 1994). Für einige Gelenke existieren nur knapp beschriebene Angaben, ohne tiefere Erläuterung. Im folgenden Kapitel sind diese kurz dargestellt. Zusätzlich werden sie durch einige anatomische Strukturen des mit den Neuweltkameliden verwandten Dromedars ergänzt (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c).

2.2.2.1 Iliosakralgelenk (Articulatio iliosacrale)

Die Gelenkflächen des Iliosakralgelenks weisen beim Lama keine Besonderheiten gegenüber anderen Paarhufern auf. Direkt dem Gelenk anliegend befinden sich drei Bänder. Die Ligg. sacroiliaca ventralia sind verstärkt. Die Ligg. sacroiliaca interossea sind leicht gestreckt, wodurch eine enge Gelenkhöhle zu beobachten ist. Die sich zwischen dem Os sacrum und dem Os ilium aufspannenden Ligg. sacroiliaca dorsalia sind ebenso gut ausgebildet.

Das breite Beckenband (Lig. sacrotuberale latum) wird in einen faserig stark ausgebildeten sakrotuberalen Anteil und in einen sakrospinalen Anteil, der leicht ablösbar ist, unterteilt.

Die Symphysis pelvis verfestigt sich im Gegensatz zu Schafen und Schweinen früh. Das Lig. iliolumbale¹ ist schlecht entwickelt. Bei Stuten ist der Umfang an Nutations- und Kontranutationsbewegungen größer als bei männlichen Tieren (MÁRQUEZ et al., 1994).

2.2.2.2 Hüftgelenk (Articulatio coxae)

Das Hüftgelenk wird von den Gelenkflächen des Hüftbeins und des Caput ossis femoris gebildet, die beim Lama kongruent sind. Deshalb ist die Lippe des Acetabulum (Labrum acetabulare) nicht sehr stark ausgeprägt (MÁRQUEZ et al., 1994). Die nach kranial offene Einziehung der Hüftgelenkspfanne wird von einem Querband (Lig. transversum acetabuli) überbrückt (MÁRQUEZ et al., 1994; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c). Es gibt, wie auch bei Wiederkäuern, am Hüftgelenk nur ein Verstärkungsband für die Gelenkkapsel, das Lig. iliofemorale. Das Lig. iliofemorale begrenzt die Adduktion der Gliedmaße, während das Lig. capitis ossis femoris eine Abduktion einschränkt und den Oberschenkelbeinkopf in

¹ Kein Terminus der NAV (2017))

Position hält. Ein zusätzliches Unterstützungsband (Lig. accessorium ossis femoris) ist nicht ausgebildet. Die geräumige Gelenkkapsel der *Articulatio coxae* besitzt beim Lama am Trochanter minor des Os femoris einen distalen Recessus für den Ansatz des M. iliopsoas (MÁRQUEZ et al., 1994).

2.2.2.3 Kniegelenk (*Articulatio genus*)

Das Kniegelenk ist ein zusammengesetztes, inkongruentes und unvollkommenes Wechselgelenk. Es besteht aus zwei Gelenken: dem Kniekehlgelenk (*Articulatio femorotibialis*) zwischen dem Os femoris und der Tibia und dem Kniescheibengelenk (*Articulatio femoropatellaris*) zwischen dem Os femoris und der Patella (LIEBICH et al., 2019b).

Die *Articulatio genus* des Lamas besteht aus einer Gelenkhöhle (VAN HOOGMOED et al., 1998), wobei sich hier die Autoren nicht ganz einig sind. So ist ebenso beschrieben, dass die Kapsel des Kniescheibengelenks unabhängig ist (MÁRQUEZ et al., 1994). In einer anderen Literaturquelle wird die Punktion des Kniegelenks bei Kamelartigen von 3 verschiedenen Einstichstellen aus beschrieben, da eine Kommunikation aller Kompartimente miteinander nicht sichergestellt ist (FOWLER, 2010a). 2005 wurde in einer Arbeit die Kommunikation aller Kompartimente (femorotibial medial / lateral und femoropatellar) im Kniegelenk des Lamas nachgewiesen (SEMEVOLOS und COPE, 2005). Dies wurde 2012 in einer weiteren Arbeit über die Arthroskopie des Kniegelenks bei Neuweltkameliden bestätigt (PENTECOST et al., 2012). Zusätzlich existieren mehrere Recessus am Kniegelenk. Sowohl bei Neuweltkameliden als auch beim Dromedar gibt es kranioproximal eine großflächige suprapatellare Ausbuchtung proximal bis unter den M. quadriceps femoris ins distale Viertel des Oberschenkelbeins reichend (PENTECOST et al., 2012; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c). Bei Neuweltkameliden sind zudem kleine kaudale Aussackungen medial und lateral am Femorotibialgelenk beschrieben (PENTECOST et al., 2012). SMUTS und BEZUIDENHOUT (1987a) berichten beim Dromedar ebenso von einer distalen Aussackung zwischen dem M. tibialis cranialis und der gemeinsamen Ursprungsehne der Mm. extensor digitorum longus und fibularis tertius, sowie einer kaudolateralen Erweiterung unter der Sehne des M. popliteus.

Kniekehlgelenk (*Articulatio femorotibialis*)

Der Condylus lateralis des Os femoris ist voluminöser als der mediale Kondylus (MÁRQUEZ et al., 1994). Die Gelenkfläche der Tibia weist im Vergleich zu den anderen Haussäugetieren keine offensichtlichen Besonderheiten auf, die Fossa intercondylaris ist vergleichsweise breit.

Beide Menisken sind gut entwickelt und kaudal durch ein kleines Band miteinander verbunden, welches am Lig. meniscofemorale entspringt und im Bereich des medialen Meniskus kaudal des Lig. cruciatum caudale ansetzt (VAN HOOGMOED et al., 1998).

Das Lig. meniscofemorale verbindet den Meniscus lateralis von kaudal mit dem distomedialen Bereich des Os femoris. Der Meniscus lateralis ist beim Dromedar kranial durch ein kurzes Band mit der Area intercondylaris cranialis verbunden (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c). Kranial ist der Meniscus medialis an der interkondylären Oberfläche der Tibia befestigt² (VAN HOOGMOED et al., 1998). Beim Dromedar ist der mediale Meniskus in der Area intercondylaris caudalis verankert und wird auch über das kaudale Kreuzband am lateralen Meniskus befestigt. Kranial ist er an der Area intercondylaris der Tibia und medial am Ursprung des kranialen Kreuzbandes befestigt (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c). Ebenso besteht bei Lamas und Dromedaren eine fibröse Verbindung zum einen zwischen dem medialen Meniskus und dem Epicondylus medialis und zum anderen zwischen ihm und dem Lig. collaterale mediale (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c; VAN HOOGMOED et al., 1998).

Das Kniekehlgelenk wird medial durch das Lig. collaterale mediale stabilisiert, welches am Epicondylus medialis ossis femoris entspringt und proximal an der Tibia ansetzt. Auf der lateralen Seite unterstützt die gemeinsame Ursprungssehne von M. fibularis tertius und M. extensor digitorum longus das Kniegelenk, welche in der Fossa extensoria kraniallateral am Os femoris entspringt, da ein eigenständiges Lig. collaterale laterale nicht existiert (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c; VAN HOOGMOED et al., 1998).

In einer anderen Arbeit ist jedoch beschrieben, dass das laterale Seitenband des Kniekehlgelenks sich mit der Ursprungssehne des M. fibularis longus verbindet, welcher am Fibulakopf entspringt (MÁRQUEZ et al., 1994). In einer Zeichnung von CONSTANTINESCU et al. (2008) ist das Lig. collaterale laterale als feiner Strang vom Epicondylus lateralis ossis femoris proximal an die Tibia ziehend erkennbar.

Das Lig. cruciatum craniale entspringt an der Area intercondylaris tibiae und inseriert in der Fossa intercondylaris kaudomedial am Os femoris nahe des Condylus lateralis. Im hinteren Bereich der Area intercondylaris tibiae nimmt das hintere Kreuzband seinen Ursprung und inseriert medial in der Fossa intercondylaris (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c; VAN HOOGMOED et al., 1998).

² Genauere Angaben zu den einzelnen Areae intercondylares werden von den Autor/innen nicht gemacht.

Kniescheibengelenk (Articulatio femoropatellaris)

Am Os femoris sind die Lippen der Trochlea schmal und fast parallel. Die laterale Lippe ist höher, ein Tuberculum trochleae fehlt (MÁRQUEZ et al., 1994). Eine tiefe Grube ist proximal der Rollkämme des Oberschenkelbeins ausgebildet (VAN HOOGMOED et al., 1998).

Eine Fibrocartilago parapatellaris wird an der Kniescheibe nicht beobachtet (MÁRQUEZ et al., 1994).

Das Kniescheibengelenk wird lateral und medial von einem breit ausgedehnten Retinaculum patellae stabilisiert. Das Lig. femoropatellare laterale ist beim Dromedar relativ gut entwickelt und zieht vom Epicondylus lateralis ossis femoris bis distolateral an die Patella. Es ist mit dem kräftigen Ansatz des M. glutaebiceps verbunden, welcher einerseits lateral an der Patella, andererseits aber auch an der Tibia ansetzt (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c). Für das Lama wird das Retinaculum patellae laterale als eine Erweiterung der fibrösen Umhüllung des M. glutaebiceps beschrieben, die ihren Ursprung im M. glutaebiceps hat und an die Patella sowie lateral an die Tibia zieht (VAN HOOGMOED et al., 1998). Ebenso ist für das Lama beschrieben, dass die Sehnen des M. vastus lateralis und des M. vastus medialis eine Platte bilden, die jeweils teils dorsal an der Patella, teils mit einer freien Portion an der Tuberositas tibiae inseriert (FOWLER, 2010a). Ein deutliches Lig. femoropatellare mediale verläuft vom Epicondylus medialis ossis femoris – unter dem sehnigen Ansatz des M. vastus intermedius – auf der medialen Seite zur Patella und ist breiter und dicker ausgebildet als das laterale. Teilweise setzt bei Dromedaren ein Band von der medialen Oberschenkelfaszie kommend am medialen Epikondylus an und verläuft kraniodistal schräg zur Tuberositas tibiae (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c).

Die Ansätze des M. quadriceps femoris laufen auf der Patella zusammen. Dabei inseriert der M. vastus lateralis proximolateral an der Patella und der M. rectus femoris sowie der M. vastus medialis auf ihrer medialen Seite (VAN HOOGMOED et al., 1998). Die Fascia lata setzt teilweise am proximalen Rand der Kniescheibe an.

Das Ligamentum patellae entspringt beim Dromedar kraniodistal an der Patella und verläuft als breites, faseriges Band distal bis zum Ansatz an der Tuberositas tibiae. Dabei wird es durch die Unterlagerung von Fettgewebe gepolstert und von der Gelenkkapsel abgesetzt (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c). Anstelle einer oder mehrerer Patellasehnen gibt es beim Lama eine Sehnenplatte, die eine Verbindung aus dem M. quadriceps femoris gemeinsam mit den Ansätzen des M. biceps femoris darstellt (FOWLER, 2010a). Das Lig. patellae wird beim Lama jedoch ebenso als ein einheitliches Band dargestellt (MÁRQUEZ et al., 1994; VAN HOOGMOED et al., 1998).

2.2.2.4 Sprunggelenk (*Articulatio tarsi*)

Das Sprunggelenk der Kameliden ist ein zusammengesetztes Gelenk und besteht aus vier Gelenkebenen: dem Unterschenkel-Hinterfußwurzel-Gelenk (*Articulatio tarsocruralis*), die oberen Hinterfußwurzel-Mittelgelenke (*Articulatio talocalcaneocentralis et calcaneoquartalis*), das untere Hinterfußwurzel-Mittelgelenk (*Articulatio centrodistalis*) und die Hinterfußwurzel-Mittelfuß-Gelenke (*Articulationes tarsometatarsae*) (REED et al., 2014; SEMEVOLOS und COPE, 2005). Die Tarsalknochen einer Etage sind zusätzlich über die Hinterfußwurzel-Zwischengelenke (*Articulationes intertarsae*) miteinander verbunden.

Da die Bänder der *Articulatio tarsi* bei den Neuweltkameliden bisher nicht genauer beschrieben wurden, werden im Folgenden die Bänder am Dromedar (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c) dargestellt.

Die Seitenbänder des Sprunggelenks sind gut entwickelt und es sind sowohl lange als auch kurze ausgebildet. Das *Lig. collaterale tarsi mediale longum* entspringt am *Malleolus medialis* der Tibia, verbindet sich mit dem mittleren Tarsalknochen und inseriert proximomedial am *Metatarsus*. Das kurze mediale Seitenband wird in eine *Pars tibiotalaris* und eine *Pars tibio calcanea* unterteilt. Ein starkes breites Band liegt dorsal des langen medialen Seitenbandes und verbindet den *Talus* mit dem *Metatarsalknochen*. Dieses verdeckt teilweise den Ansatz des *M. fibularis tertius*.

Das *Lig. collaterale tarsi laterale longum* hat seinen Ursprung am *Os malleolare*, verbindet sich in seinem Verlauf mit den lateralen Tarsalknochen und setzt am proximalen Ende des *Mittelfußknochens* an. Das kurze laterale Seitenband besteht aus einer Verbindung zwischen Schien- und Fersenbein und einem starken Band zwischen der Basis des *Calcaneus* und dem *Mittelfußknochen* (*Pars calcaneometatarsae*). Es liegt hinter dem langen lateralen Seitenband und ist mit ihm verschmolzen.

Ein kräftiges schräges Band entspringt dorsolateral am distalen Endstück der Tibia und zieht in Verbindung mit dem kurzen lateralen Seitenband zum *Calcaneus*. Auf der Dorsalseite des Sprunggelenks zieht ebenso ein *Lig. obliquum* vom *Talus* zum *Os tarsale quartum* sowie zum *Calcaneus*. Mehrere kurze Querbänder verbinden den *Talus* mit dem *Calcaneus*, das *Os tarsi centrale* mit dem *Os tarsale quartum* und das *Os tarsale quartum* auch mit dem miteinander verschmolzenen *Os tarsale secundum et tertium*.

Das *Lig. plantare longum* besteht aus einem lateralen Ast, der seinen Ursprung am *Tuber calcanei* hat. Es verbindet sich mit der plantaren Fläche des *Calcaneus* und setzt am *Hintermittelfußknochen* sowie am vierten Tarsalknochen an. Es ist nach distal durchgängig bis zum Ursprung des *M. interosseus medius*. Der lange mediale Ast entspringt ebenso am *Fersenbeinhöcker* und liegt auf der Plantarseite des lateralen Astes. Dieser Teil umschließt teilweise die Sehne des oberflächlichen Zehenbeugers und läuft in einem Faszienblatt dünn aus, welches sich von *plantar lateral* und *medial* um den *Metatarsalknochen* legt um die

Beugesehnen in ihrem Verlauf zu fixieren. Die Sehne des M. flexor digitorum profundus passiert zwischen dem lateralen und dem medialen Ast, um die Plantarseite des M. interosseus medius zu erreichen.

Kurze plantare Bänder verbinden den Calcaneus mit dem Talus und später mit dem vierten Tarsalknochen.

Es gibt beim Dromedar vier Gelenkhöhlen, wobei die proximale am geräumigsten ist und über einen dorsalen und einen plantaren Reccessus verfügt. Die beiden oberen Gelenkkapseln kommunizieren beim Dromedar miteinander (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c).

Die Kommunikation der einzelnen Ebenen im Sprunggelenk wurde beim Lama genauer untersucht. In dieser Arbeit wiesen alle Gelenke eine Verbindung zwischen der *Articulatio tarsocruralis* und den *Articulationes talocalcaneocentralis* et *calcaneoquartalis* auf. Bei gut einem Drittel (37 %) kommunizierten die proximalen Intertarsalgelenke mit dem distalen Intertarsalgelenk und dem Tarsometatarsalgelenk. Eine Kommunikation aller vier Gelenkabschnitte konnte in etwa 25 Prozent nachgewiesen werden. Zudem war in ca. einem Fünftel der Fälle (23 %) bei der Gegenüberstellung von linker und rechter Gliedmaße des gleichen Tieres eine unterschiedliche Kommunikation sichtbar (SEMEVOLOS und COPE, 2005).

Die Punktion der *Articulatio tarsocruralis* erfolgte bei den Versuchen von dorsal, medial oder lateral der Strecksehne, bei den proximalen Intertarsalgelenken etwas weiter distal an der Verbindung zwischen dem Talus und dem Calcaneus. Die distalen Intertarsalgelenke wurden medial zwischen dem Ende des *Os tarsi centrale* und dem *Os tarsale secundum* punktiert. Um die *Articulatio tarsometatarsae* zu punktieren wurde seitlich zwischen dem *Os tarsale quartum* und dem *Os metatarsale secundum* eingestochen (SEMEVOLOS und COPE, 2005).

2.2.2.5 Zehengelenke (*Articulationes pedis*)

Die Zehengelenke unterhalb des Sprunggelenks werden in der Literatur nicht thematisiert. In der Literatur zum Lama (CONSTANTINESCU et al., 2008b), zum Dromedar (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c) und auch zu anderen Haussäugetieren (LIEBICH et al., 2019b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2020a) wird auf Grund der großen Ähnlichkeit stets auf die Darstellung an der Schultergliedmaße verwiesen. Deshalb erfolgt an dieser Stelle die Beschreibung der Zehengelenke an der Schultergliedmaße des Alpakas (GÖTZ, 2019).

Die proximalen Zehengelenke, auch Fesselgelenk genannt, bestehen beim Alpaka aus zwei voneinander getrennten Gelenkhöhlen. Sie besitzen jeweils sowohl dorsal als auch palmar

einen Recessus. Die dorsale Gelenkaussackung ist zur Haut hin fibrös verdickt, während die Gelenkkapsel auf der palmaren Seite Teil der Gelenke mit den proximalen Sesambeinen ist. Die Bänder des Fesselgelenks lassen sich beim Alpaka grob in drei Bereiche untergliedern: die Seitenbänder, die Zwischenzehnbänder und die Bänder der Sesambeine. An beiden Zehengrundgelenken gibt es ein axiales und ein abaxiales Kollateralband. Sie entspringen in den jeweiligen Bandgruben axial und abaxial der metakarpalen Gelenkwalze des Os metacarpale III et IV und ziehen axial bzw. abaxial bis an das proximale Ende der jeweiligen Phalanx proximalis. Ein feines Lig. interdigitale proximale findet sich zwischen den beiden Zehen im proximalen Interdigitalspalt.

Die Bänder der Sesambeine lassen sich in proximale, mittlere und distale Bänder unterteilen. Der M. interosseus stellt dabei das proximale Sesambeinband dar. Während bei Jungtieren noch einige muskuläre Fasern vorhanden sein können, ist der M. interosseus bei adulten Tieren makroskopisch beurteilt rein sehnig. Er entspringt an der distalen Reihe der Karpalknochen sowie am proximalen Ende des Os metacarpale III et IV und erhält von den Kollateralbändern sowie den palmaren Längsbändern des Karpalgelenks Zuschüsse. Sein medialer Ursprung ist weniger stark ausgebildet als der laterale. Er teilt sich proximal des Fesselgelenks in zwei Schenkel, welche zu den abaxialen Sesambeinen ziehen. Von diesen beiden Schenkeln zweigen sich am Fesselgelenk feine Unterstützungsäste an die Strecksehnen ab. Zwischen den beiden abaxialen Schenkeln liegt die sog. Mittelplatte, die wiederum jeweils einen Schenkel an die axiale Sesambeine abgibt. Die V. mediana tritt durch die Mittelplatte, welche anschließend einen Interdigitalschenkel ausbildet, der zwischen den beiden Fesselgelenken hindurchzieht und in den axialen Teil der Strecksehne übergeht. Die Sesambeine des Fesselgelenks werden durch die mittleren Sesambeinbänder und an der jeweiligen Zehe verbunden. Lateral und medial werden die beiden abaxialen Sesambeine von den Ligg. sesamoidea collateralia laterale et mediale mit den Zehenknochen verbunden. Zusätzlich verbindet das Lig. palmare laterale und mediale das jeweilige abaxiale und axiale Sesambein einer jeden Zehe miteinander und bildet gleichzeitig mit seiner glatten Oberfläche das Scutum proximale für die Beugesehnen. Die Beugesehnenpakete werden jeweils von einem Lig. anulare palmare an jeder Zehe gehalten. Ein zusätzliches Lig. intersesamoideum interdigitale ist beim Alpaka nur schwach ausgebildet.

Die Ligg. sesamoidea recta und die Ligg. sesamoidea cruciata sind beim Alpaka als distale Sesambeinbänder ausgebildet.

2.2.3 Muskeln

Die Muskulatur der Beckengliedmaße ist Teil des aktiven Bewegungsapparates und besteht aus quergestreifter Muskulatur dessen Ursprung Zellen des mittleren Keimblatts (Mesoderm) stellen (LIEBICH et al., 2019a).

An der Hintergliedmaße kann man zwei Gruppen an Muskulatur unterscheiden: zum einen die Beckengürtelmuskulatur und zum anderen die Eigenmuskulatur der Beckengliedmaße (SALOMON, 2020a). In dieser Arbeit liegt der Fokus vor allem auf der Eigenmuskulatur der Beckengliedmaße, weshalb auf die Beckengürtelmuskulatur nicht weiter eingegangen wird. Im Vergleich zur Schultergliedmaße ist die Eigenmuskulatur der Beckengliedmaße deutlich kräftiger und komplexer ausgebildet, da sie vor allem für die Vorwärtsbewegung des gesamten Körpers verantwortlich ist. Ein Großteil der Muskeln zieht über mehrere Gelenke hinweg und ihre teilweise sehr kräftigen Muskelbäuche sind im proximalen Bereich der Gliedmaße zu finden. Sie ist an der Ausbildung der Kruppe beteiligt, wo sie auch auf die Muskulatur des Stammes mit übergreift und die sogenannte Hinterbacke formt. Nach distal nimmt die Masse der Muskelbäuche schnell ab, so dass auf Höhe der distalen Gelenke nur noch Sehnen und kleinere besondere Muskeln anzutreffen sind (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die Eigenmuskulatur der Beckengliedmaße kann funktionell in vier Gruppen unterteilt werden: die Muskeln des Hüftgelenks, die Muskeln des Kniegelenks, die Muskeln des Sprunggelenks und die Muskeln der Hinterzehen (LIEBICH et al., 2019b).

2.2.3.1 Muskeln des Hüftgelenks

Die Muskeln des Hüftgelenks kann man in die äußeren Hüft- und Kruppenmuskeln, die Hinterbackenmuskeln, die medialen Oberschenkelmuskeln und die tiefen Hüftgelenksmuskeln aufgliedern.

Äußere Hüft- und Kruppenmuskeln

Zu dieser Gruppe von Muskeln gehören der M. gluteus superficialis, M. gluteus medius, M. gluteus accessorius, M. gluteus profundus und der M. tensor fasciae latae.

Der **M. gluteus superficialis** unterscheidet sich beim Lama, ebenso wie die anderen Muskeln dieser Gruppe, vom Aufbau und Verlauf her nicht von dem der Gattung *Camelus* (LESBRE, 1903b). Beim Dromedar ist er funktionell, wenn auch nicht vollständig, zum M. gluteobiceps verschmolzen (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Für das Alpaka wird er als eigenständiger, schmaler und dünner Muskel, mit dreieckiger Form, beschrieben (DOS SANTOS ROMERO, 2014), aber auch als verschmolzener M. gluteobiceps

dargestellt (JOHNSON, 2006). Er entspringt am Tuber coxae und am mittleren Kreuzbeinkamm. Der fleischige Körper geht kaudoventral in eine flache breite Sehne über, die an der Tuberositas glutea am Corpus ossis femoris ansetzt (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Beim Dromedar wird der Anteil des M. gluteus superficialis als leicht vom kaudal anliegenden M. biceps femoris zu separierender Muskel beschrieben, dessen starke und breite Endsehne auf Höhe des Trochanter major mit der kranialen Kante des M. biceps femoris verschmilzt und somit an der Lateralfäche der Patella inseriert. Die Ansatzstelle der Endsehne wird von einem Schleimbeutel unterlagert (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Der M. gluteus superficialis wird als Abduktor des Oberschenkels beschrieben (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Der **M. gluteofemoralis**, verläuft beim Alpaka kaudal des M. gluteus superficialis und konnte leicht mit dem Ursprung des M. biceps femoris verwechselt werden. Seinen Ursprung nimmt er an der Spina iliaca dorsalis, den Ligg. sacroiliaca dorsalia und zum Teil am Lig. sacrotuberale und inseriert lateral an der Patella (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Er bildet den kranialen Anteil des M. gluteobiceps. Dieser Muskel wird als fleischiger Muskel am Kreuzbein und Lig. sacrotuberale entspringend und ins Retinaculum patellae laterale ziehend, auch von einem Autor beim Lama beschrieben (GALOTTA et al., 1994a)³.

Der **M. gluteus medius** ist der größte und kräftigste der Glutäalmuskulatur. Er liegt unter dem M. gluteus superficialis und der Fascia glutea und bedeckt den größten Teil des Darmbeinflügels. Seinen Ursprung hat dieser Muskel am kraniodorsalen Teil des Darmbeinflügels, auf der durch die Linea glutea dorsalis abgegrenzten Fläche. Sein sehniges Ende inseriert am Trochanter major des Oberschenkelknochens (DOS SANTOS ROMERO, 2014; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Für das Dromedar wird zusätzlich noch eine kleine separate Portion, die als **M. piriformis** angesehen wird, beschrieben, welche ebenfalls am Trochanter major ansetzt (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Der M. gluteus medius ist ein Strecker des Hüftgelenks und maßgeblich an dem Vorwärtsführen der Gliedmaße beteiligt (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Der **M. gluteus accessorius** besteht aus einem flachen, fleischigen Anteil, dessen Oberfläche von einer Aponeurose überzogen wird, die in kaudoventraler Richtung verstärkt wird (DOS SANTOS ROMERO, 2014; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Seinen Ursprung hat er in der Fascia glutea am Darmbeinflügel und zieht mit seiner Endsehne zum Trochanter major (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Für das Dromedar wird er als tiefer Anteil des M. gluteus medius beschrieben (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987a). Er wirkt

³ Unklar ist bei beiden Autor/innen, ob es sich nicht eher um die Beschreibung des M. gluteus superficialis handelt und dieser fälschlicherweise als M. gluteofemoralis bezeichnet wurde.

als Abduktor auf den Oberschenkel und unterstützt den *M. gluteus medius* bei der Streckung der Gliedmaße (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Der ***M. gluteus profundus*** liegt beim Alpaka als relativ dünner, breiter Muskel kraniodorsal des Hüftgelenks (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Für das Dromedar wird als wesentlich umfangreicher und kräftiger als bei anderen Haussäugetieren beschrieben. Er erstreckt sich vom Flügel und Körper des Darmbeins sowie vom Kreuzbeinkamm, bis zum Trochanter major (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Er ist ein Abduktor der Gliedmaße und ein Strecker des Oberschenkels (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Der ***M. tensor fasciae latae*** bildet mit seiner dreieckigen Form die kraniale Kante des Oberschenkels. Sowohl beim Alpaka als auch beim Dromedar hat dieser Muskel seinen Ursprung am Tuber coxae (DOS SANTOS ROMERO, 2014; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Sein fleischiger Anteil reicht vom Hüftgelenk bis zur Hälfte des Oberschenkelknochens hinunter und bedeckt somit den proximalen Teil des *M. rectus femoris* (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Anschließend geht er in die Oberschenkelfaszien über (DOS SANTOS ROMERO, 2014; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e), wobei er lateral in die Fascia lata und medial in die Fascia femoralis einstrahlt. Durch die Fascia lata hat er lateral indirekt seinen Ansatz an der Patella und durch die Fascia femoralis medial indirekt am Epicondylus medialis ossis femoris, der Patella und der Tuberositas tibiae (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e).

Hinterbackenmuskeln

Die Hinterbacke wird vom *M. biceps femoris* bzw. *M. gluteobiceps*, *M. semitendinosus* und *M. semimembranosus* gebildet.

Der ***M. biceps femoris*** liegt kaudolateral am Oberschenkel. Er wird, wie oben beim *M. gluteus superficialis* schon erwähnt, unterschiedlich beschrieben. So wird er beim Lama und beim Dromedar als *M. gluteobiceps* dargestellt (LESBRE, 1903b; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Beim Alpaka wird er ebenfalls als *M. gluteobiceps* bezeichnet, allerdings verschmilzt der *M. biceps femoris* nicht mit dem *M. gluteus superficialis* sondern mit einem direkt daneben liegenden *M. gluteofemoralis* (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Seinen Ursprung hat der fast vollständig fleischige *M. biceps femoris* am Tuber ischiadicum, zusammen mit dem *M. semitendinosus* (DOS SANTOS ROMERO, 2014; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). In seinem weiteren Verlauf steht er mit dem *M. semitendinosus* in Kontakt und erst an ihrem distalen Ende teilen sie sich auf, um dem proximalen Teil des *M. gastrocnemius* Raum zu geben. Medial liegt der *M. gluteobiceps* in direkter Nachbarschaft mit dem *M. semimembranosus*, den *Mm. adductores*, dem *N. ischiadicus* und dem *N. fibularis communis* sowie dessen Ausläufern. Seine Aponeurose zieht lateral an die

Patella bzw. strahlt in die Fascia cruris ein (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Für das Dromedar wird zusätzlich eine Abspaltung der Aponeurose zur Achillessehne beschrieben (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e).

Der **M. abductor cruris caudalis** wird nur für das Lama als langer und schmaler Muskel beschrieben, der im medialen Drittel der Facies aspera ossis femoris entspringt und in einer Verbindung mit der Aponeurose des M. biceps femoris endet (GALOTTA et al., 1994a).

Der **M. semitendinosus** ist beim Alpaka ein langer Muskel der die laterale kaudale Kante des Oberschenkels bildet. Er zieht von der ventralen Seite des Tuber ischiadicum, medial des M. biceps femoris distal bis an den kaudomedialen Rand der Tuberositas tibiae, wo er zusammen mit dem M. biceps femoris die Kniekehle bildet. Medial am Oberschenkel sind ihm der M. semimembranosus und die Mm. adductores aufgelagert. Er ist zusammen mit dem M. biceps femoris ein Beuger des Kniegelenks (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Beim Lama und beim Dromedar ist zusätzlich eine zweite Endsehne, welche in Richtung Calcaneus zur Achillessehne zieht, beschrieben (GALOTTA et al., 1994a; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e).

Der **M. semimembranosus** hat beim Dromedar durch seine doppelbäuchige Erscheinung ein charakteristisches Aussehen (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Er liegt im Übergang zwischen kaudalem und medialem Oberschenkel, kranial zum M. semitendinosus. Wie dieser und der M. biceps femoris entspringt der M. semimembranosus ebenso am Tuber ischiadicum. Im Gegensatz zu diesen beiden Muskeln liegt sein Ansatz beim Alpaka nicht so weit distal, da er bereits am Epicondylus medialis ossis femoris endet (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Für das Lama und das Dromedar ist ein weiterer Ansatz an der Tuberositas tibiae und eine Einstrahlung in das Lig. collaterale mediale beschrieben (GALOTTA et al., 1994a; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Ihm liegen medial der M. gracilis, lateral der M. semitendinosus und der M. biceps femoris und kranial die Mm. adductores an. Er wirkt zum einen als Strecker des Hüftgelenks und zum anderen als Beuger des Beines (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Mediale Oberschenkelmuskeln

Medial am Oberschenkel unterscheidet man eine oberflächliche und eine tiefe Schicht an Muskeln. Die oberflächliche wird vom M. sartorius und vom M. gracilis gebildet. Der M. pectineus und der M. adductor stellen die tiefe Schicht dar (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Der **M. sartorius** ist ein langer Muskel, der beim Alpaka seinen Ursprung in der Fascia iliaca und an der medialen Seite des Os ilium nimmt und medial entlang des Oberschenkels bis an die Extremitas proximalis tibiae reicht. Kurz vorher verbindet sich die Endaponeurose mit der

des *M. gracilis*, ehe sie medial an die Rückseite der Tibia zieht. Sein kranialer Anteil steht mit dem *M. tensor fasciae latae* in Verbindung. In seinem proximalen Verlauf überquert er den Ansatz des *M. psoas major* und anschließend den medialen Bauch des *M. quadriceps femoris*. Seine kaudale Kante bildet den kranialen Rand des Schenkeldreiecks (*Trigonum femoris*) in dem die A. und V. sowie der N. femoralis verlaufen. Er ist v. a. ein Adduktor der Gliedmaße (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Der ***M. gracilis*** bedeckt die mediale Seite des Oberschenkels und erstreckt sich von der Beckensymphyse bis zur *Extremitas proximalis tibiae*. Die Endaponeurose geht in die *Fascia cruris* über. Oberflächlich liegt ihm die mediale Oberschenkelfaszie auf, während er den *M. pectineus*, den *M. adductor* und teilweise den *M. semimembranosus* bedeckt. Die kraniale Kante des *M. gracilis* bildet beim Alpaka die kaudale Begrenzung des *Trigonum femoris*. Er fungiert als Adduktor des Beines sowie der gesamten Extremität und ist zusätzlich ein Spanner der *Fascia cruris* (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Der ***M. pectineus*** liegt beim Alpaka distal des Schambeins und kranial der *Mm. adductores*, auf dem Grund des Schenkeldreiecks (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Er hat seinen Ursprung, ebenso wie beim Lama, an der Ventralseite des *Os pubis* sowie am *Pecten ossis pubis* und endet am *Labium mediale der Facies aspera* bis zum *Condylus medialis ossis femoris* (DOS SANTOS ROMERO, 2014; GALOTTA et al., 1994a). Mit seiner Lage stellt er die mediale Begrenzung des *Trigonum femoris* dar. Wie auch zuvor schon die anderen Muskeln dieser Region, ist er ein Adduktor des Oberschenkels (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Der ***M. adductor*** tritt beim Alpaka, anders als für das Lama und das Dromedar (GALOTTA et al., 1994a; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e), als einzelner Muskel auf und liegt kaudal des *M. pectineus* sowie kranial zum *M. semimembranosus* (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Für das Lama und das Dromedar hingegen werden zwei Muskelbäuche, *M. adductor magnus* und *M. adductor brevis*, beschrieben (GALOTTA et al., 1994a; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Da beim Alpaka keine weitere Beschreibung dieses Muskels erfolgte, wird auf die Literatur zu Lama und Dromedar zurückgegriffen. Bei diesen beiden Arten nimmt der deutlich kräftigere *M. adductor magnus* seinen Ursprung an der *Symphysis pelvis* und an der Ventralfläche des *Os ischii*. Der kleinere *M. adductor brevis* entspringt an der Ventralfläche des *Os pubis*. Ihr gemeinsamer Ansatz findet sich beim Lama sowie beim Dromedar auf der kaudalen Seite des *Os femoris* in der *Facies aspera* (GALOTTA et al., 1994a; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Seinem Namen entsprechend ist er ein Adduktor (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Tiefe Hüftgelenksmuskeln

Die tiefen Muskeln des Hüftgelenks sind weder beim Alpaka noch beim Lama beschrieben, weshalb ihre Erläuterung an Hand des Dromedars erfolgt (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Zu ihnen zählen der M. obturatorius internus und externus, die Mm. gemelli, der M. quadratus femoris und der M. articularis coxae. Die ersten vier Muskeln werden zusammen auch als „kleine Beckengesellschaft“ bezeichnet (LIEBICH et al., 2019b).

Der **M. obturatorius internus** ist, wie sonst nur bei Pferd und Fleischfressern (LIEBICH et al., 2019b), beim Dromedar vorhanden. Er hat seinen Ursprung am Darmbeinschaft, an der intrapelvinen Fläche des Sitzbeins und um das Foramen obturatum des Schambeins. Seine Sehne zieht über die Incisura ischiadica minor, wo sie von einem Schleimbeutel unterlagert wird. In der Fossa trochanterica inseriert er gemeinsam mit den Mm. gemelli. Die in der Region der Symphyse entstehenden Fasern bedecken das Foramen obturatum und den intrapelvinen Anteil des M. obturatorius externus (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Er fungiert bei den Fleischfressern und beim Pferd als Auswärtsdreher des Oberschenkels und ist ein Hilfsstrecker der Hüfte (LIEBICH et al., 2019b).

Der **M. obturatorius externus** entspringt beim Dromedar intra- und extrapelvin des Foramen obturatum sowie an der Ventralfläche des Os pubis und am Os ischii nahe der Facies symphysialis. Er ist ein trichterförmiger Muskel, der das Foramen obturatum ausfüllt und distal der Mm. gemelli in der Fossa trochanterica inseriert (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Seine Wirkung hat er als Supinator des Os femoris und als Adduktor der Gliedmaße der Haussäugetiere (LIEBICH et al., 2019b).

Die **Mm. gemelli** sind gut entwickelt. Sie entspringen am Corpus ossis ischii unter der Incisura ischiadica minor und setzen an in der Fossa trochanterica an. Der kaudale Teil ist besonders prominent und nimmt seinen Ursprung am Lig. sacrotuberale. Die Sehne des M. obturatorius internus formt eine Rinne zwischen den kranialen und dem kaudalen Anteil der Mm. gemelli (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Sie wirken bei den Haussäugetieren als Auswärtsdreher der Gliedmaße (LIEBICH et al., 2019b).

Der riemenartige **M. quadratus femoris** zieht von der Tabula ossis ischii bis an die Kaudalfläche des Os femoris auf Höhe des Trochanter major (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Bei den Haussäugetieren ist er ein Hilfsstrecker des Hüftgelenks und zudem ein Rückwärtsführer der Gliedmaße (LIEBICH et al., 2019b).

2.2.3.2 Muskeln des Kniegelenks

Die Streckung des Kniegelenks bewirkt primär der M. quadriceps femoris. Ein weiterer Muskel, der ausschließlich das Kniegelenk bewegt, ist der M. popliteus. Darüber hinaus beeinflussen zahlreiche weitere Muskeln die Bewegung des Kniegelenks. Allen voran sind

daran die zuvor schon beschriebenen Hinterbackenmuskeln durch ihren Verlauf über mehrere Gelenke sekundär auch an deren Beugung und Streckung beteiligt (LIEBICH et al., 2019b).

Der **M. quadriceps femoris** bedeckt mit seiner voluminösen fleischigen Masse die gesamte kraniale und laterale Fläche des Os femoris. Er setzt sich aus vier Köpfen zusammen, die ihrer Lage bzw. ihrem Verlauf entsprechend benannt sind. Dazu zählen der M. rectus femoris, der M. vastus lateralis, der M. vastus medialis und der M. vastus intermedius. Alle vier Köpfe inserieren an der Kniescheibe (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Der M. quadriceps femoris streckt das Kniegelenk, fixiert es aber auch (LIEBICH et al., 2019b). Da es für das Alpaka keine tiefere weiterführende Beschreibung der einzelnen Muskelbäuche gibt, wird nachfolgend mit der Literatur zum Lama und zum Dromedar gearbeitet.

Der *M. rectus femoris* entspringt beim Lama in den Areae lateralis und medialis musculi recti femoris am Os ilium in einer Sehne (GALOTTA et al., 1994a). Beim Dromedar liegt der Ursprung weiter kranial und ist umfangreicher als bei anderen Haussäugetieren. Er zieht von der lateroventralen Grenze des Darmbeinschaftes kranial bis zum Ansatz des M. articularis coxae (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Er verschmilzt über die Hälfte seiner Länge mit dem M. vastus lateralis und mit dem M. vastus medialis (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Seinen Ansatz findet er sowohl beim Lama als auch beim Dromedar proximal an der Patella (GALOTTA et al., 1994a; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Durch seinen höher gelegenen Ursprung am Os ilium unterstützt der M. rectus femoris neben der Streckung des Kniegelenks auch die Beugung des Hüftgelenks (LIEBICH et al., 2019b).

Der am stärksten entwickelte Bauch des M. quadriceps femoris ist der *M. vastus lateralis*. Er entspringt lateral am Os femoris auf Höhe des Trochanter major und sein Muskelbauch endet an der proximolateralen Kante der Patella (GALOTTA et al., 1994a; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Für das Lama ist zusätzlich noch ein weiterer Ansatz an der Sehne des M. rectus femoris beschrieben (GALOTTA et al., 1994a). Es kommt beim Dromedar zu einer fibrösen Verschmelzung mit dem M. rectus femoris in der proximalen Hälfte ihres parallelen Verlaufes (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e).

Der *M. vastus medialis* bildet den medialen Anteil des M. quadriceps femoris. Seinen Ursprung nimmt er an der medialen Fläche des Os femoris und setzt proximomedial an der Patella an (GALOTTA et al., 1994a; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). An seiner kaudalen Kante liegt ihm der M. pectineus an und mit seinem kranialen Anteil bedeckt er den M. vastus intermedius (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e).

Der *M. vastus intermedius* liegt kranial, verdeckt von den drei vorherigen Muskelbäuchen, dem Os femoris direkt auf (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Er ist beim Lama

zweigeteilt und entspringt im proximalen Drittel lateral und medial am Os femoris. Die jeweilige Endsehne inseriert entsprechend proximolateral bzw. –medial an der Patella (GALOTTA et al., 1994a). Sein Ansatz liegt direkt über der Gelenkkapsel des Femoropatellargelenks (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e).

Der platte und dreieckige **M. popliteus** liegt beim Alpaka auf der kaudalen Seite des Knies. Seine Ursprungssehne kommt aus der Fossa musculi poplitei des Condylus lateralis ossis femoris. Anschließend geht sie fächerförmig in einen fleischigen Muskelbauch über. Dieser zieht quer über die Kniekehle, ehe er an der Linea musculi poplitei auf der kaudomedialen Seite der Tibia ansetzt. Kaudal verläuft neben dem M. popliteus der M. gastrocnemius, der M. flexor digitorum superficialis und der N. tibialis. Über seinen lateralen Rand hat er Kontakt zu den Anteilen des M. flexor digitorum profundus (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Er ist ein Beuger des Kniegelenks und durch seinen Verlauf von kranio-lateral nach kaudomedial auch ein Pronator des Unterschenkels (LIEBICH et al., 2019b).

2.2.3.3 Muskeln des Sprunggelenks

Die Muskeln am Unterschenkel sind beim Alpaka auf die Extension und Flexion des Tarsus und der Zehen spezialisiert. Die Bewegungen des Sprunggelenks sind zusammen mit denen der Zehengelenke um die Tibia und die rudimentäre Fibula angeordnet. Anders als an der Schultergliedmaße liegen die Beuger des Sprunggelenks zusammen mit den Streckern der Zehengelenke kranio-lateral am Unterschenkel und die Streckern des Sprunggelenks liegen gemeinsam mit den Beugern der Zehengelenke kaudal am Unterschenkel (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Zu den Beugern des Sprunggelenks gehören der M. tibialis cranialis, der M. fibularis tertius und der M. fibularis longus.

Der **M. tibialis cranialis** besteht beim Alpaka in seinem proximalen Abschnitt aus einem fleischigen flachen Muskelbauch und in seinem distalen Abschnitt aus einer langen Sehne. Er entspringt an der proximolateralen Fläche der Tibia. Seine Sehne inseriert auf der Dorsalfläche am proximalen Ende des Os metatarsale III. Der M. tibialis cranialis liegt medial des M. extensor digitorum longus und sein proximaler fleischiger Anteil wird von diesem und dem M. fibularis tertius größtenteils bedeckt (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Beim Dromedar liegt er direkt der Tibia auf und ist damit der am tiefsten gelegene der kranialen Muskelgruppe. In seinem distalen Abschnitt verläuft die Endsehne zusammen mit den vom M. extensor digitorum longus und M. fibularis tertius in einer Sehnenscheide und wird in ihrem Ansatz von einem Schleimbeutel unterlagert (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e).

Zu den Beugern des Sprunggelenks zählt auch der **M. fibularis tertius**, der sich beim Alpaka aus einem Muskelbauch und einer langen Endsehne zusammensetzt, welche sich in

zwei Äste aufteilt. Sein Ursprung liegt in der Fossa extensoria am Condylus lateralis ossis femoris zusammen mit dem M. extensor digitorum longus, von dem er dort auch verdeckt wird. Seine Sehne reicht bis auf die proximale dorsale Fläche des Os metatarsale III (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Er stellt beim Dromedar den kranialsten Muskel dar. Er ist in seinem proximalen Verlauf zunächst mit dem M. extensor digitorum longus verschmolzen, ehe sich die Bäuche trennen und sich seine Sehne dorsal in der Mitte der Tarsalregion in drei Anteile aufspaltet. Im distalen Bereich des Unterschenkels wird seine Sehne, zusammen mit der des M. extensor digitorum longus von einem quer verlaufenden Ringband gehalten und sie verlaufen gemeinsam mit der des M. tibialis cranialis in einer Sehnenscheide. Der erste der drei Sehnenäste setzt an der lateralen Fläche des Os tarsale IV, über der Sehne des M. fibularis longus an. Der zweite zieht dorsal am Os tarsale II et III und zur Tuberositas ossis metatarsalis III. Der dritte Ast inseriert sowohl medial am Os tarsale II et III als auch proximal am Os metatarsale III (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e).

Der dritte Tarsalbeuger ist der **M. fibularis longus**. Er liegt oberflächlich und kaudolateral zum M. extensor digitorum longus und besteht aus einem fleischigen Muskelbauch und einer langen Endsehne. Diese verläuft in einer Furche (Sulcus tendinis m. fibularis longi) des Os malleolare, welche nach plantar gerichtet ist, und überquert anschließend die Facies plantaris des Tarsus nach medial (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Beim Dromedar entspringt dieser Muskel dem Condylus lateralis tibiae und bedeckt den M. extensor digitorum lateralis fast vollständig. Der Verlauf seiner Sehne entspricht dem des Alpakas und inseriert am Os tarsale I (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e).

Der einzige Strecker des Sprunggelenks ist beim Alpaka der **M. gastrocnemius**, da der M. soleus bei den Neuweltkameliden nicht ausgebildet ist (CONSTANTINESCU et al., 2008b; DOS SANTOS ROMERO, 2014; LESBRE, 1903b). Ein Autor beschreibt den M. soleus beim Lama als einen sehr zarten Strang, der vom Fibulakopf bis in eine Aponeurose des Caput laterale des M. gastrocnemius einstrahlt (GALOTTA et al., 1994a). Der M. gastrocnemius besteht beim Alpaka aus zwei voluminösen, fleischigen Köpfen, dem Caput laterale und dem Caput mediale. Sie werden teilweise von den Muskeln am kaudalen Oberschenkel verdeckt. Die beiden Köpfe entspringen jeweils am entsprechenden Tuberculum supracondylare ossis femoris. In der Mitte des Unterschenkels vereinigen sie sich in einer starken Sehne, die zum Tuber calcanei zieht (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Die Sehne des M. gastrocnemius bildet die Achillessehne (Tendo calcaneus communis), zusammen mit der des M. flexor digitorum superficialis, welcher ebenfalls von einem Schleimbeutel (Bursa calcanea m. flexoris digitorum supf.) unterlagert wird (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e), und den entsprechenden Anteilen des M. glutaebiceps sowie des M. semitendinosus (GALOTTA et al., 1994a). Ihrem gemeinsamen Ansatz ist ein

Schleimbeutel (Bursa tendinis calcanei) direkt zwischen ihr und dem Knochen (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e) eingelagert.

2.2.3.4 Muskeln der Zehengelenke

Die Zehenmuskeln können in lange und kurze Muskeln aufgeteilt werden.

Lange Zehenmuskeln

Die langen Zehenmuskeln lassen sich in Beuger und Strecker unterteilen. Ihre Anordnung am Unterschenkel erfolgt, wie bereits zuvor beschrieben, in direkter Nachbarschaft mit den Muskeln des Sprunggelenks, wonach die Zehenstrecker zusammen mit den Beugern des Tarsus kraniallateral und die Zehenbeuger gemeinsam mit den Streckern des Tarsus kaudal am Unterschenkel liegen (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Zu den Zehenstreckern zählen beim Alpaka der M. extensor digitorum longus und der M. extensor digitorum lateralis. Der M. flexor digitorum superficialis und der M. flexor digitorum profundus mit drei Anteilen (M. tibialis caudalis, M. flexor digitorum lateralis und M. flexor digitorum medialis) stellen die Zehenbeuger an der Beckengliedmaße des Alpakas dar (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Der **M. extensor digitorum longus** befindet sich lateral des M. tibialis cranialis. Er zieht von der Extremitas distalis des Os femoris bis zu den Zehen. Der fleischige Körper nimmt seinen Ursprung in einer starken proximalen Sehne, welche zusammen mit der des M. fibularis tertius in der Fossa extensoria am Condylus lateralis ossis femoris entspringt und anschließend durch den Sulcus extensorius der Tibia zieht. Im Alpaka spaltet sich der M. extensor digitalis longus in zwei Muskelbäuche auf, der mediale reicht an die mediale Zehe und der laterale zieht an beide der Zehen. Die Äste der Strecksehnen bekommen, wie an den Vorderzehen, jeweils einen Unterstützungsast vom M. interosseus medius ehe sie jeweils an der Phalanx distalis ansetzen. Sein Muskelbauch ist von der Fascia cruris sowie medial vom M. fibularis tertius bedeckt. Die distalen Sehnen werden zusätzlich von einem Retinaculum fixiert. Er ist ein Zehenstrecker und ein Beuger des Sprunggelenks (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Der **M. extensor digitorum lateralis** ist der kaudalste Muskel der kraniallateralen Gruppe. Er ist beim Alpaka der Strecker der lateralen Zehe. Seinen Ursprung nimmt er an der Fibula (DOS SANTOS ROMERO, 2014), falls vorhanden, bzw. beim Dromedar am Condylus lateralis tibiae (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Der zunächst fleischige Körper geht in der Mitte des Unterschenkels in seine Sehne über, die lateral, entlang des Tarsus bis auf die dorsale Seite der seitlichen Zehen zieht (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Beim Dromedar unterkreuzt seine Sehne die des M. fibularis longus, zieht lateral neben dem

M. extensor digitorum longus und endet am distalen Ende sowie abaxial distal an der Phalanx proximalis (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e).

Der **M. flexor digitorum superficialis** ist ein langer Muskel, der vom distalen Ende des Os femoris bis zur Phalanx media der dritten und vierten Zehe reicht. Er entspringt in einer kurzen Sehne gemeinsam mit dem Caput laterale des M. gastrocnemius in der Fossa supracondylaris ossis femoris. Darauf folgt ein kleiner fleischiger Körper, der dem Caput laterale des M. gastrocnemius von innen anliegt und zusätzlich vom Caput mediale des M. gastrocnemius umschlossen wird (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Seine Endsehne zieht gemeinsam mit den anderen Anteilen des gemeinsamen Fersenstranges zum Tuber calcanei. Auf dem Weg dorthin windet sich die oberflächliche Beugesehne über medial nach plantar um die Achillessehne und zieht auf der Plantarseite des Fußes weiter zur jeweiligen Phalanx media. Im Bereich des Metatarsus liegt sie der tiefen Beugesehne auf und verhält sich ähnlich der oberflächlichen Beugesehne an der Schultergliedmaße (CONSTANTINESCU et al., 2008b). Im distalen Drittel des Metatarsus spaltet sich jede Sehne in zwei Teile auf und bildet auf Höhe der Articulationes metatarsophalangeae eine unvollständige Manica flexoria um die tiefe Beugesehne (GALOTTA et al., 1994a). Als oberflächliche Beugesehne wirkt dieser Muskel v. a. als Zehenbeuger, ist aber auch an der Streckung des Sprunggelenks und an der Beugung des Kniegelenks beteiligt (LIEBICH et al., 2019b).

Der **M. flexor digitorum profundus** setzt sich aus drei eigenständigen Muskeln zusammen: dem M. tibialis caudalis, dem M. flexor digitorum lateralis und dem M. flexor digitorum medialis (NAV, 2017). Der *M. tibialis caudalis* ist beim Alpaka ein langer, schwacher Muskel, der in der tiefen Schicht der kaudalen Muskeln der Tibia direkt anliegt. Er wird vom M. flexor digitorum lateralis und M. flexor digitorum medialis verdeckt (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Seinen Ursprung nimmt er zusammen mit dem M. flexor digitorum lateralis an der Facies caudalis unterhalb des Condylus lateralis der Tibia (DOS SANTOS ROMERO, 2014; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Seine Endsehne verschmilzt mit der des M. flexor digitorum lateralis (CONSTANTINESCU et al., 2008b; DOS SANTOS ROMERO, 2014). Der *M. flexor digitorum lateralis* entspringt wie zuvor beschrieben gemeinsam mit dem M. tibialis caudalis. Sein Muskelbauch geht rasch in eine lange, kräftige Sehne über, die auf Höhe des Sprunggelenks die Endsehne des M. tibialis caudalis aufnimmt (CONSTANTINESCU et al., 2008b). Distal am Unterschenkel zieht sie über das Sustentaculum tali und verbindet sich anschließend mit der Sehne des M. flexor digitorum medialis (CONSTANTINESCU et al., 2008b; LIEBICH et al., 2019b). Der *M. flexor digitorum medialis* entspringt etwas medial der anderen beiden Anteile auf gleicher Höhe an der Facies caudalis der Tibia. Seine Sehne zieht zunächst über den Os malleolus, ehe sie sich mit der der anderen beiden Anteile zur tiefen Beugesehne (Tendo communis) vereinigt (DOS SANTOS ROMERO, 2014; GALOTTA

et al., 1994a). Die tiefe Beugesehne hat einen mit der an der Schultergliedmaße vergleichbaren Verlauf (CONSTANTINESCU et al., 2008b; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Auf Höhe des distalen Drittels des Metatarsus spaltet sie sich auf, um an beiden Zehen auf der Facies plantaris der Phalanx distalis anzusetzen (GALOTTA et al., 1994a). Der *M. flexor digitorum profundus* beugt die Zehengelenke und unterstützt auch die Streckung des Tarsus (DOS SANTOS ROMERO, 2014).

Kurze Zehenmuskeln

Die kurzen Zehenmuskeln der Beckengliedmaße werden für das Alpaka in der Literatur nicht beschrieben. Somit erfolgt deren Beschreibung an Hand der Literatur zum Lama und zum Dromedar. Zu den kurzen Zehenmuskeln gehören bei den Kameliden der *M. extensor digitorum brevis*, der *M. quadratus plantae*, die *Mm. lumbricales* sowie die *Mm. interossei*.

Der ***M. extensor digitorum brevis*** ist nur für das Dromedar beschrieben. Er liegt distal des Tarsus zwischen der Sehne des *M. extensor digitorum longus* und des *M. extensor digitorum lateralis*. Er entspringt aus dem dorsalen fibrösen Überzug des Tarsus und lateral am *M. extensor digitorum longus* (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e).

Der ***M. quadratus plantae*** ist ein schlanker Muskel, der sonst nur bei Fleischfressern vorkommt (LESBRE, 1903b). Seinen Ursprung hat er beim Lama an der Facies medialis des Calcaneus, kaudal des Sustentaculum tali. Er inseriert an der Verschmelzungsstelle vom *M. flexor digitorum lateralis* mit dem *M. flexor digitorum medialis* zum *M. flexor digitorum profundus* und wird vom Retinaculum flexorum gehalten (CONSTANTINESCU et al., 2008b; GALOTTA et al., 1994a).

Die ***Mm. lumbricales*** zeigen sich an der Beckengliedmaße des Lamas als zwei kleine, symmetrische Muskelbäuche, die proximal der Fessel auf Höhe der Aufspaltung der tiefen Beugesehne entspringen. In ihrem weiteren Verlauf gehen sie in zwei dünne Sehnen über, die sich mit den Ästen der lateralen Sehne des *M. extensor digitorum longus* verbinden (CONSTANTINESCU et al., 2008b).

Die ***Mm. interossei*** an der Beckengliedmaße des Lamas ähneln denen an der Schultergliedmaße (CONSTANTINESCU et al., 2008b). An der Schultergliedmaße sind beim Lama für jede Gliedmaße zwei überwiegend sehnige *Mm. interossei* beschrieben (CONSTANTINESCU et al., 2008a). Sie entspringen an der Beckengliedmaße des Dromedars am Lig. plantare longum und auf der proximalen Facies plantaris ossis metatarsalis (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987a). In ihrem distalen Verlauf geben die *Mm. interossei* Unterstützungsäste an den auf der Facies dorsalis verlaufenden *M. extensor digitorum longus* ab (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Die beiden palmaren Sehnenstränge teilen sich an der Schultergliedmaße in je zwei symmetrisch verlaufende Stränge, welche an

jeweils einem der vier proximalen Sesambeine ansetzen (CONSTANTINESCU et al., 2008a). An der Beckengliedmaße sind die Ansatzstellen auf der Facies m. interossei an den proximalen Sesambeinen knorpelig. Diese Befestigung scheint sich bis zum proximalen Scutum an der Facies plantaris fortzusetzen (CONSTANTINESCU et al., 2008b).

2.2.4 Nerven

Es gibt keine ausführlichen und zusammenhängend beschriebenen Veröffentlichungen zu den Nerven bei Lamas und Alpakas (FOWLER, 2010f; KLIMEK und REPERT, 2018). Die meisten Arbeiten befassen sich mit spezifischen Nerven einer begrenzten Körperregion oder dem Gehirn (FOWLER, 2010f). Lediglich eine Arbeit aus dem Jahre 1998 befasst sich mit der neurovaskulären Versorgung der Bauchwand des Alpakas und enthält Beschreibungen zum Lendengeflecht (CÁRDENAS et al., 1998). Die Versorgungsgebiete der einzelnen Nerven werden teilweise durch Angaben zu den Haussäugetieren ergänzt (KÖNIG et al., 2019a).

Die Beckengliedmaße wird sowohl aus Anteilen des Lendengeflechts (Plexus lumbalis) als auch Anteilen des Kreuzgeflechts (Plexus sacralis) innerviert. Zusammen wird auch vom Plexus lumbosacralis gesprochen. Der Plexus lumbosacralis wird aus den Ventralästen der lumbalen und sakralen Spinalnerven gebildet (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987f).

2.2.4.1 Innervation der Bauchwand und der Flanke

Die ersten vier der insgesamt sieben Nerven des Lendengeflechts sind nicht an der Innervation der Eigenmuskulatur der Beckengliedmaße beteiligt. Sie entspringen in den ersten vier Lendennerven (LI - LIV) und versorgen zusammen mit den Ventralästen der hinteren Thoraxnerven (ThVII - ThXII) die Bauchwand des Alpakas (CÁRDENAS et al., 1998). Die Ventraläste der ersten vier Lendennerven stimmen sowohl in ihrem Verlauf als auch in ihrer Nomenklatur mit der für Fleischfresser beschriebenen Literatur überein. Demnach entspringt aus LI der N. iliohypogastricus cranialis, aus LII der N. iliohypogastricus caudalis, aus LIII der N. ilioinguinalis und aus LIV der N. cutaneus femoris lateralis (CÁRDENAS et al., 1998).

Die **Nn. iliohypogastricus cranialis et caudalis** teilen sich in einen Ramus medialis und einen Ramus lateralis. Der Ramus medialis zieht an der inneren Bauchwand, nur von Peritoneum bedeckt, zur Regio inguinalis, während der Ramus lateralis zwischen die Bauchmuskeln tritt und diese innerviert. Zusätzlich entlässt der Ramus lateralis zwei Hautäste, die einen Hautbereich an der Flanke, die Haut ventral am Bauch, beim weiblichen Tier das Euter und ein Mischgebiet der Haut am medialen Oberschenkel versorgen. Der dritte Nerv des Lendengeflechts ist der **N. ilioinguinalis**. Er verzweigt sich ähnlich wie die

beiden vorherigen und versorgt ebenfalls ein Hautgebiet an der Flanke. Zudem vermischt sich sein Innervationsgebiet auch mit dem der vorherigen (KÖNIG et al., 2019a). Er entlässt einen Ramus communicans an den lateralen Ast des vierten Lumbalnervs und bildet zusammen mit ihm den **N. genitofemoralis**, welcher die äußeren Genitalien, die Haut in der Leistengegend und die Haut medial am Oberschenkel innerviert (CÁRDENAS et al., 1998). Aus dem Ventralast des LIV entspringt der **N. cutaneus femoris lateralis**, der die innere Lendenmuskulatur und die Haut lateral und distal am Oberschenkel und am Kniegelenk versorgt (KÖNIG et al., 2019a).

2.2.4.2 Innervation des proximalen Abschnittes der Beckengliedmaße

Die nachfolgend beschriebenen Nerven entspringen aus den letzten drei lumbalen und den ersten fünf sakralen Spinalnerven (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987f). Sie sind oberhalb des Knies angesiedelt und innervieren hier die Muskulatur des Oberschenkels und Teile der Beckenmuskulatur. Der N. femoralis und der N. ischiadicus, geben Äste ab, die die Beckengliedmaße vom Knie bis zu den Zehen versorgen. Da die Nerven für die Eigenmuskulatur der Beckengliedmaße für Neuweltkameliden bisher nicht beschrieben worden sind, werden sie in diesem und dem darauffolgenden Abschnitt mit Hilfe der Literatur zum nahe verwandten Dromedar (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987f) dargestellt, um später einen Vergleich zu den Ergebnissen der vorliegenden Doktorarbeit herstellen zu können.

Der Ventralast des L5 bildet beim Alpaka den **N. femoralis** (CÁRDENAS et al., 1998). Beim Dromedar entspringt er aus dem fünften bis siebten lumbalen Spinalnerven. Sie durchdringen ventrokaudal den M. psoas major und vereinigen sich innerhalb dessen zu einem Strang. Der Nerv zieht ca. 20 mm kranial des Darmbeinschaftes und unterhalb der V. femoralis weiter distal. Auf Höhe der Eminentia iliopubica wird der N. saphenus abgegeben, während der Hauptstrang durch den Schenkelspalt (= kran. M. sartorius, kaud. M. gracilis u. M. pectineus) distal zieht (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987f).

Der **N. obturatorius** wird vom fünften, sechsten und siebten Lumbalnerven gespeist. Die Wurzeln aus den fünften und sechsten lumbalen Spinalnerven verlaufen kaudal durch die Psoas- und Iliacusmuskulatur. Der vereinigte Strang kreuzt die Ventralseite des Kreuzbeinflügels und verläuft distal an der kaudalen Grenze des Darmbeinschaftes, begleitet von der A. obturatoria. Er zieht am kranialateralen Rand durch das Foramen obturatum, wo er sich in einen kranialen und einen kaudalen Ast aufteilt. Der kraniale Ast gibt motorische Äste an den M. pectineus, M. adductor und M. gracilis ab, während der kaudale Ast den M. adductor und M. obturatorius externus versorgt.

Der siebte lumbale und der erste sakrale Spinalnerv geben Äste an den **N. gluteus cranialis** ab. Der Anteil des siebten lumbalen Spinalnervs läuft kaudoverstral über die Beckenoberfläche des Kreuzbeinflügels zum Anteil des ersten sakralen Spinalnervs. Sie verlaufen zusammen mit den kranialen Glutäalgefäßen durch den kranialen Teil des Foramen ischiadicum majus, um den M. tensor fasciae latae, M. gluteus medius, M. gluteus accessorius, M. gluteus profundus und den M. piriformis zu innervieren.

Der **N. gluteus caudalis** nimmt seinen Ursprung aus den Ventralästen der ersten beiden Sakralnerven. Sie vereinigen sich lateral der Wurzeln des N. ischiadicus. Er verläuft anschließend kaudal durch das Foramen ischiadicum⁴, biegt lateral um den kaudalen Rand des M. gluteus medius und versorgt den M. gluteus superficialis.

Der **N. ischiadicus** wird von Ventralästen des siebten Lumbalnerven sowie der ersten drei Sakralnerven gebildet. Der Ast aus dem siebten Lendennerv verläuft kaudal über die Beckenoberfläche des Kreuzbeinflügels, während die anderen Anteile kaudoverstral ziehen und sich im Foramen ischiadicum majus vereinigen. Als N. ischiadicus vereint läuft dieser kaudal zwischen dem M. gluteus medius und profundus und gibt folgende Äste ab:

- einen Muskelast zum M. obturatorius internus
 - o Der Nerv verlässt den Dorsalrand des Hauptstranges um kaudal entlang der dorsalen Grenze der A. glutea caudalis zu verlaufen. Kranial des Tuber ischiadicum zieht er medial zum kaudalen Rand des Muskels.
- einen Hautast an die Kaudalseite des Oberschenkels in Kombination mit einem motorischen Ast zum M. obturatorius internus
 - o verläuft aber am Ventralrand der A. glutea caudalis zum Tuber ischiadicum. Hier durchbohrt er den M. biceps femoris um distal zum Tuber ischiadicum aufzutauchen. Er verläuft anschließend ventral in der Furche zwischen dem M. biceps femoris und dem M. semitendinosus bis auf Höhe des Kniegelenks.
- Muskeläste zum M. gluteus profundus. Ein Ast zieht ventral, der andere an der medialen Oberfläche des N. ischiadicus entlang zum kaudalen Anteil des M. gluteus profundus
- einen Muskelast an die Mm. gemelli
- einen Muskelast an den M. biceps femoris
- einen Muskelast an den M. semitendinosus
- einen Muskelast an den M. semimembranosus

Alle Rami musculares teilen sich in drei bis vier Äste bevor sie in die Muskeln eintreten.

⁴ In der Literaturquelle ist keine Angabe, ob es sich hier um das Foramen ischiadicum major oder minor handelt

Der N. ischiadicus setzt sich weiter nach distal zwischen dem M. biceps femoris und dem M. semimembranosus fort und teilt sich ca. 10 cm über dem Kniegelenk in den N. tibialis und den N. fibularis communis.

Der **N. cutaneus femoris caudalis** wird aus Ventralästen des dritten Sakralnerven gebildet. Er besteht aus zwei oder drei Ästen, welche schrittweise das Ligamentum sacrotuberale überqueren. Der Nerv verläuft kaudal zwischen dem Beckenband und dem ischialen Lymphknoten, um oberflächlich am ventralen Rand des tuberalen Lymphknoten aufzutauchen. Von hier aus zieht er distal um die Haut über dem kaudolateralen Anteil des Schenkels zu versorgen.

Der **N. pudendus** bekommt insgesamt Äste aus dem ersten bis dritten Sakralnerven. Der Anteil aus dem ersten sakralen Spinalnerv zieht zwischen dem M. coccygeus und dem M. levator ani, während die Anteile aus dem zweiten Kreuznerven gemeinsam mit dem für den N. ischiadicus entspringen und diese kaudal, seitlich am M. coccygeus entlang ziehen. Beide vereinigen sich kaudal des M. levator ani. Der Nerv wendet sich medial und gibt den N. perinealis profundus an den M. perinealis und den N. rectalis caudalis an den M. sphincter ani externus ab, bevor er sich in den N. dorsalis penis / clitoridis und den R. preputialis et scrotalis / mammarius aufteilt.

Die Wurzeln des **N. perinealis superficialis** entspringen aus dem zweiten und dritten sakralen Spinalnerv. Er verläuft kaudal, zieht zwischen den M. coccygeus und M. levator ani und erreicht oberflächlich ventrolateral den Anus.

Die Äste zum M. coccygeus und M. levator ani (**Rr. musculi coccygei et levatoris ani**) entstehen als ein einzelner Strang aus dem vierten sakralen Spinalnerv. Er zieht kaudal, teilt sich und erreicht die Muskeln an ihrem Kranialrand.

Die **Nn. pelvini** werden vom dritten und vierten Sakralnerven gespeist. Sie verlaufen ventral unter dem Peritoneum des Beckens zum Plexus pelvinus, zusammen mit dem N. hypogastricus. Von hier aus versorgen postganglionäre Fasern die Organe in der Beckenhöhle.

2.2.4.3 Innervation der distalen Abschnitte der Beckengliedmaße

Der **N. fibularis communis** versorgt die Beuger des Sprunggelenks, die Strecker der Zehen und sensibel die Haut auf der Dorsalseite der Zehen. An seinem Ursprung gibt er zwei kleine Äste ab, welche den N. cutaneus surae lateralis repräsentieren und den distalen Anteil des M. biceps femoris durchbohren um seitlich den Unterschenkel zu versorgen. Der N. fibularis communis verläuft weiter distal über die laterale Oberfläche des M. gastrocnemius, um die Furche zwischen dem M. fibularis longus und dem M. extensor digitorum lateralis, unmittelbar kaudal des Condylus lateralis der Tibia, zu erreichen. Bevor er in der Furche

verschwindet gibt er hier einen Muskelast zum M. fibularis longus ab und teilt sich anschließend in den N. fibularis profundus und den N. fibularis superficialis.

Der **N. fibularis profundus** gibt Muskeläste an den M. fibularis tertius, M. extensor digitorum longus und den M. tibialis cranialis ab, ebenso wie einen Ast an die Gelenkkapsel des Kniegelenks. Er zieht zusammen mit der A. tibialis cranialis zwischen den M. extensor digitorum longus und der Tibia distal zum Tarsus, wo er einen Ast an die Gelenkkapsel abgibt und im M. extensor digitorum brevis endet.

Der **N. fibularis superficialis** gibt einen Ast an den M. extensor digitorum lateralis und setzt sich distal an dem Muskel entlang, verdeckt vom M. fibularis longus, fort. Im distalen Drittel des Unterschenkels wird der Nerv oberflächlich, begleitet die V. tibialis cranialis und läuft distal entlang der lateralen Seite des M. fibularis tertius. An der Beugeseite des Fußwurzelgelenks teilt sich der Nerv in den N. digitalis dorsalis communis II und N. digitalis dorsalis communis III auf.

Der **N. digitalis dorsalis communis II** läuft distal entlang der medialen Seite der Streckensehnen. Am distalen Drittel des Mittelfußes gibt er den R. communicans cum n. digitali dorsali commune III ab und zieht als N. digitalis dorsalis proprius III abaxialis weiter distal über die dorsolaterale Seite der Fessel.

Der **N. digitalis dorsalis communis III** gibt den N. digitalis dorsalis communis IV ab und begleitet anschließend den Verbindungsast vom N. digitalis dorsalis communis II. Dieser zieht distal an der medialen Seite des N. digitalis dorsalis communis III. Direkt oberhalb des Fesselgelenks teilt sich der Nerv in die Nn. digitales dorsales proprii III et IV axiales.

Der **N. digitalis dorsalis communis IV** läuft distal entlang der lateralen Kante der Strecksehnen und dem N. digitalis dorsalis communis III. Im distalen Drittel des Mittelfußes dreht er lateral und folgt als N. digitalis dorsalis proprius IV abaxialis der lateralen Seite der Strecksehnen über die Fessel. Er versorgt die dorsale abaxiale Seite der vierten Zehe.

Der **N. tibialis** versorgt die Strecker des Sprunggelenks, die Beuger der Zehen und sensibel die Haut auf der kaudalen Seite des Unterschenkels und der plantaren Seite der Zehen. An seinem Ursprung gibt er den N. cutaneus surae caudalis ab. Dieser läuft distal an der kaudalen Seite des M. gastrocnemius, unterhalb des Ln. popliteus und gelangt dann in der Furche zwischen dem M. biceps femoris und dem M. semitendinosus an die Oberfläche.

Er überkreuzt die laterale Kante der Achillessehne etwas unterhalb des lateralen Kopfes des M. gastrocnemius, um den kranialen Ast der V. saphena lateralis zu begleiten.

Der N. tibialis durchbohrt den M. gastrocnemius zwischen seinem lateralen und medialen Kopf und gibt motorische Äste an diesen, den M. flexor digitorum superficialis, den M. flexor digitorum profundus und den M. popliteus ab. Der Nerv verläuft weiter distal zwischen den Köpfen des M. gastrocnemius entlang des kaudalen Randes der Poplitealblutgefäße. An die Oberfläche gelangt er zwischen der Achillessehne und dem M. flexor digitalis profundus, um

die A. saphena distal zu begleiten. An der Hinterfußwurzel gibt er kleine Hautäste ab und teilt sich in den N. plantaris lateralis und N. plantaris medialis.

Der **N. plantaris lateralis** zieht zwischen die Sehnen des oberflächlichen und des tiefen Zehenbeugers und gibt einen R. profundus an die Gelenkkapsel und den M. interosseus medius ab. Er taucht auf der lateralen Oberfläche der Metatarsalregion auf, läuft distal als **N. digitalis plantaris communis IV** in der Furche zwischen der oberflächlichen und der tiefen Beugesehne. In der distalen Metatarsalregion erhält er einen Verbindungsast vom N. digitalis plantaris communis III. Er zieht distal über die Plantarseite der Fessel und als **N. digitalis plantaris proprius IV abaxialis** entlang der lateroplantaren Oberfläche der vierten Zehe, um die abaxiale plantare Seite der vierten Zehen zu versorgen.

Der **N. plantaris medialis** läuft zusammen mit der A. plantaris medialis distal entlang der medialen Seite der Beugesehnen. In der proximalen Metatarsalregion teilt er sich in die Nn. digitales plantaris communis II und III, welche jeweils auf einer Seite der Arterie verlaufen. Der **N. digitalis plantaris communis II** zieht distal über die Plantarseite der Fessel und als N. digitalis plantaris proprius III abaxialis an der lateroplantaren Seite der dritten Zehe. Er versorgt den plantaren abaxialen Abschnitt der dritten Zehe. Der **N. digitalis plantaris communis III** verläuft distal entlang der medialen Seite der A. digitalis plantaris communis III, um sich oberhalb des Zwischenzehenspalts in die **Nn. digitales plantaris proprius III und IV axiales** zu teilen. Diese ziehen distal entlang der plantaren axialen Seite der dritten bzw. vierten Zehe.

Der **N. saphenus** entspringt etwas oberhalb des Schenkelspaltes aus dem N. femoralis. An seinem Ursprung gibt er Muskeläste an den M. sartorius ab. Er zieht unterhalb des M. sartorius gemeinsam mit den Femoralblutgefäßen distal. Der Nerv gibt kranial gerichtete Hautäste ab, ehe er am distalen Ende des M. sartorius an die Oberfläche kommt, begleitet von der A. saphena und der V. saphena media. Der N. saphenus läuft distal entlang der medialen Seite des Ober- und Unterschenkels bis zum Sprunggelenk und gibt dabei immer wieder Äste an die Haut ab.

2.2.5 Blutgefäße

Die Arterien der Beckengliedmaße sind sowohl für das Alpaka (ANGULO et al., 2013) als auch für das Lama (GRAZIOTTI et al., 2003; GRAZIOTTI et al., 1997b; GRAZIOTTI et al., 1998; GRAZIOTTI et al., 2000) in mehreren Arbeiten beschrieben. Die Venen wurden teilweise für das Lama (GRAZIOTTI et al., 1999) beschrieben und werden durch die Angaben zum Dromedar (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987h) ergänzt.

2.2.5.1 Arterien

Die arterielle Versorgung der Beckengliedmaße des Alpakas erfolgt, wie auch bei anderen Haussäugetieren, überwiegend aus der A. iliaca externa sowie aus der A. iliaca interna. Die A. iliaca externa und ihre Fortsetzung verläuft als arterielles Hauptgefäß mit regional wechselnder Bezeichnung entlang der Beckengliedmaße von proximal nach distal und gibt während ihres Verlaufs zahlreiche Äste ab (ANGULO et al., 2013).

Kraniomedial an der Beckengliedmaße, auf Höhe des sechsten Lendenwirbels und direkt kaudal des Ursprungs der A. iliaca externa, entspringt die **A. iliaca interna** aus der Aorta abdominalis. Im Bereich des Beckengürtels gibt sie folgende Äste ab, ehe sie sich auf Höhe des dritten Kreuzwirbels in die A. glutea caudalis und in die A. pudenda interna verzweigt (ANGULO et al., 2013; GRAZIOTTI et al., 2003):

- kaudal des Os ilium die **A. glutea cranialis** (ANGULO et al., 2013; GRAZIOTTI et al., 2003), die die Kruppenmuskulatur sowie den M. tensor fasciae latae versorgt (GRAZIOTTI et al., 2003),
- aus einem kurzen gemeinsamen Stamm (ANGULO et al., 2013; GRAZIOTTI et al., 2003) die **A. iliolumbalis**, für den M. iliopsoas und den Darmbeinbereich des M. gluteus profundus, und die **A. obturatoria**, welche für die Muskulatur um das Foramen obturatum zuständig ist (GRAZIOTTI et al., 2003),
- für das Lama wird zusätzlich noch die **A. umbilicalis** beschrieben, welche direkt nach dem Ursprung der A. iliaca interna austritt und zum Harnblasenpol zieht (GRAZIOTTI et al., 2003).

Die **A. glutea caudalis** versorgt beim Lama den M. gluteus profundus von medial und den M. gluteofemoralis von lateral. Zusätzlich gibt sie einige Äste an den M. obturatorius internus ab. Die **A. pudenda interna** verläuft kaudoventral an der lateralen Wand der Beckenhöhle und versorgt Teile der Harn- und Geschlechtsorgane (GRAZIOTTI et al., 2003).

Die **A. iliaca externa** entspringt ebenfalls auf Höhe des sechsten Lendenwirbels aus der Aorta abdominalis. Sie verläuft ventral über die innere Lendenmuskulatur, anschließend auf der Fascia iliaca zur Lacuna vasorum und wird dort zur A. femoralis (ANGULO et al., 2013). Eine **A. profunda femoris**, als Abzweigung der A. iliaca externa vor ihrem Austritt aus der Beckenhöhle, wie sie für das Dromedar beschrieben wird (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987b), gibt es bei den Neuweltkameliden nicht (ANGULO et al., 2013; GRAZIOTTI et al., 1997a; GRAZIOTTI et al., 1997b). Beim Lama geht der Truncus pudendoepigastricus eigenständig aus der A. iliaca externa und die A. circumflexa femoris medialis als eigener Ast aus der A. femoralis hervor (GRAZIOTTI et al., 1997a). Der Austritt der A. circumflexa femoris medialis aus der A. femoralis ist auch beim Alpaka beschrieben (ANGULO et al., 2013).

Die **A. femoralis** stellt die direkte Fortsetzung der A. iliaca externa dar. Sie verlässt die Bauchhöhle durch die Lacuna vasorum und zieht, zusammen mit dem N. und der V. femoralis, medial am Oberschenkel durch den Schenkelspalt, der durch den M. vastus medialis und den M. adductor gebildet wird. In ihrem Verlauf wird sie vom M. sartorius bedeckt. Am Ende des Schenkelspaltes, auf Höhe des mittleren und distalen Drittels des Oberschenkels, verlässt sie ihn und zieht zwischen den beiden Köpfen des M. gastrocnemius in die Tiefe, um ihre Fortsetzung in der A. poplitea zu finden (ANGULO et al., 2013). Auf ihrem Weg entlang des medialen Oberschenkels gibt sie folgende Kollateraläste ab:

- die **A. circumflexa ilium superficialis**, die im proximalen Drittel des Oberschenkels, sehr nah an oder aus einem gemeinsamen Stamm mit der A. circumflexa femoris lateralis entspringt (ANGULO et al., 2013) und sich in einen R. cranialis, einen R. descendens und einen R. ascendens aufteilt, welche für die Versorgung des M. sartorius, des M. rectus femoris, des M. vastus medialis und des M. tensor fasciae latae zuständig sind (GRAZIOTTI et al., 1997b),
- die **A. circumflexa femoris lateralis**, die kranial zwischen den M. rectus femoris und den M. vastus medialis tritt und kleine Gefäße an den M. articularis coxae und die Gelenkkapsel des Hüftgelenks abgibt und sich anschließend in einen R. ascendens und einen R. descendens aufspaltet (ANGULO et al., 2013), welche zusätzlich noch den M. tensor fasciae latae, den M. gluteus superficialis und den M. vastus lateralis versorgen (GRAZIOTTI et al., 1997b),
- die **A. circumflexa femoris medialis**, deren kaudaler Verlauf und ihre Aufteilung in einen R. acetabularis, einen R. ascendens, einen R. obturatorius, einen R. profundus und einen R. transversus, welcher mit der A. circumflexa femoris lateralis anastomosiert, vergleichbar ist mit der Beschreibung für das Lama (ANGULO et al., 2013). Beim Lama ist sie für die Versorgung des M. pectineus, des M. adductor, des M. iliopsoas, der Gelenkkapsel des Hüftgelenks, des M. obturatorius externus, des M. biceps femoris, des M. semimembranosus und des M. semitendinosus zuständig (GRAZIOTTI et al., 1997b),
- die **A. caudalis femoris proximalis**, welche sich kaudal kurz vor der A. saphena abzweigt und den M. gracilis, den M. adductor und den M. semimembranosus sowie die Gebiete der fehlenden A. profunda femoris versorgt (ANGULO et al., 2013),
- die **A. saphena**, welche aus der A. femoralis kurz vor deren Verlassen des Schenkelspaltes tritt und anschließend oberflächlich kaudomedial am Bein verläuft. Sie gibt in ihrem proximalen Verlauf einen kranialen Zweig ab, den

R. articularis genus für den proximalen Anteil des Kniegelenkes, zieht weiter kaudal und wird im distalen Drittel des Unterschenkels von der V. saphena und dem N. tibialis begleitet. Während ihres gesamten Verlaufes gibt sie mehrere **Rr. cutanei** (GRAZIOTTI et al., 1998) sowie **Rr. musculares** an den M. tibialis cranialis und den M. extensor digitorum longus ab. Distal des Malleolus medialis geht sie in die A. malleolaris caudalis lateralis über und verzweigt sich in ihre beiden Endäste, die A. plantaris lateralis und medialis (ANGULO et al., 2013),

- die **A. caudalis femoris distalis**, die proximal der A. genus descendens in Richtung der kaudalen Oberschenkelregion austritt und dort an der Versorgung des M. biceps femoris, des M. semimembranosus und des M. gastrocnemius beteiligt ist (ANGULO et al., 2013) und
- die **A. genus descendens**, welche durch ihren Austritt, distal zur A. caudalis femoris distalis als erster Ast der A. poplitea angesehen werden könnte, aber als letzte Abzweigung der A. femoralis beschrieben wird (ANGULO et al., 2013; GRAZIOTTI et al., 1997b; GRAZIOTTI et al., 1998) und in der Tiefe, zwischen dem M. semimembranosus und dem M. vastus medialis, zum Femoropatellargelenk zieht und dieses mit arteriellem Blut versorgt (GRAZIOTTI et al., 1997b; GRAZIOTTI et al., 1998).

Dem Alpaka fehlt, die für das Lama beschriebene (GRAZIOTTI et al., 1997b), **A. caudalis femoris media** (ANGULO et al., 2013).

Die **A. poplitea** ist die Fortsetzung der A. femoralis entlang des Unterschenkels. Sie zieht zwischen die beiden Köpfe des M. gastrocnemius und wird auf der Kaudalseite des Unterschenkels vom M. popliteus bedeckt (ANGULO et al., 2013), an den sie drei Rami musculares abgibt (GRAZIOTTI et al., 1998). In der Tiefe entlässt sie die nachfolgenden Äste zur Versorgung der Unterschenkelmuskulatur und des Knies (ANGULO et al., 2013):

- die **Aa. surales**, bestehen beim Lama aus zwei Arterien, die ihren Ursprung 5 cm proximal der Kondylen des Oberschenkelbeins haben. Die eine verläuft zwischen dem Os femoris und dem Caput laterale des M. gastrocnemius, um den sehnigen distalen Teil des M. biceps femoris und des M. vastus medialis⁵ zu versorgen. Die andere verläuft absteigend und lateral des M. flexor digitorum superficialis und medial zum Caput laterale des M. gastrocnemius (GRAZIOTTI et al., 1998),
- die **A. genus media**, welche beim Lama in der Fossa supracondylaris entspringt,
- die **A. genus proximalis lateralis** verlässt die A. poplitea direkt proximal des Condylus lateralis ossis femoris,

⁵ evtl. ist hier von den Autor/innen der M. vastus lateralis gemeint

- die **A. genus proximalis medialis**, welche direkt medial zur vorherigen Arterie entspringt und
- die **A. genus distalis lateralis** die auf Höhe des Meniscus medialis entspringt und kaudomedial an der V. poplitea vorbeizieht (GRAZIOTTI et al., 1998).

Beim Alpaka entspringt die **A. genus distalis medialis** aus der A. tibialis caudalis (ANGULO et al., 2013) und nicht aus der A. poplitea wie beim Lama (GRAZIOTTI et al., 1998) und beim Dromedar (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987b) beschrieben.

Die **A. tibialis cranialis** ist die kranio-lateral verlaufende Weiterführung der A. poplitea. Sie zieht unter den drei Ursprüngen des M. flexor digitorum profundus lateral zum fibrösen Rest der Fibula. Dabei entlässt sie in der Tiefe eine **A. nutricia tibiae** zur Versorgung der Tibia, die **A. recurrens tibialis cranialis**, welche zum Condylus lateralis tibiae emporsteigt, einen **R. transversus** an den M. tibialis cranialis, einen kräftigen **R. caudalis** an den M. flexor digitorum lateralis und einen **R. superficialis**, der sich entlang der kranio-lateralen Oberfläche der Tibia erstreckt. Die A. tibialis cranialis zieht unter dem Retinaculum extensorum proximalis und den Sehnen der Zehenstrecker auf die dorsale Seite des Tarsus und setzt sich dort in der A. dorsalis pedis fort (ANGULO et al., 2013).

Am proximalen Rand des M. popliteus entspringt die **A. tibialis caudalis** aus der A. poplitea. Sie ist jedoch deutlich kleiner und kürzer als die A. tibialis cranialis, was durch das Auftreten der A. malleolaris caudalis lateralis aus der A. saphena erklärt wird (ANGULO et al., 2013). Auf der kaudomedialen Fläche des M. flexor digitorum medialis verlaufend, verzweigt sie sich baumartig und gibt Äste an die anderen Zehenbeuger ab (GRAZIOTTI et al., 1998).

Die aus der A. saphena stammende **A. malleolaris caudalis lateralis** gibt als ersten Ast den R. calcaneus ab, welcher medial zum M. flexor digitorum superficialis verläuft. Des Weiteren entlässt sie auf Höhe des Malleolus lateralis einen R. ascendens, der zur Tendo calcaneus communis zieht (GRAZIOTTI et al., 1998).

Die **A. dorsalis pedis** verläuft in gerader Linie zwischen den Sehnen des M. fibularis tertius und des M. extensor digitorum longus auf der dorsalen Seite des Tarsus und gibt distal davon die **A. tarsea lateralis** und die **A. tarsea medialis** ab (ANGULO et al., 2013). Diese senden kleine Äste, zwischen das Os tarsale III und IV, welche aber keine Anastomosen mit den Gefäßen von plantar eingehen (GRAZIOTTI et al., 2000). Schließlich setzt sie sich als kleiner Zweig in der **A. metatarsale dorsalis III** fort (ANGULO et al., 2013), die entlang des Sulcus longitudinalis dorsalis des Os metatarsale III et IV zieht und im mittleren Drittel des Os metatarsale III et IV nicht mehr nachvollziehbar ist (GRAZIOTTI et al., 2000).

Die **A. plantaris lateralis** zieht, zusammen mit dem N. plantaris lateralis, von distal über den M. quadratus plantae und gibt einen R. calcaneus ab, der das Rete calcaneum bildet. Sie

kann einen zarten Ast entlassen, welcher mit dem Arcus plantaris profundus anastomosiert (GRAZIOTTI et al., 2000).

Die **A. plantaris medialis** ist deutlich kräftiger entwickelt, als die beiden vorherigen Arterien und stellt somit, im Gegensatz zu anderen Haustieren, wie Hund, Pferd und Rind, die Hauptversorgung des Alpakafußes dar. Sie ist wesentlich an der Bildung des Arcus plantaris profundus sowie an der distalen Anastomose, aus der die Aa. digitales entspringen, beteiligt. Die Angaben zu ihrer Verzweigung stimmen mit der Literatur für das Lama überein (ANGULO et al., 2013). Sie ist der kaudale Ast der Endaufzweigung der A. saphena und liegt kranial der gleichnamigen Vene und des N. plantaris medialis in einer Rinne zwischen dem Os tarsale secundum und der Facies plantaris des Os metatarsale III et IV an. Sie gibt einen **R. profundus** ab und zieht als **R. superficialis** weiter distal zwischen dem M. flexor digitorum profundus und dem N. plantaris medialis. Im distalen Drittel der Metatarsalregion verläuft die A. plantaris medialis distomedial durch die Aufzweigung der Beugesehnen. Anschließend anastomosiert sie mit der vom R. profundus stammenden **A. metatarsea plantaris III**. An ihrer Verbindungsstelle entspringen die A. digitalis plantaris communis II, III und IV sowie ein R. perforans für den Os metatarsale. Die **A. digitalis plantaris communis III** teilt sich auf Höhe der Phalanx proximalis in die **A. digitalis plantaris propria III axialis** und die **A. digitalis plantaris propria IV axialis**, welche einen plantaren Ast an die Phalanx proximalis abgeben, sich distal fortsetzen und axiale Äste an das Fußkissen, an die Dorsalarterie der Phalanx media und an die Koronalarterie abgeben. Sie münden schließlich in den Lederhautlamellen des Fußes. Die **Aa. digitales plantares propriae II und IV** verhalten sich wie die A. digitalis plantaris propria III, nur auf der jeweils abaxialen Seite der dritten und vierten Zehe (GRAZIOTTI et al., 2000).

2.2.5.2 Venen

Die Venen der Beckengliedmaße werden in der Literatur über Neuweltkameliden nur sehr wenig thematisiert. Lediglich eine Arbeit über die venösen Besonderheiten an der Beckengliedmaße des Lamas konnte gefunden werden (GRAZIOTTI et al., 1999). Daher soll die Literatur zum Dromedar hier als Grundlage dienen. Das venöse Blut wird beim Dromedar am Fuß und am Unterschenkel über ein dorsales und ein plantares System drainiert. Auf Höhe des Kniegelenks vereinigen sich diese beiden Systeme in der **V. poplitea** (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987h).

Das dorsale System beginnt in den **Vv. digitales propriae III et IV axiales**. Diese beiden Venen vereinigen sich im interdigitalen Bereich zu einer gemeinsamen dorsalen Vene, der **V. digitalis dorsalis communis III**. Auf dem Fesselgelenk nimmt sie die **Vv. digitales plantares communes II et IV** auf und zieht entlang der lateralen Kante der Sehnen der Zehenstrecker, um am Sprunggelenk zur **V. dorsalis pedis** zu werden. Oberhalb des

Sprunggelenks teilt sich die V. dorsalis pedis in die **V. tibialis caudalis** und die **V. tibialis cranialis**. Zwischen den beiden Beugesehnen erhält die V. tibialis caudalis den **R. caudalis** des plantaren Systems. Sie zieht zwischen die beiden Muskelbäuche des M. gastrocnemius und vereinigt sich dort wieder mit der V. tibialis cranialis zur **V. poplitea**.

Das plantare System geht mit den **Vv. digitales plantares propriae III et IV abaxiales** los, welche unter den Sehnen der Zehenbeuger in den **Arcus plantaris profundus distalis** fließen, während die **Vv. digitales plantares propriae III et IV axiales** sich erst im Zwischenzehnbereich vereinigen, ehe auch sie im Arcus plantaris profundus distalis münden. Dieser entlässt die beiden **Vv. digitales plantares communes III et IV**, welche ins dorsale System fließen, sowie die **Vv. metatarsae plantares III et IV**, die proximal in den **Arcus plantaris profundus** münden. Die **V. plantaris medialis** verlässt diesen Venenbogen, erhält während ihres kaudomedialen Verlaufs Venen vom Sprunggelenk und teilt sich in die **V. saphena medialis** und den **R. caudalis**. Erstere zieht proximal entlang des Oberschenkels, nimmt die **V. genus descendens** auf und mündet entweder in der V. femoralis oder in der, beim Dromedar vorhandenen, V. profunda femoris. Der R. caudalis vereinigt sich zwischen den beiden Beugesehnen mit der V. tibialis caudalis.

Nach ihrer Entstehung, knapp unterhalb des Kniegelenks, erhält die V. poplitea die **V. caudalis femoris** und zieht als **V. femoralis** weiter. Im Schenkelspalt vereinigt sich die V. femoralis mit der **V. profunda femoris**, welche die Mm. adductores und die kaudalen Oberschenkelmuskeln drainiert, und mit der **V. pudendoepigastrica**, die das Praeputium oder das Euter und die kaudale Bauchwand drainiert. Die V. femoralis setzt sich als **V. iliaca externa** fort, welche die **V. abdominalis caudalis** und die **V. circumflexa ilium profunda** aufnimmt, ehe sie in die **V. cava caudalis** einmündet (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987h).

Für das Lama wird, als Besonderheit zu den Haustieren, ein oberflächliches und ein tiefes Venensystem beschrieben. In *Abb. 3* sind die beiden Systeme schematisch dargestellt. Die Venen des tiefen Systems sind zum einen medial am Oberschenkel unter der V. femoralis und zum anderen im Bereich der Kniekehle bzw. kaudoproximal am Unterschenkel zu finden (GRAZIOTTI et al., 1999).

Die von Graziotti beschriebene tiefe Vene am Oberschenkel ist voluminös, verläuft kaudomedial, parallel des kaudalen Bauches des M. sartorius direkt auf dem Os femoris, zwischen den kaudalen Rändern des M. vastus lateralis und des M. vastus medialis, bedeckt vom Ansatz der Mm. adductores. Sie entspringt distal am Übergang der V. poplitea in die V. femoralis und mündet proximal zusammen mit der V. circumflexa femoris medialis in die V. femoralis. Diese tiefe Vene wird mit der V. profunda femoris des Menschen und des Hundes verglichen. Sie hatte keine begleitende Arterie, lediglich der R. transversus der A. circumflexa femoris medialis verlief mit ihr (GRAZIOTTI et al., 1999).

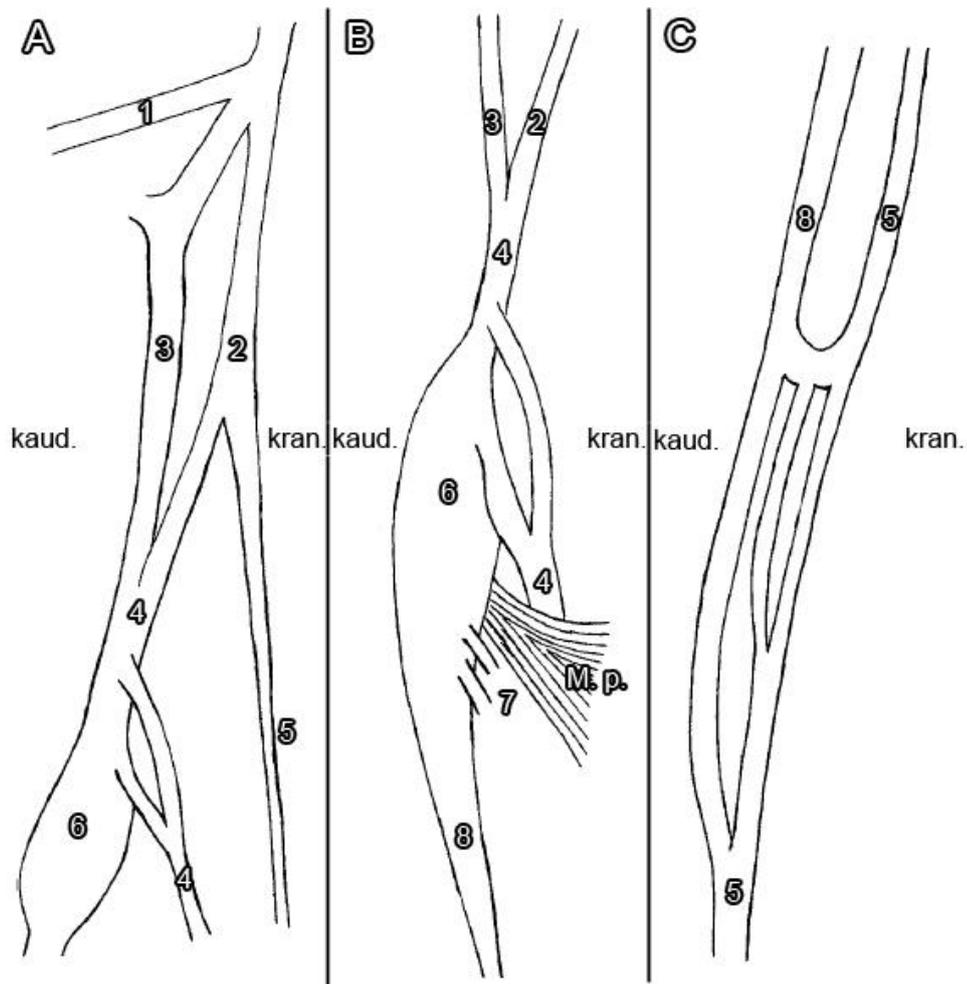


Abb. 3: Schemazeichnung der besonderen Venen beim Lama nach Graziotti (modifiziert nach GRAZIOTTI et al. (1999))

A – Venen des Oberschenkels und der Regio poplitea, kaudomedial; B – Venen der Regio poplitea, kaudomedial; C – Venen des Unterschenkels, medial (Originalabbildung gespiegelt):

1 – V. circumflexa femoris medialis; 2 – V. femoralis; 3 – tiefe femorale Vene nach Graziotti; 4 – V. poplitea; 5 – V. saphena medialis; 6 – Venenausbuchtung in der Regio poplitea nach Graziotti; 7 – Rr. musculares des kaudalen Unterschenkels; 8 – Fortsetzung der Venenausbuchtung der Regio poplitea; M. p. – M. popliteus

Die zweite tiefe Venenerweiterung geht aus der Verzweigung der V. saphena medialis hervor. Dieser Venenplexus ist ca. 10 cm lang und hat einen Durchmesser von etwa 2,5 cm. Er liegt zwischen den beiden Muskelbäuchen des M. gastrocnemius, auf der kaudalen Fläche des M. popliteus. Vom M. popliteus und vom M. flexor digitorum profundus werden mehrere Rr. musculares an diese Ausbuchtung abgegeben. Die V. poplitea mündet teilweise in diese Erweiterung, überbrückt sie aber auch mit einem Ast, der oberhalb des Venenplexus in die Fortsetzung der V. poplitea einfließt (GRAZIOTTI et al., 1999).

2.2.6 Lymphknoten

Die Lymphknoten der Beckengliedmaße des Alpakas wurden in einer Arbeit aus Peru bereits in den 1960er Jahren thematisiert (FOWLER, 2010d). Leider war es, trotz ausführlicher Literaturrecherche nicht möglich an diese Arbeit zu gelangen. Laut dem Zitat von FOWLER (2010c) sind die Lymphknoten der Neuweltkameliden mit denen von Rindern und Schafen vergleichbar. Zudem sind in Neuweltkameliden eher Ansammlungen vieler kleiner Lymphknoten zu finden, als ein einzelner großer (FOWLER, 2010d).

Das am weitesten distal gelegene Lymphocentrum an der Beckengliedmaße ist das **Lc. popliteum**. Es besteht aus den **Lnn. poplitei**, welche beim Alpaka und beim Dromedar zwischen dem M. biceps femoris und dem M. semitendinosus auf dem M. gastrocnemius zu finden sind⁶ (FERNÁNDEZ et al., 1999; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987d). Das **Lc. ischiadicum** des Dromedars besteht aus den **Lnn. ischiadici**, die lateral des Foramen ischiadicum minor liegen und den **Lnn. tuberales**, welche unter der Haut am kaudalen Rand des Lig. sacrotuberales liegen (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987d). Am Anulus inguinalis superficialis des Canalis inguinalis liegen sowohl beim Dromedar als auch beim Alpaka die **Lnn. inguinales superficiales** (FERNÁNDEZ et al., 1999; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987d), welche sich beim männlichen Tier durch die **Lnn. scrotales** und beim weiblichen Tier durch die **Lnn. mammarii** darstellen. Sie bilden das **Lc. inguinofemorale**. Dorsal davon liegt das **Lc. iliofemorale**, welches aus den kleinen **Lnn. iliofemorales** besteht, die am Ursprung der A. circumflexa ilium superficialis zu finden sind. Das **Lc. iliosacrale** besteht aus den Lymphknoten:

- die **Lnn. iliaci mediales**, welche um den Ursprung der A. iliaca interna verteilt sind,
- die **Lnn. sacrales**, am Ursprung der A. sacralis mediana,
- die **Lnn. hypogastrici**, die entlang der A. iliaca interna und ihrer Verzweigungen liegen, und
- die **Lnn. iliaci laterales**, die lateral des Ursprungs der A. iliaca externa liegen (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987d).

2.3 Körperbau und Biomechanik der Beckengliedmaße

Das Exterieur stellt die proportionale Form oder Kontur eines Körpers, welcher sich durch die für ihn geeignete Anordnung aller Körperteile ergibt. Für das Alpaka besteht diese Form in

⁶ Die Autor/innen machen zwar keine genaueren Angaben, der Lagebeschreibung nach müssten diese Lymphknoten jedoch als Lnn. poplitei **profundi** bezeichnet werden.

der seitlichen Ansicht grob aus drei Rechtecken: die Körpertiefe, die Beinlänge und die Halslänge (Abb. 4).

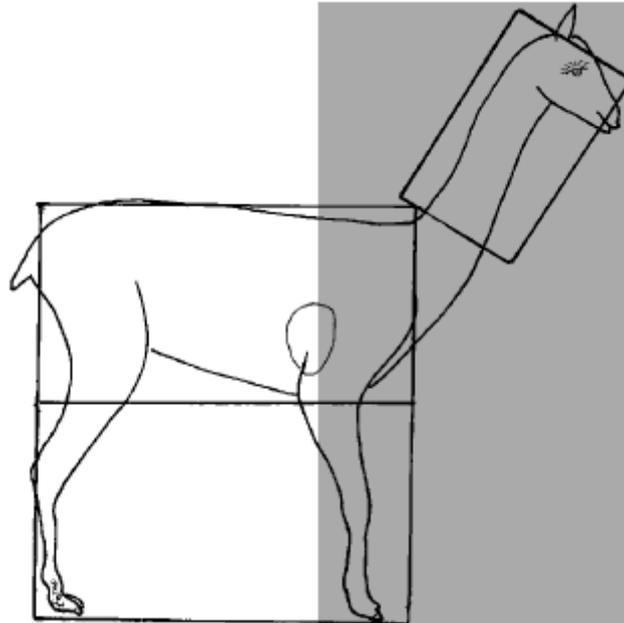


Abb. 4: Schematische Darstellung des physiologischen Exterieurs des Alpakas an Hand dreier Rechtecke (FOWLER, 2010b).

Es gibt für die Neuweltkameliden keine etablierten einheitlichen Rassestandards, aber die grundsätzlichen Prinzipien für Form, Funktion und Balance gelten natürlich auch hier (FOWLER, 2010b). Bei Lamas und Alpakas herrscht eine Gewichtsverteilung von 63 % auf der Schultergliedmaße und 37 % auf der Beckengliedmaße (KLIMEK und REPPERT, 2018). Viele Probleme des Exterieurs werden erst in der Bewegung der Tiere deutlich. Hierfür ist es entscheidend, dass Tierärzte Kenntnisse über den physiologischen Körperbau und ihre Fortbewegung haben, um mögliche Pathologien erkennen zu können (FOWLER, 2010b). Im folgenden Kapitel wird die Beckengliedmaße als Teil des Exterieurs mit der Winkelung ihrer Gelenke und die physiologische Fortbewegung des Alpakas genauer betrachtet.

2.3.1 Physiologischer Körperbau und Winkelung der Gelenke

Das Exterieur von Kameliden mit einem schmalen Körper, langen Beinen und fehlender Kniefalte, sorgt für mehr Bewegungsfreiheit der Beckengliedmaße und eine energieeffiziente Bewegung (FOWLER, 2010b). Neuweltkameliden sollten sowohl vorne als auch hinten gerade Beine haben. Von der Hüfte aus sollte sich eine gerade Linie über das Sprunggelenk und die Fessel bis zwischen die beiden Zehen ziehen lassen. Das Becken ist schmal und die Zehen sind physiologisch nach kranial gerichtet (AULT und ANDERSON, 2003). Während Lamas und Guanakos von kaudal betrachtet relativ gerade stehen, neigen Alpakas zu eine

leichten Drehung der Hinterbeine nach außen („kuhhessig“) (GAULY et al., 2019). Diese Beinstellung ist bei Neuweltkameliden nach Fowler (2010a) aber als pathologisch anzusehen. Grundsätzlich können die beiden Hintergliedmaßen zueinander etwas enger oder auch etwas weiter auseinander stehen.

In der seitlichen Ansicht weisen Alpakas Unterschiede zum Lama auf, wobei die Beurteilung voll bewollter Tiere um einiges schwieriger ist, als bei geschorenen (FOWLER, 2010b). Die Rückenlinie der anderen Neuweltkameliden ist meistens gerade, während die von Alpakas typischerweise nach hinten etwas schräg abfällt und der Schwanz eher körpernah herunterhängt (GAULY et al., 2019). Dabei ist die Rückenlinie des Alpakas im Bereich des Beckens höher als am Widerrist.

Für die Beurteilung der Beweglichkeit eines Gelenks ist es wichtig, physiologische Ausgangswerte zu haben, an Hand derer pathologische Veränderung und auch züchterische Entscheidungen für das jeweilige Tier beurteilt werden können (WALTERS et al., 2016). Bei den Gelenkmessungen von WALTERS (2016) kamen beim Vergleich von Lama und Alpaka für das Hüft-, Knie- und Fesselgelenk kaum nennenswerte Unterschiede heraus. Lediglich der Tarsus des Alpakas ist mit einem Winkel von 140° (STUD und BAYCHERLIER, 2007; WALTERS et al., 2016) weniger steil als beim Lama mit 149° (WALTERS et al., 2016). Eine andere Arbeit aus 2007 zeigte Unterschiede in der Winkelung der einzelnen Gelenke der Beckengliedmaße auf. Demnach ist das Becken des Alpakas mit einem Winkel von $50 - 60^\circ$ steiler ausgerichtet, als beim Lama mit etwa 40° (STUD und BAYCHERLIER, 2007). Des Weiteren besitzen Alpakas mit einem Winkel von etwa $65^\circ - 70^\circ$ (STUD und BAYCHERLIER, 2007), im Vergleich zu Lamas mit 60° (FOWLER, 2010b; REED et al., 2014), eine steilere Fessel, was sie anfälliger für eine Hyperflexion dieser macht (FOWLER, 2010b). Die Gelenkwinkelungen für das Alpaka nach STUD und BAYCHERLIER (2007) sind in *Abb. 5* aufgezeigt.

2010). Mehrere Arbeiten ergaben, dass sich Lamas und Alpakas vorzugsweise im Schritt oder Galopp fortbewegen und der Übergang auch meist ohne traben oder passen erfolgt (PFAU et al., 2011; VAN DER SLUIJS et al., 2010). Zudem zeigte sich, dass sich die Fußspuren der Vorder- und Hintergliedmaße im langsamen Tempo überlappen, und bei einer hohen Geschwindigkeit die Hinterfüße vor den Abdrücken der Vordergliedmaßen aufkommen (VAN DER SLUIJS, 2001). Auffällig ist die Neigung zum Passgang anstelle von Trab, obwohl dieser Gang für eine laterale Instabilität sorgt (AULT und ANDERSON, 2003). Dies kann durch die evolutionären Anpassungen des Fußes ausgeglichen werden (AULT und ANDERSON, 2003; JANIS et al., 2002). Kameliden können ihre Zehen spreizen, was für mehr Trittsicherheit sorgt und sie im Zusammenspiel mit dem Sohlenkissen zu den trittsichersten Ungulaten macht. Andere Paarhufer hingegen haben zwischen den Zehen spezielle Bänder, die die Zehen zusammenhalten (FOWLER, 2010b).

2.4 Krankheiten der Beckengliedmaße des Alpakas

In der Literatur finden sich einige Fallberichte zu verschiedenen Erkrankungen an der Beckengliedmaße des Alpakas (ABUJA et al., 2014; BARTLETT et al., 2003; BIASUTTI et al., 2018; ROUSSEAU et al., 2013; ZANOLARI et al., 2003). Meistens gibt es hierbei keine genauere Erläuterung der anatomischen Verhältnisse. Wenn überhaupt, so werden diese nur grob angegeben und Therapien werden von anderen Tierarten hergeleitet.

Neben Frakturen, die an den langen Knochen der Neuweltkameliden an der Hintergliedmaße seltener auftreten als an der Vordergliedmaße (FOWLER, 2010b), kommen an der Beckengliedmaße Luxation des Hüftgelenks und der Patella, Kreuzbandrisse, Knochensequester sowie infektiöse und degenerative Gelenkserkrankungen vor. Neuweltkameliden sind wegen ihres ruhigen Gemüts, ihrer raschen Knochenheilung, ihres verhältnismäßig geringen Körpergewichtes und ihrer Toleranz gegenüber langer Liegezeiten gute orthopädische Patienten (FOWLER, 2010e; NEWMAN und ANDERSON, 2006; REED et al., 2014). Bei ihnen werden sowohl operative Verfahren aus der Großtier- als auch aus der Kleintiermedizin angewandt (FOWLER, 2010g). Mit den nachfolgenden Absätzen soll ein kurzer Überblick über die Erkrankungen an der Beckengliedmaße gegeben werden.

2.4.1 Luxationen des Hüftgelenks

Die Luxation des Hüftgelenks ist eher selten und es gibt nur wenige Fallberichte zu einer möglichen Therapie (BARTLETT et al., 2003; ORTVED et al., 2009; SCHULZ et al., 2009). Die Ursache ist i. d. R. traumatisch bedingt (ZANOLARI et al., 2019). Beim Verdacht auf eine Luxation ist ein schnelles Handeln wichtig, weil sich das Acetabulum schnell mit Flüssigkeit füllt (REED et al., 2014). Beweisend ist eine Röntgenuntersuchung des Gelenks in zwei Ebenen unter Sedation. Konservativ kann die Hüftluxation mit einer Ehmer-Schlinge ruhig gestellt werden (ZANOLARI et al., 2019). Es kann beim Alpaka der Versuch einer operativen Hüftrekonstruktion mit zementlosen Implantaten gemacht werden (REED et al., 2014). Auf Grund der Tatsache, dass das Hüftgelenk nach einer Luxation nicht mehr so stabil sein wird wie zuvor, rät ein Autor zur Euthanasie des Tieres (DUNCANSON, 2012c).

2.4.2 Luxationen der Patella

Die Patellaluxation kann sowohl nach lateral, als auch nach medial und ein- oder beidseitig auftreten (FOWLER, 2010e). Ebenso ist eine temporäre oder dauerhafte dorsale Fixation möglich (FOWLER, 2010e; KANEPS, 1996; ZANOLARI et al., 2002). Die Ursache der Verschiebung der Kniescheibe ist zumeist eine angeborene Fehlstellung, welche erst später bemerkt wird, oder aber traumatisch bedingt (DUNCANSON, 2012c; REED et al., 2014; VAN

HOOGMOED et al., 1998). Die klinischen Anzeichen sind eine mitunter schmerzhafte Lahmheit oder eine mechanische Beeinträchtigung im Gang. Zusätzlich können eine Schwellung und vermehrte Wärme des Gelenks vorhanden sein. Diagnostisch lässt sich eine Patellaluxation durch die klinischen Anzeichen und eine Palpation des Gelenks feststellen. Eine Absicherung der Diagnose erfolgt durch Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen (FOWLER, 2010e). Ein chirurgisches Vorgehen ist bei schweren Fällen angeraten (KANEPS, 1996; REED et al., 2014). Hierbei werden je nach dem wie stark die umliegenden Strukturen geschädigt sind, verschiedene Techniken aus der Kleintierchirurgie angewandt (VAN HOOGMOED et al., 1998), angefangen bei einer Imbrikation und Kapselraffung mittels Fadenzügel (BIASUTTI et al., 2018), über eine Trochleablockresektion (TBR) (FURMAN et al., 2009) oder eine Trochleakeilresektion (TWR) (KANEPS et al., 1989), bis hin zu einer Kombination aus mehreren Techniken, wie z. B. Imbrikation, Trochleakeilresektion und Transposition der Tuberositas tibiae (TTT) (ABUJA et al., 2014). Es wird für ca. 14 Tage nach der Operation das Bein mittels Schlinge ruhiggestellt (REED et al., 2014). Generell sollte für die postoperative Pflege einige Zeit eingerechnet werden und dem Tier für mind. ein bis zwei Monate Boxenruhe verordnet werden (ZANOLARI et al., 2019).

2.4.3 Kreuzbandriss

Eine Ruptur des Lig. cruciatum craniale tritt bei Neuweltkameliden gelegentlich auf (REED et al., 2014; ZANOLARI et al., 2019). Klinisch zeigt sie sich durch das plötzliche Auftreten einer mittel- bis hochgradigen Lahmheit. Bei der Palpation des Kniegelenks ist neben einer Schwellung auch eine Instabilität ertastbar und das Schubladenphänomen ist auslösbar (ZANOLARI et al., 2019). Zur chirurgischen Therapie eines kranialen Kreuzbandrisses ist bei Neuweltkameliden nur sehr wenig beschrieben. Die Operationstechniken, die in den Fallberichten verwendet wurden, sind, auf Grund der anatomischen Vergleichbarkeit, der Kleintierchirurgie entnommen (REED et al., 2014). Als Techniken wurden die Tibial Plateau Levelling Osteotomy (TPLO) (RAY et al., 2004) oder ein Kreuzbandersatz aus dem Lig. patellae (MARRIOTT et al., 1999) bzw. aus der Fascia lata (ANDERSON und MCLAUGHLIN, 1997) durchgeführt. Zusätzlich besteht über die Arthroskopie (PENTECOST et al., 2012) eine Möglichkeit zur minimal invasiven Operation.

2.4.4 Septische Arthritis

Eine septische Arthritis kommt bei Neuweltkameliden selten vor (DUNCANSON, 2012b; REED et al., 2014). Ebenso sind für Neuweltkameliden keine artspezifischen Besonderheiten bei dieser Erkrankung bekannt (FOWLER, 2010e). Die Erkrankung kann entweder isoliert in Form einer Monoarthritis oder, wenn mehrere Gelenke betroffen sind, als Polyarthritis

auftreten. Ursachen sind das direkte Eintreten von Erregern in das betroffene Gelenk, durch Trauma oder iatrogen. Sie kann aber auch passiv durch das Übertreten einer Infektion in Gelenknähe oder durch Streuung von Erregern über das Blut entstehen. Letzteres ist v. a. bei Jungtieren mit Nabelentzündung möglich (KANEPS, 1996; ZANOLARI et al., 2019). Symptomatisch zeigen betroffene Tiere eine hochgradige Lahmheit mit lokaler Schwellung, Bewegungsschmerz, vermehrtes Liegen und Inappetenz. Bei chronischem Krankheitsverlauf wird eine teils deutliche Abmagerung sichtbar (ZANOLARI et al., 2019). Diagnostisch ist eine Gelenkspunktion mit Synoviaentnahme angeraten. Die Synovia wird anhand ihrer Eigenschaften analysiert und bakteriologisch untersucht (KANEPS, 1996; ZANOLARI et al., 2019). Eine radiologische Untersuchung kann für den Ausschluss anderer Gelenkserkrankungen hilfreich sein. Die Behandlung sollte sobald wie möglich begonnen werden, da bleibende Gelenkschäden bereits 48 bis 72 Stunden nach der Infektion entstehen können (ZANOLARI et al., 2019). Die Methoden zur Behandlung einer septischen Arthritis sind bei Neuweltkameliden die gleichen, wie bei anderen Haustieren. Sie beinhalten, die Gelenkspülung, intraartikuläre Applikation von Antibiotika, systemische Gabe von Antibiotika, Arthroskopie oder sogar die Arthrotomie (REED et al., 2014). Eine degenerative Osteoarthritis kann als Folge einer Gliedmaßenfehlstellung auftreten (FOWLER, 2010e).

3 Material und Methoden

3.1 Material

3.1.1 Untersuchungsgut und Auswahl der Tiere

Für diese Arbeit wurden insgesamt 12 Alpakas unterschiedlichen Alters, Geschlechts und Rasse (Tab. 1) untersucht. Die Tiere stammen von Privatbesitzern und aus einer Kooperation mit der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der Ludwig-Maximilians-Universität in Oberschleißheim. Sie sind entweder verendet oder aus medizinischen Gründen, welche keinen Einfluss auf die Untersuchungen und Ergebnisse der vorliegenden Arbeit hatten, kurz zuvor euthanasiert worden. Anschließend erfolgte der umgehende Transport der Tiere an den Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie der tierärztlichen Fakultät der LMU in München. Keines der Tiere wurde zum Zweck dieser Dissertation eingeschläfert.

Tab. 1: Liste der verwendeten Tiere (n=12)

Nr.	Rasse	Alter	Geschlecht	Gewicht
1	Huacaya	17 Jahre	männlich (k)	ca. 40 kg
2	Huacaya	19 Tage	männlich	7 kg
3	Huacaya	1 Tag	weiblich	5,5 kg
4	Huacaya	3 Monate	männlich	23 kg
5	Suri	16 Jahre	weiblich	ca. 50 kg
6	Huacaya	13 Jahre	weiblich	62 kg
7	Huacaya	10 Monate	weiblich	21 kg
8	Huacaya	20 Jahre	weiblich	47 kg
9	Huacaya	17 Jahre	männlich	57 kg
10	Huacaya	14 Jahre	männlich (k)	55 kg
11	Huacaya	4 Jahre	weiblich	53 kg
12	Suri	18 Jahre	Männlich	40 kg

3.2 Methoden

3.2.1 Zerteilung und Lagerung der Präparate

Die Beckengliedmaßen wurden jeweils direkt nach Ankunft der Tierkörper in der Wirbelsäule zwischen L4 und L5 vom übrigen Körper abgetrennt. Anschließend erfolgte eine paramediane Spaltung der Wirbelkörper bzw. des Beckenknochens.

Das Untersuchungsgut wurde entweder direkt bei -20 °C tiefgefroren oder bei 4 °C gekühlt aufbewahrt. Vor dem Abpräparieren der Haut wurden die Gefäße, wie in Kapitel 3.2.2.2 beschrieben, durch das Injizieren von Latexmilch ausgefüllt. Bei einem Tier wurde der Latexmilch zusätzlich noch Bariumsulfat (BaSO_4) beigemischt, um einen Gefäßkontrast im Röntgenbild zu erzeugen. Drei Präparate wurden für die Erzeugung von Querschnitten hergenommen.

Die Lagerung erfolgte in einer 10 %igen Salzlake (Leitungswasser + Nitrit-Pökelsalz (Nitrit-Pökelsalz jodiert 0,4 - 0,5 %, Südwestdeutsche Salzwerte Ag, Heilbronn / Germany)) der 0,005% Formalin (Formaldehyd 35 %, VWR BDH Prolabor ® Chemicals, Fontenay-sous-Bois / France) beigemischt wurden. Die Lakewannen mit den eingelegten Präparaten wurden in einer Kühlkammer mit einer Temperatur von konstant 4 °C verwahrt.

3.2.2 Präparationsmethoden

Die Präparation wurde mit anatomischer und chirurgischer Pinzette, chirurgischer Schere, Skalpellklingenhalter und Skalpellklingen (Carbon Steel Skalpellklingen Nr. 23, Firma Braun Aesculap AG, Tuttlingen / Germany), Raspatorium und Arterienklemmen vorgenommen.

3.2.2.1 Präparation der Muskeln und Leitungsbahnen

Nach der Entfernung der Haut wurden die Überreste der Beckengürtelmuskulatur bestimmt und entfernt. Anschließend erfolgte die genaue Darstellung des Plexus lumbosacralis und der A. bzw. V. iliaca externa. Dabei wurden die Leitungsbahnen mittels Pinzette von Faszien und Bindegewebe befreit und in distaler Richtung entlang der Gliedmaße verfolgt. Die in der Literatur beschriebenen Muskeln wurden währenddessen ebenso bestimmt, begutachtet und dokumentiert. Hierfür wurden zehn Gliedmaßen (1-8) verwendet.

3.2.2.2 Darstellung der Blutgefäße

Zu Veranschaulichung der Gefäße und Gelenkaussackungen wurden zunächst die Arterien mit roter, die Venen mit blauer und Hüft-, Knie- sowie Sprunggelenk mit gelber bzw. grüner

Latexmilch (Professionell Farbtyp rot / blau / gelb, Firma La-Gum, Elmshorn / Germany) injiziert.

Untersuchung der Arterien

Zur Darstellung der Arterien mittels Latexmilch wurde zuerst die A. iliaca externa freigelegt. In ihr Lumen wurde eine zuvor stumpf geschliffene Einmalkanüle (BOVIVET 2,1 x 80 mm transparent, Firma Kruuse, Langeskov / Danmark) eingeführt und durch eine doppelte Ligatur mittels Garn (3fach, 3,5 WI natur, Firma Zentrag eG, Frankfurt am Main / Germany) fixiert. Mit einer Einmalspritze (Norm-Ject 20 ml Luer, Firma Henke-Sass Wolf GmbH, Tuttlingen / Germany) wurden ca. 40 ml rote Latexmilch injiziert. Die Mengen der verwendeten roten Latexmilch für die Injektion der Arterien an den einzelnen Beckengliedmaßen sind in Tab. 2 aufgelistet. Um eine ausreichende Menge Latexmilch zu gewährleisten, wurde zur Kontrolle der Injektion die A. digitalis plantaris communis III auf der Plantarseite des Fesselgelenks durch einen Hautschnitt freigelegt.

Tab. 2: Latexmilchmengen in den Arterien (n=8) * = zusätzlich BaSO₄

Nr.	Alter	Gewicht	Gldm.	Menge der injizierten Latexmilch
1	17 Jahre	40 kg	rechts	40 ml
2	19 Tage	7 kg	rechts	100 ml über A. carotis communis
			links	
3	1 Tag	5,5 kg	rechts	10 ml *
5	16 Jahre	50 kg	rechts	40 ml *
			links	30 ml
6	13 Jahre	62 kg	rechts	40 ml
			links	80 ml
7	10 Monate	21 kg	rechts	360 ml über A. carotis communis
			links	
8	20 Jahre	47 kg	rechts	50 ml
9	17 Jahre	57 kg	rechts	50 ml *

Untersuchung der Venen

Für die Latexmilchinjektion der Venen wurde, unter Schonung der umliegenden Strukturen, auf der Plantarseite am distalen Ende des Metatarsalknochens die V. digitalis plantaris communis II freipräpariert. In sie wurde eine kleine Inzision von ca. 0,5 cm vorgenommen, durch welche die Einmalkanülen eingeführt wurden. In distaler Richtung wurde eine zuvor stumpf geschliffene Einmalkanüle 0,9 x 40 mm (HS Einmal-Kanülen G20 0,9 x 40 mm gelb, Firma Henry Schein VET GmbH, Hamburg / Germany) verbracht und durch eine doppelte Ligatur von Garn (siehe oben Untersuchung der Arterien) fixiert. Mit einer Einmalspritze

(Norm-Ject 5 ml Luer, Firma Henke-Sass Wolf GmbH, Tuttlingen / Germany) wurde ca. 2 ml blaue Latexmilch injiziert. Anschließend wurde eine stumpf geschliffene Einmalkanüle 2,1 x 80 mm in proximaler Richtung eingeführt und ebenfalls mit Garn fixiert. Durch diese erfolgte die Injektion von ca. 50 ml Latexmilch. In *Tab. 3* sind die injizierten Mengenangaben an blauer Latexmilch an den einzelnen Beckengliedmaßen aufgeführt. Kontrolliert wurde die Injektion durch Austreten von Latexmilch aus dem Stumpf der V. iliaca externa.

*Tab. 3: Latexmilchmengen in den Venen (n=4) * = zusätzlich BaSO₄*

Nr.	Alter	Gewicht	Gldm.	Menge der injizierten Latexmilch
5	16 Jahre	50 kg	rechts	26 ml proximal 2 ml distal
6	13 Jahre	62 kg	rechts	47 ml proximal 2 ml distal
8	20 Jahre	47 kg	rechts	65 ml proximal 3 ml distal
9	17 Jahre	57 kg	rechts	50 ml proximal 2 ml distal
			links	50 ml proximal 2 ml distal*

3.2.2.3 Gelenke und ihre Aussackungen

Latexmilchinjektion

Um die maximale Ausdehnung der Gelenkaussackungen der Hüft-, Knie-, Sprung-, Fessel- und Zehengelenke darzustellen, wurde nach dem Einstich ins Gelenk zuerst die Synovia abgezogen. Anschließend erfolgte über die noch im Gelenk verbliebene Kanüle die Injektion mit Latexmilch (*Tab. 4*). Zur Unterbindung von punktuell austretender Latexmilch aus den Injektionsstellen, wurde die betroffene Stelle mit einem in Eisessig (Essigsäure ROTIPURAN® 100 % p. a., Firma Carl Roth GmbH + Co KG, Karlsruhe / Germany) getränkten Schwamm betupft.

Tab. 4: Latexmilchmengen zur Darstellung der Gelenkaussackungen (n = 6)

Nr.	Gldm.	Hüft- gelenk	Knie- gelenk	Sprung- gelenk	Fessel- gelenk	Mittl. Zehen- gelenk
1	rechts	12 ml (gelb)	20 ml (gelb)	k. A.	k. A.	k. A.
2	rechts	3 ml (grün)	10 ml (grün)	k. A.	k. A.	k. A.
5	rechts	10 ml (gelb)	20 ml (gelb)	20 ml (gelb)	k. A.	k. A.
6	rechts	4 ml (grün)	16 ml (grün)	15 ml (grün)	3 ml (grün)	1 ml (grün)
7	rechts	5 ml (grün)	10 ml (grün)	10 ml (grün)	2 ml (grün)	1 ml (grün)
8	rechts	10 ml (grün)	k. A.	10 ml (grün)	2 ml (grün)	1 ml (grün)

k. A. – keine Angabe

Um das Hüftgelenk darzustellen, wurde dieses an der gestreckten Gliedmaße mit einer Einmalkanüle der Stärke 2,1 x 80 mm kranial des Trochanter major punktiert und in kaudoventraler Richtung vorgeschoben. Das Knie wurde in leicht gebeugter Haltung punktiert. Dabei wurde eine Einmalkanüle (0,9 x 40 mm) am lateralen Rand des Lig. patellae, in der Mitte zwischen der Patella und der Tuberositas tibiae, eingestochen. Die Kanüle wurde nach proximal vorgeschoben, um den Gelenkspalt optimal zu treffen. In das Sprunggelenk wurde von dorsal lateral oder medial der Strecksehnen in jede der Gelenketagen separat injiziert. Dabei wurde es leicht gestreckt, um die einzelnen Gelenkspalten besser ertasten zu können. Für die Injektion in die Zehengelenke wurden diese leicht gebeugt und von dorsal punktiert.

Zum Aushärten der Latexmilch wurde das Präparat für ca. 24 Stunden in einer Kühlkammer (ca. 4 °C) gelagert.

Nachfolgend wurde die Haut am kompletten Präparat entfernt.

Röntgen der Gelenke

Von einigen Präparaten (n = 8) wurden für die Darstellung der Gelenke Röntgenaufnahmen in verschiedenen Ebenen (Tab. 5, Tab. 6) angefertigt. Das Röntgengerät (OPTITOP 150 / 40 / 80 HC-100 Flachdetector, Firma Siemens Aktiengesellschaft, München / Germany) wurde von der Klinik für Pferde der LMU München unter der ehemaligen Leitung von Prof. Dr. H. Gerhards zur Verfügung gestellt.

Tab. 5: Projektionsrichtungen der einzelnen Röntgenaufnahmen

Strahlengang	Gelenke
ventro-dorsal (v/d)	Kreuz-Darmbeingelenk
medio-lateral (m/l) zusätzl. eine Glm. latero-medial	Hüft- und Kniegelenk Hüftgelenk
anterior-posterior (a/p)	Hüft- und Kniegelenk
medio-lateral (m/l)	Sprung- und Zehengelenke
dorso-plantar (d/p)	Sprung- und Zehengelenke

Für die adulten Tiere wurde mit 56 kV und 5,6 mAs gearbeitet und bei den Jungtieren mit der Einstellung 50 kV und 5,2 mAs.

Tab. 6: Lagerung bei den Röntgenaufnahmen

Nr.	Alter	Gewicht	Geschlecht	Gliedmaße	Aufnahme*
1	17 Jahre	40 kg	männlich	rechts	m/l
2	19 Tage	7 kg	männlich	rechts	v/d
				links	v/d
3	1 Tag	5,5 kg	weiblich	links (LM + BaSO ₄)	m/l, a/p, d/p
4	3 Monate	23 kg	männlich	rechts	l/m, a/p, d/p
				links	m/l, a/p, d/p
5	16 Jahre	50 kg	weiblich	rechts (LM + BaSO ₄)	m/l, a/p
				links	m/l, a/p
6	13 Jahre	62 kg	weiblich	links	m/l, a/p, d/p
9	17 Jahre	57 kg	männlich	rechts (LM + BaSO ₄)	m/l, a/p, d/p
				links (LM + BaSO ₄)	m/l, a/p, d/p
10	14 Jahre	55 kg	männlich	rechts	v/d, d/p
				links	v/d

* die Lagerung erfolgte bei einer bzw. beider Gliedmaßen

Zusätzlich wurde bei vier Präparaten der Latexmilch Bariumsulfat (Bariumsulfat, Firma Caesar & Loretz GmbH, Hilden / Germany) als Kontrastmittel hinzugefügt. Dabei wurde ein Mischungsverhältnis von 1 Teil Bariumsulfat, 1 Teil Wasser und 2 Teilen Latexmilch (O'BRIEN, 2017) verwendet. Hiermit wurden die Arterien, wie unter Abschnitt 3.2.2.2. Gefäße beschrieben, injiziert. Nach der Trocknungszeit von ca. einem Tag wurden Röntgenbilder (Abb. 6) der Gliedmaßen mit der oben beschriebenen Einstellung angefertigt. Diese dienen ausschließlich als Vorlage für die Schemazeichnungen (Abb. 49, Abb. 52).

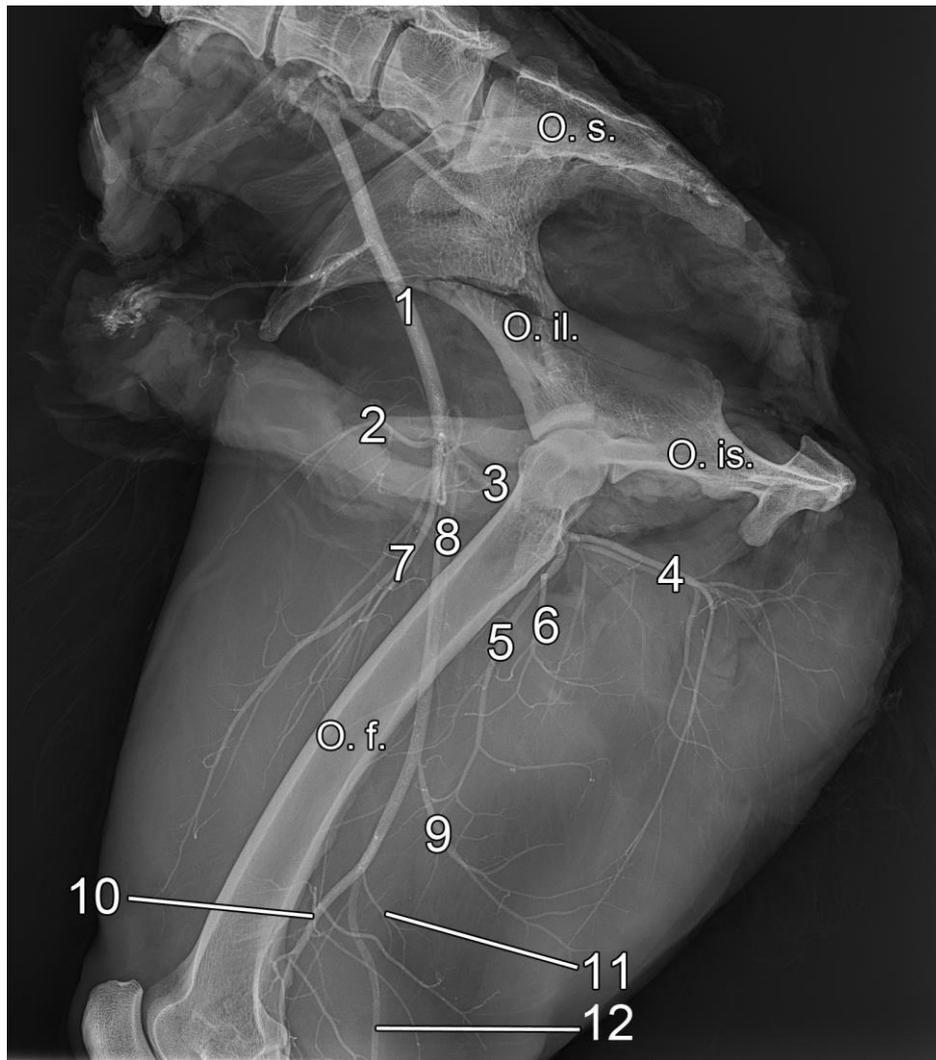


Abb. 6: lateromediale Röntgenaufnahme der mit Latexmilch und BaSO₄ injizierten Arterien des linken Oberschenkels eines 17 Jahre alten Huacaya-Hengstes:

O. f. – Os femoris; O. il. – Os ilium; O. is. – Os ischii; O. s. – Os sacrum

1 – A. iliaca externa; 2 – A. circumflexa ilium superficialis; 3-6 – A. circumflexa femoris medialis (4 – Ramus ascendens; 5 – Ramus descendens; 6 – Ramus transversus); 7 – A. circumflexa femoris lateralis; 8 – A. femoralis; 9 – A. caudalis femoris proximalis; 10 – A. genus descendens; 11 – A. caudalis femoris distalis; 12 – A. saphena

3.2.2.4 Schnittbilder der Gelenke

Von den Beckengliedmaßen zweier Tiere (9, 10) wurden für einen topografischen Überblick Querschnitte angefertigt. Dafür wurden die Gliedmaßen zunächst in gestreckter Stellung eingefroren und anschließend mit Hilfe eine Bandsäge in etwa 0,5 – 1,5 cm dicke Scheiben geschnitten. Diese Scheiben wurden, zur Farbtintensivierung der Muskulatur, auf ihren Schnittflächen mit Alkohol behandelt und fotografiert.

3.2.2.5 Knochenpräparate

Bei drei Tieren (1, 11 und 12) wurde nach der Darstellung von Muskeln, Leitungsbahnen, Blutgefäßen und Gelenken weitestgehend das Muskel- und Bindegewebe entfernt und diese anschließend von einem Präparator des Lehrstuhls mazeriert. Dafür wurden die entfleischten Knochen zunächst in einer Lösung aus 20 g Waschmittel (ARO welding Technologies SAS, Château du Loir / France) und 1 Liter Wasser eine Woche lang eingelegt und währenddessen in einem Wärmeschrank bei 65 °C gelagert. Hier nach erfolgte für weitere 5 Wochen ein Bad in Aceton (Aceton 99,5 %, Firma Merck, Darmstadt / Germany). Die Knochen trockneten unter einem Abzug und wurden bei Bedarf noch 3 Tage lang in einer 5%igen Wasserstoffperoxid-Lösung (Wasserstoffperoxid 35 % CLN, Firma Merck, Darmstadt / Germany) gebleicht.

3.2.3 Dokumentation der Ergebnisse

Die Dokumentation der einzelnen Strukturen erfolgte anhand von Fotografien mit einer digitalen Spiegelreflexkamera (Digitalkamera E-620, Firma Olympus Imaging Europa GmbH, Hamburg / Germany). Für die Übersichtsaufnahmen der Gliedmaßen wurde ein Olympus® Zuiko Digital ED 14-42 mm f3.5-5.6 Objektiv verwendet. Zusätzlich wurde als zweites Objektiv das Olympus® Zuiko Digital 35 mm f3.5 Makroobjektiv für Makroaufnahmen benutzt. Um möglichst Verwackelungen und Glanzlichter zu vermeiden, wurden außerdem ein Stativ sowie ein Polfilter (hama® PL CIR Ø 58 (IV) und Ø 52) verwendet. Von einigen Präparaten wurden auch Detailaufnahmen angefertigt. Hierfür wurde die Kamera an einem stationären Stativ mit zusätzlichen Polarisationsfolien angebracht. Die Bilder wurden nach jedem Präparationsschritt angefertigt, um eine schichtweise Dokumentation zu gewährleisten. Zur Erleichterung der späteren Bildbearbeitung wurden die Präparate für die Fotos auf einer matten, schwarzen Teichfolie fotografiert und für den korrekten Maßstab zusätzlich ein Lineal mit Zentimeter- und Millimeterangaben neben das Präparat gelegt.

Die Bearbeitung der Bilder erfolgte mit dem Programm Adobe® Photoshop® CS2 Version 9.0 (Adobe Systems Incorporated, United States). Hierbei wurde der Hintergrund einheitlich schwarz eingefärbt und der Maßstab eingefügt. Abschließend wurden bei der Präparation übersehener Schmutz, Haare und evtl. störende Glanzlichter nachträglich entfernt.

Es wurden auf Grundlage einiger Bilder zusätzlich Schemazeichnungen angefertigt.

Alle Befunde wurden zudem handschriftlich auf zuvor erstellten Arbeitsplänen festgehalten.

4 Ergebnisse

4.1 Gelenke der Beckengliedmaße

4.1.1 Kreuz-Darmbein-Gelenk (Articulatio sacroiliaca)

Beteiligte Knochenstrukturen

Das Iliosakralgelenk des Alpakas ist ein straffes Gelenk in dem die Facies auricularis des Os sacrum mit der Facies auricularis des Os ilium artikuliert (Abb. 7, Abb. 8).

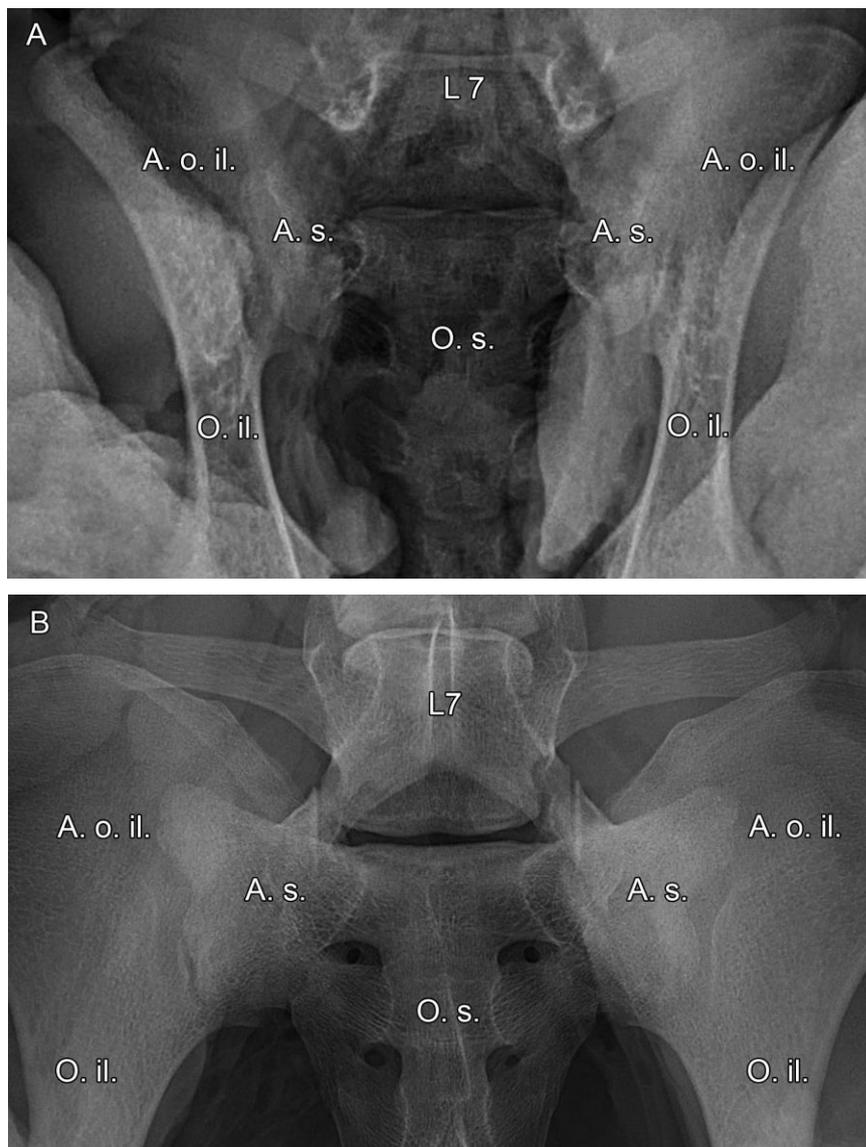


Abb. 7: Ventrodorsale Röntgenaufnahme der Kreuz-Darmbein-Gelenke eines 19 Tage alten Huacaya-Hengstes (A) und eines 14 Jahre alten Huacaya-Wallachs (B), Beckenhöhlenorgane entfernt:

A. o. il. – Ala ossis ilii; A. s. – Ala sacralis; L 7 – 7. Lendenwirbel; O. il. – Os ilium; O. s. – Os sacrum

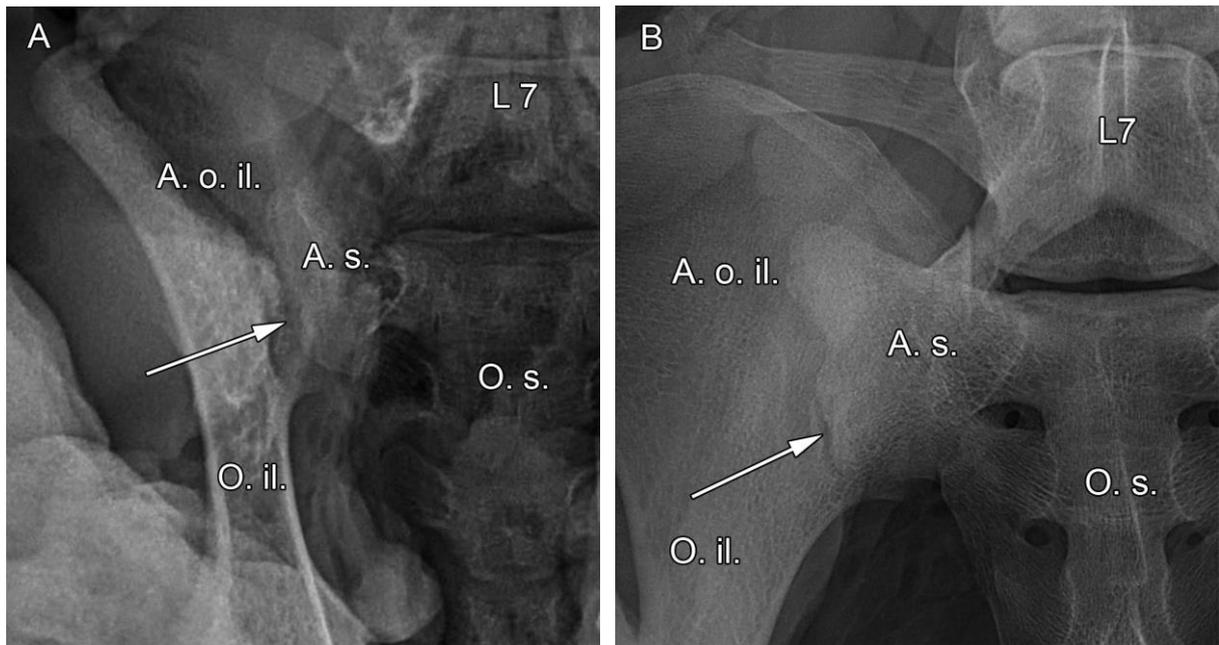


Abb. 8: Ventrodorsale Röntgenaufnahme des rechten Kreuz-Darmbein-Gelenks eines 19 Tage alten Huacaya-Hengstes (A) und eines 14 Jahre alten Huacaya-Wallachs (B), Beckenhöhlenorgane entfernt (Ausschnitt aus Abb. 7):

A. o. il. – Ala ossis ilii; A. s. – Ala sacralis; L 7 – 7. Lendenwirbel; O. il. – Os ilium; O. s. – Os sacrum

Pfeil – Articulatio sacroiliaca

An den beiden Seitenflächen (Facies laterales) des Kreuzbeins ist jeweils ein deutlicher Kreuzbeinflügel (Ala sacralis) ausgebildet, der vom ersten Kreuzwirbel stammt. Die Dorsalfläche der Ala sacralis bildet eine große, leicht konkave Facies auricularis. Der Rand der Gelenkfläche ist ungleichmäßig und die Fläche rau. Am dorsalen Rand der Facies auricularis ist eine Tuberositas sacralis ausgebildet, welche als Ansatzpunkt der Bänder des Kreuz-Darmbein-Gelenks dient. Der Darmbeinflügel des Alpakas ist eher steil ausgerichtet mit einer leichten lateralen Neigung des Tuber coxae. Die mediale Fläche des Os ilium (Facies sacropelvina) besitzt in ihrer dorsalen Hälfte eine deutliche Tuberositas iliaca mit einer schwach abgrenzbaren Facies auricularis. Die Gelenkflächen des Kreuzbeins und des Darmbeins sind an den Knochenpräparaten in Abb. 9 dargestellt.

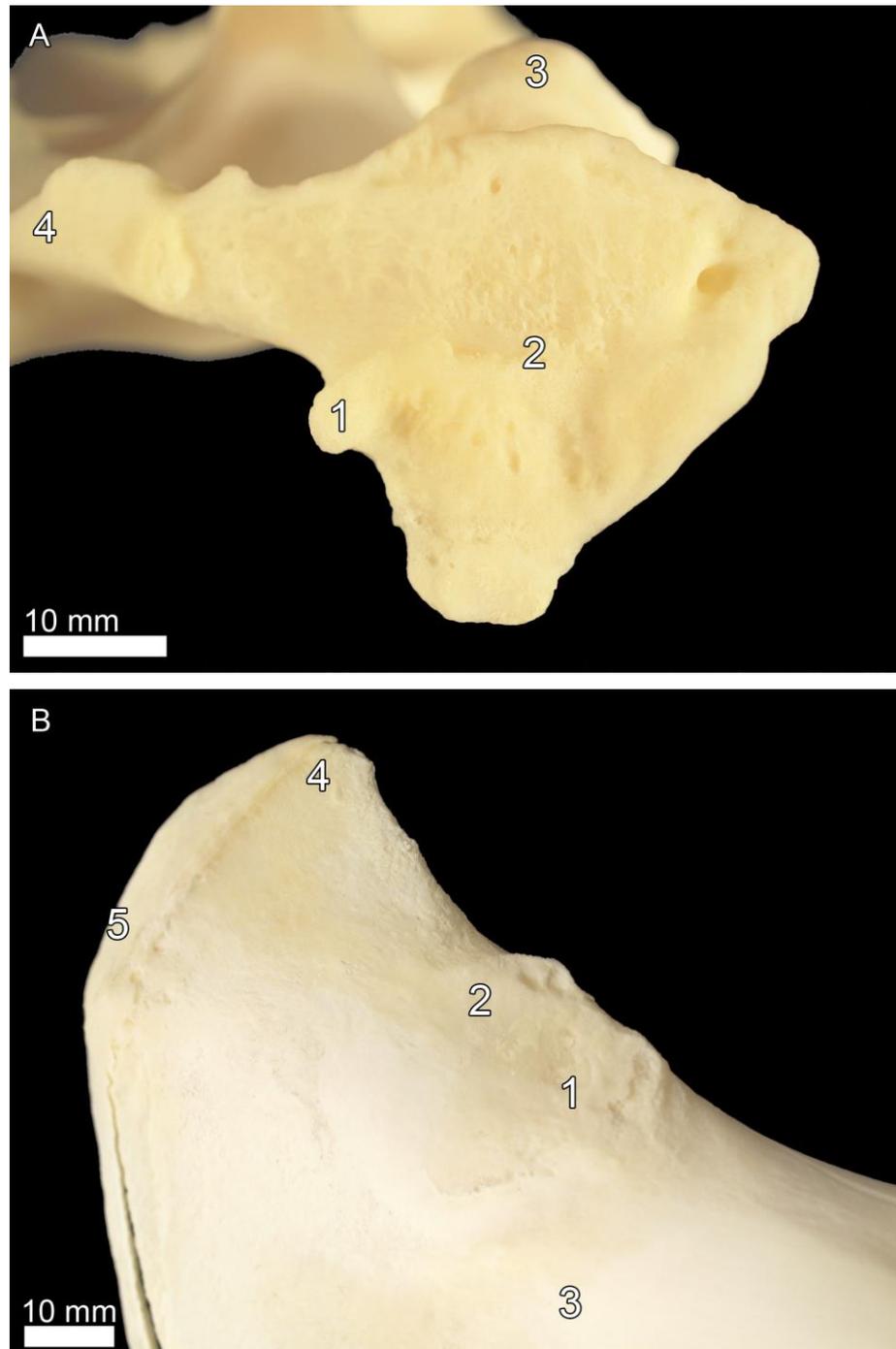


Abb. 9: Knöcherner Grundlage des rechten Iliosakralgelenks einer 4 Jahre alten Huacaya-Stute:

A: *Facies auricularis* des *Os sacrum*, Ansicht von leicht kaudolateral

1 – *Facies auricularis*; 2 – *Tuberositas sacralis*; 3 – *Processus articularis cranialis* des ersten Kreuzwirbels; 4 – *Pars lateralis*

B: Dorsaler Anteil der *Facies sacropelvina* des *Os ilium*, Ansicht von medial

1 – *Facies auricularis*; 2 – *Tuberositas iliaca*; 3 – *Facies iliaca*; 4 – *Tuber sacrale*; 5 – *Crista iliaca*

Gelenkkapsel und -bänder

Die Gelenkbänder des Kreuz-Darmbein-Gelenks des Alpakas sind straff und, abgesehen von dem Lig. sacrotuberale latum, kurz. Die Gelenkhöhle selbst ist klein und eng zwischen den beiden Gelenkflächen des Kreuzbeins und des Darmbeins gelegen. Von der Tuberositas sacralis zur Tuberositas iliaca erstrecken sich die Ligg. sacroiliaca interossea. Zwischen der ventralen Seite der Ala sacralis des Kreuzbeins und der Facies iliaca des Darmbeins sind die Ligg. sacroiliaca ventralia aufgespannt. Oberflächlich von der dorsalen Kante (Crista sacralis mediana) des Os sacrum reichen die Ligg. sacroiliaca dorsalia bis an die Tuberositas iliaca. Das großflächige Lig. sacrotuberale latum erstreckt sich beim Alpaka von der Pars lateralis am Kreuzbein und am ersten Schwanzwirbel bis zur Spina ischiadica und zum Tuber ischiadicum des Sitzbeins und an die Ala sacralis des Darmbeins. Innerhalb dieses breiten und fächerartig aufgespannten Bandes bleiben zwei Öffnungen frei, das kraniale Foramen ischiadicum majus, dorsal der Incisura ischiadica major und das kaudale Foramen ischiadicum minus, welches sich oberhalb der Incisura ischiadica minor erstreckt. Durch das Foramen ischiadicum majus ziehen die A. und V. glutea cranialis, der N. gluteus cranialis und der N. ischiadicus. Die A. und V. glutea caudalis und der N. obturatorius zur Versorgung des M. obturatorius internus sowie die Endsehne des M. obturatorius internus verlaufen durch das Foramen ischiadicum minus.

Topografie

Das Iliosakralgelenk wird lateral von dem Ursprung des M. gluteobiceps und der Glutäalmuskulatur (M. gluteus medius, M. gluteus accessorius u. M. gluteus profundus) und noch weiter lateral von der Fascia glutea und der Haut bedeckt (*Abb. 10*). Medial liegt ihm der Mastdarm (Rectum) direkt an. Zudem verlaufen medial der N. obturatorius und der N. ischiadicus sowie die A. und V. iliaca interna. An der ventralen Kante des Os ilium zieht der M. iliopsoas bis zum Trochanter minor des Oberschenkelbeins. Dieser Muskel wird von der Fascia iliaca überzogen.

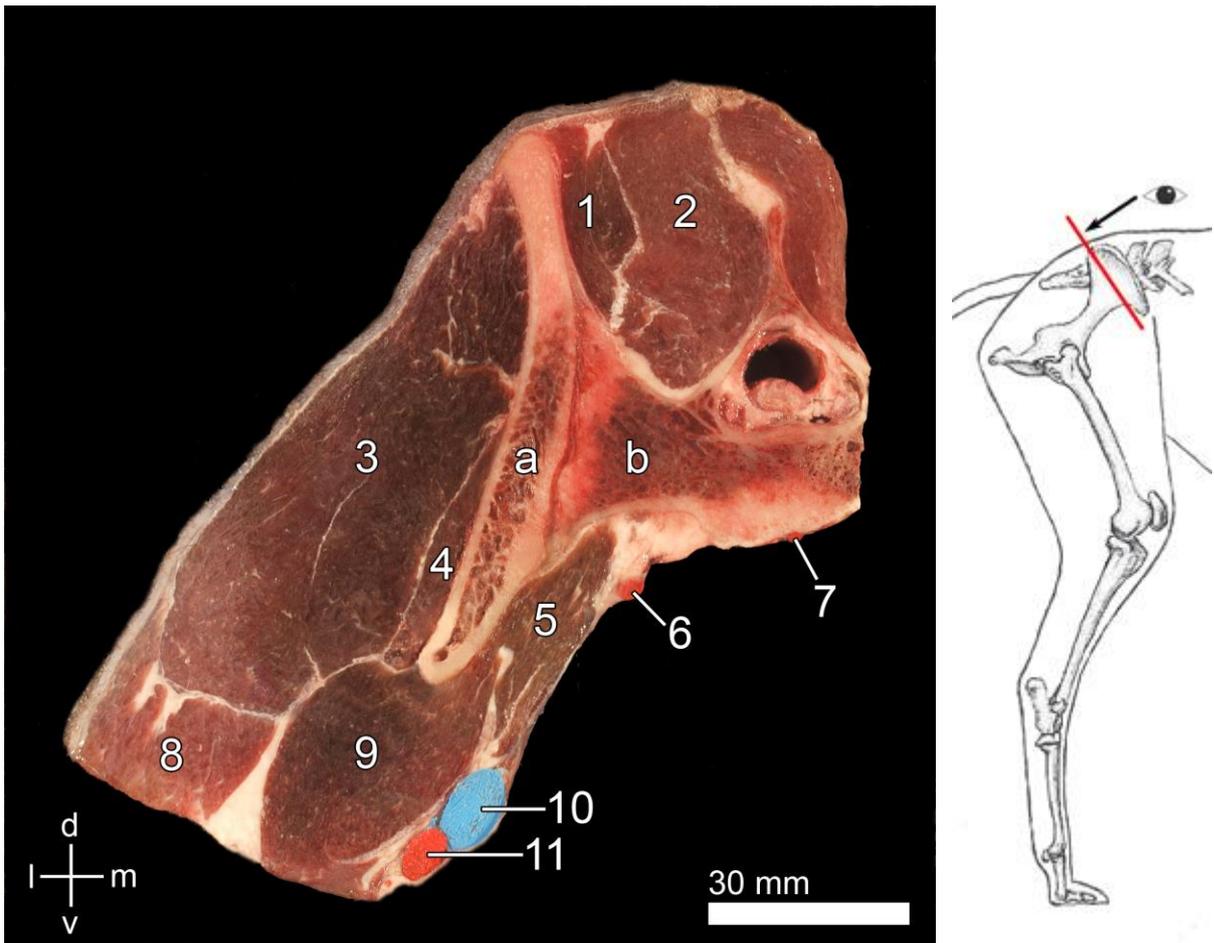


Abb. 10: Gliedmaßen-Querschnitt des rechten Kreuz-Darmbeingelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs, Ansicht von kranial:

a – Ala ossis ilii; b – Ala sacralis; d – dorsal; l – lateral; m – medial; v – ventral

1 – *M. iliocostalis*; 2 – *M. longissimus*; 3 – *M. gluteus medius*; 4 – *M. gluteus profundus*; 5 – *M. iliacus*; 6 – *A. iliaca interna*; 7 – *A. sacralis mediana*; 8 – *M. tensor fasciae latae*; 9 – *M. iliopsoas*; 10 – *V. iliaca externa*; 11 – *A. iliaca externa*

4.1.2 Hüftgelenk (Articulatio coxae)

Beteiligte Knochenstrukturen

Das Hüftgelenk des Alpakas ist ein Kugelgelenk (Articulatio sphaeroidea), das vom Caput ossis femoris des Oberschenkelbeins und dem Acetabulum des Beckens gebildet wird (Abb. 11).

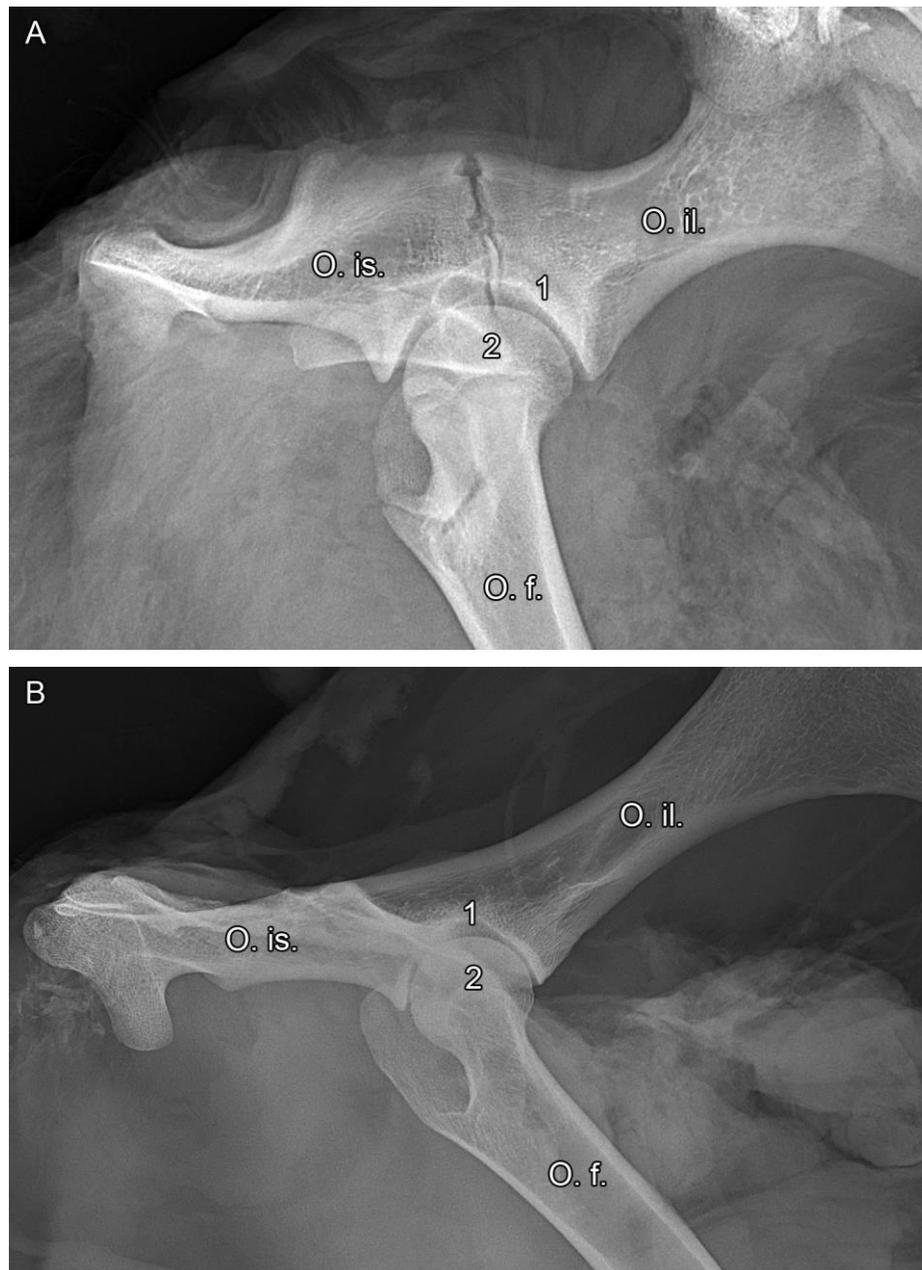


Abb. 11: Mediolaterale Röntgenaufnahme des linken Hüftgelenks eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes mit Wachstumsfugen (A) und einer 13 Jahre alten Huacaya-Stute (B, leicht verkippt), Beckenhöhlenorgane entfernt:

O. f. – Os femoris; O. il. – Os ilium; O. is – Os ischii

1 – Acetabulum; 2 – Caput ossis femoris

Die Beckenpfanne (Acetabulum) ist eine halbkugelige Vertiefung auf der lateralen Seite des Os coxae, die gleichzeitig die Verbindungsstelle aller drei Beckenknochen darstellt. Die Vertiefung ist in ihrer Ausdehnung und Form an den Kopf des Oberschenkelbeins angepasst. Für die Artikulation mit diesem ist im Acetabulum die sichelförmige, ungeteilte Facies lunata ausgebildet. Diese ist, ebenso wie das Acetabulum selbst, nach kaudoventral offen. Durch diese Incisura acetabuli tritt das Lig. capitis ossis femoris an den Caput ossis femoris. Im Zentrum der Vertiefung liegt die Fossa acetabuli, welche den Ursprung für das zuvor erwähnte Band darstellt. Der äußere Rand des Acetabulums (Margo acetabuli) wird durch eine knorpelfaserige Erweiterung, dem Labrum acetabulare, vergrößert.

Der halbkugelförmige Kopf des Oberschenkelbeins überragt den Körper des Oberschenkelbeins deutlich. Die konvexe Gelenkfläche des Caput ossis femoris ist glatt und weist in kaudomedialer Richtung eine ovale Grube in Form der Fovea capitis auf, welche den Ansatz des Lig. capitis ossis femoris bildet und nicht von Gelenknorpel überzogen ist. Die knöchernen Strukturen des Hüftgelenks sind in *Abb. 12* dargestellt.

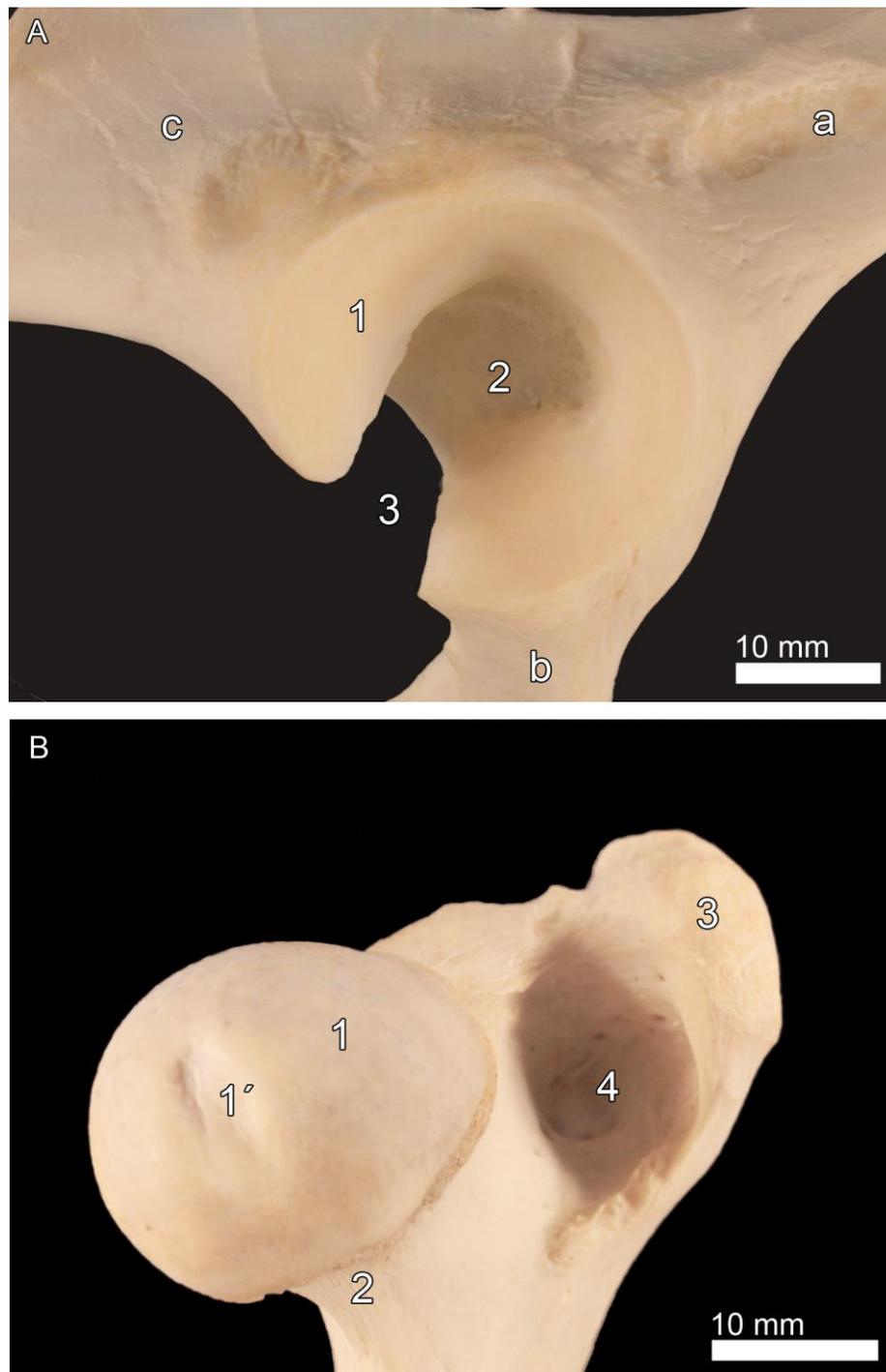


Abb. 12: Knöcherne Grundlage des rechten Hüftgelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs:

A: Acetabulum, Ansicht von ventrolateral
a – Os ilium; b – Os pubis; c – Os ischii

1 – Facies lunata; 2 – Fossa acetabuli; 3 – Incisura acetabuli

B: proximales Endstück des Os femoris, Ansicht von kaudomedial

1 – Caput; 1' – Fovea capitis; 2 – Collum; 3 – Trochanter major; 4 – Fossa Trochanterica

Beteiligte Muskeln

Die Muskulatur des Hüftgelenks umfasst mehrere Muskelgruppen. Zu diesen zählen lateral und kranial die äußeren Hüft- und Kruppenmuskeln, kaudal die Muskeln der Hinterbacke sowie die medialen Oberschenkelmuskeln und die tiefen Muskeln des Hüftgelenks.

Zur Gruppe der äußeren Hüft- und Kruppenmuskeln gehören der *M. gluteus superficialis*, der *M. gluteus medius*, der *M. gluteus accessorius*, der *M. gluteus profundus* und der *M. tensor fasciae latae*.

Der **M. gluteus superficialis** stellt die Pars cranialis des *M. gluteobiceps* dar. Dabei verschmilzt er nicht vollkommen mit dem *M. biceps femoris*, sondern bleibt teilweise abgrenzbar. Er hat seinen Ursprung an der Fascia glutea, auf Höhe des Tuber sacrale und an der Pars lateralis des Os sacrum. Er zieht über den *M. gluteus medius* und geht kaudoventral in eine flache Sehne über, die auf Höhe des Trochanter major ossis femoris in die kraniale Kante des *M. biceps femoris* übergeht.

Als kräftigster Muskel dieser Gruppe nimmt der **M. gluteus medius** seinen Ursprung am kranialen Rand der Ala ossis ilii und überzieht den Darmbeinflügel in seinem Verlauf komplett. Er endet auf dem Trochanter major ossis femoris.

Zusätzlich ist am dorsalen Rand des *M. gluteus medius* eine schmale, separierbare Portion als **M. piriformis** erkennbar, welcher vom kranialen Rand der Ala ossis ilii kaudal an den Trochanter major ossis femoris zieht.

Der **M. gluteus accessorius** liegt dem *M. gluteus medius* medial an. Er entspringt an der Fascia glutea der Ala ossis ilii und zieht ebenfalls zum Trochanter major ossis femoris.

Von seinem breiten, fächerförmigen Ursprung am Darmbeinschaft bis zur Spina ischiadica zieht der **M. gluteus profundus** als flacher Muskel direkt über das Hüftgelenk und mit konvergierenden Fasern bis an den Trochanter major.

Der **M. tensor fasciae latae** erstreckt sich mit seinem Muskelbauch ventral des Darmbeins an der kranial-lateralen Kante des Oberschenkels. Er entspringt am Tuber coxae, bedeckt in der proximalen Hälfte des Oberschenkels den *M. rectus femoris* und geht sehnig in die Fascia lata über. Die Fascia lata bildet die Fortsetzung der Fascia glutea und zieht teils mehrblättrig über die laterale Muskulatur des Oberschenkels. Kranial und kaudal verschmilzt sie mit der medialen Oberschenkel-faszie und geht zusammen mit dieser im Bereich des Kniegelenks in die Fascia genus über.

Die Gruppe der Hinterbackenmuskeln wird vom *M. biceps femoris*, *M. semitendinosus* und *M. semimembranosus* gebildet.

Der **M. biceps femoris** des Alpakas entspringt am Os sacrum, dem Lig. sacrotuberale latum und zusätzlich am Tuber ischiadicum. Auf halber Höhe des Oberschenkels verschmilzt er

kranial mit den Ausläufen des M. gluteus superficialis zum **M. gluteobiceps**. Er grenzt kaudal an den M. semitendinosus und medial an den M. semimembranosus, den M. adductor und verdeckt den N. ischiadicus, bzw. dessen Fortsetzungen. In seinem Verlauf werden zwei miteinander mehr oder weniger verschmolzene Muskelanteile erkennbar, welche sich in eine kraniale und eine kaudale Portion unterteilen lassen. Die kraniale Portion setzt lateral an der Patella und an der Tuberositas tibiae an, während die kaudale Portion aponeurotisch in die Fascia cruris zieht. Der Ansatz der kranialen Portion lässt sich zusätzlich noch in einen oberflächlichen und einen tiefen Anteil unterteilen. Die kaudale Portion des M. gluteobiceps gibt einen schmalen sehnigen Strang (Fersenbeinsehne) ab, welcher bis an den Tuber calcanei zieht.

Der **M. semitendinosus** liegt kaudolateral am Oberschenkel und besteht aus einem Wirbelkopf und einem Beckenkopf. Sein Wirbelkopf entspringt am letzten Kreuzwirbel sowie am ersten Schwanzwirbel und liegt als schmaler zarter Muskelbauch kaudal dem M. gluteus superficialis an. Er zieht über den Ursprung des Bizepsanteils des M. gluteobiceps und zieht im proximalen Drittel des Oberschenkels mit einer langen runden Endsehne ventral des Tuber ischiadicums in den Beckenkopf. Der Beckenkopf des M. semitendinosus zieht vom Tuber ischiadicum kaudomedial des M. gluteobiceps bis medial an die Tuberositas tibiae. Zusätzlich gibt er, wie auch der M. gluteobiceps, eine schmale Fersenbeinsehne (Tendo accessorius) ab, die an den Tuber calcanei zieht.

Der **M. semimembranosus** entspringt ebenfalls am Tuber ischiadicum. Er inseriert in zwei Ansätzen, zum einen am Condylus medialis ossis femoris und zum anderen medial an der Patella. Eine Übersicht über die laterale Oberschenkelmuskulatur zeigt die *Abb. 13*.

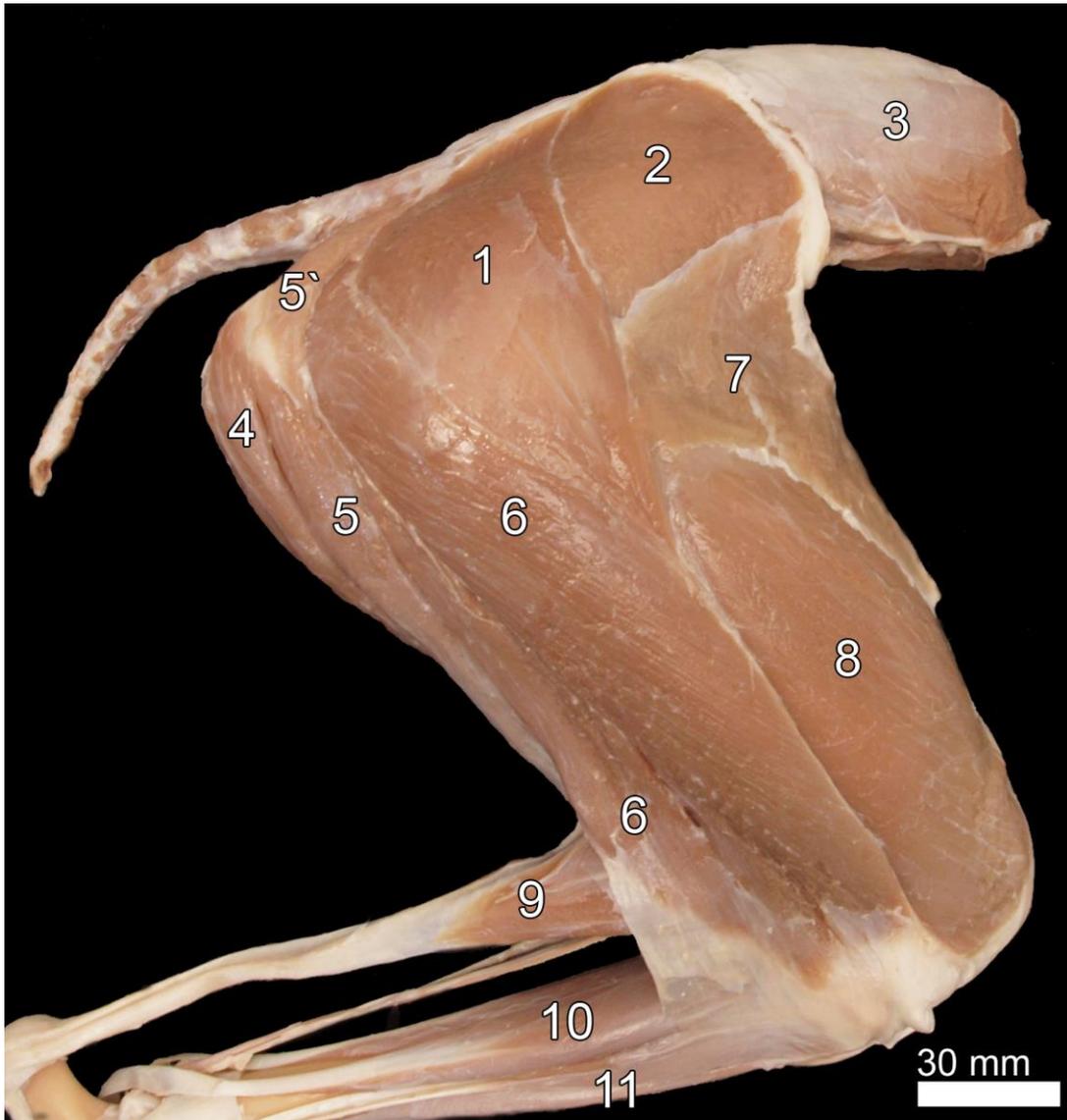


Abb. 13: Muskulatur des rechten Oberschenkels eines 19 Tage alten Huacaya-Hengstes; Ansicht von lateral (Fascia lata und Fersenstrang des M. gluteobiceps entfernt):

1 – Glutäalanteil des M. gluteobiceps (*M. gluteus superficialis*); 2 – *M. gluteus medius*; 3 – Fascia lumbodorsalis mit *M. longissimus lumborum*; 4 – *M. semimembranosus*; 5, 5' – *M. semitendinosus* (5 – Beckenkopf, 5' – Wirbelkopf); 6 – Bizepsanteil des M. gluteobiceps; 7 – *M. tensor fasciae latae*; 8 – *M. vastus lateralis*; 9 – Caput laterale des *M. gastrocnemius*; 10 – *M. flexor digitorum lateralis*; 11 – *M. fibularis tertius*

Zu den Muskeln am medialen Oberschenkel zählen der *M. sartorius*, der *M. gracilis*, der *M. pectineus* und die *Mm. adductores* (Abb. 14).

Der lange, schlanke **M. sartorius** erstreckt sich kranio-medial am Oberschenkel. Er hat zwei separate Ursprünge an der Fascia iliaca, zieht als ein einheitlicher Muskelbauch distal und strahlt medial der Extremitas proximalis tibiae, zusammen mit dem *M. gracilis*, in die Fascia cruris ein.

Der **M. gracilis** zieht als breiter, flacher Muskel von der Tendo symphysialis bis zur Extremitas proximalis tibiae und geht dort, zusammen mit dem M. sartorius, in die Fascia cruris über.

Der kleine, spindelförmige **M. pectineus** nimmt seinen Ursprung am Pecten ossis pubis und der Eminentia iliopubica und zieht mit seinem Muskelbauch bis zum Labium mediale ossis femoris. Seine sehnigen Ausläufer ziehen bis zum Condylus medialis ossis femoris.

Die **Mm. adductores** entspringen ventral am Os pubis, an der Symphysis pelvis sowie ventral am Os ischii. Gemeinsam ziehen sie zur Facies aspera ossis femoris.

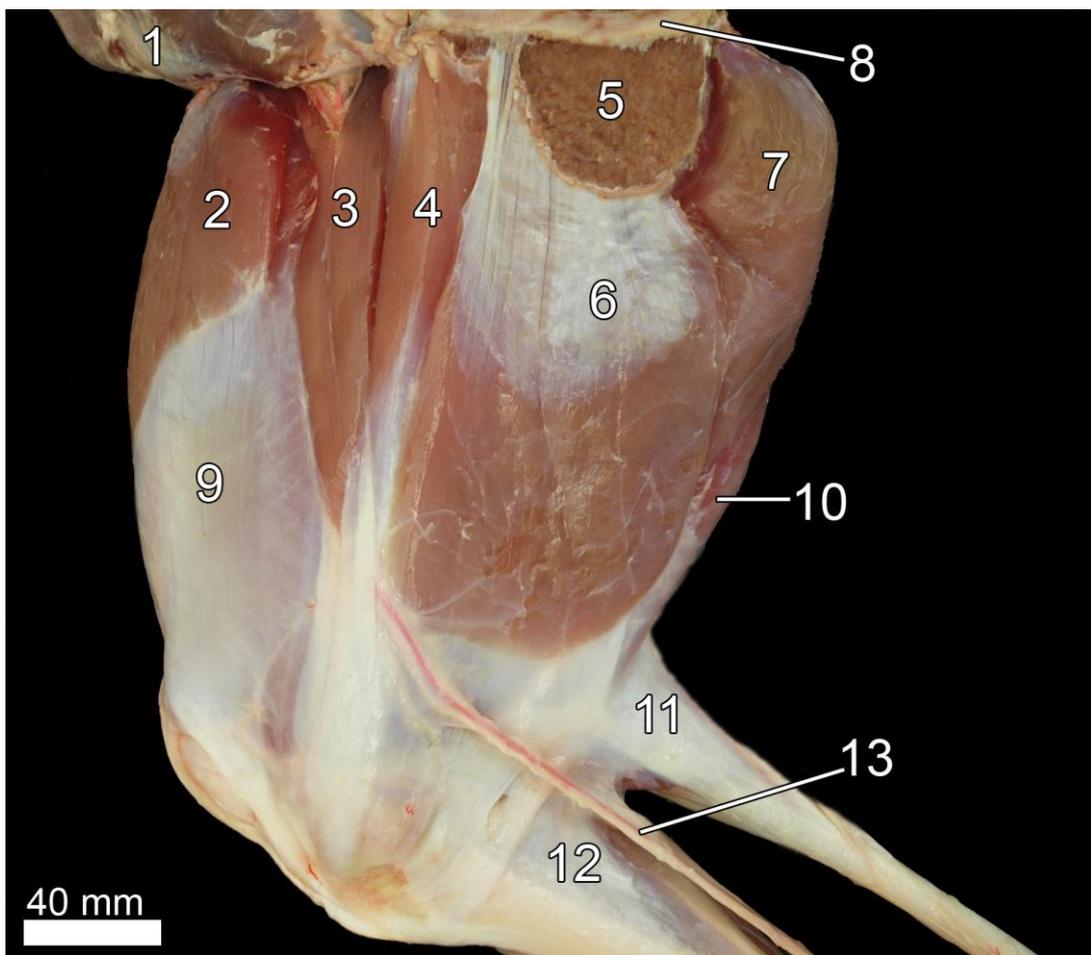


Abb. 14: Muskulatur am rechten Oberschenkel eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes; Ansicht von medial (mediale Oberschenkelfaszie teilweise entfernt):

1 – *M. obliquus externus abdominis*; 2 – *M. tensor fasciae latae*; 3 – *M. sartorius*; 4 – *M. pectineus*; 5 – Anschnitt der *Mm. adductores*; 6 – *M. gracilis*; 7 – *M. semimembranosus*; 8 – *Symphysis pelvis*; 9 – mediale Oberschenkelfaszie; 10 – *M. semitendinosus*; 11 – *M. gastrocnemius*; 12 – *M. flexor digitorum medialis*; 13 – *A. saphena*

Die tiefen Muskeln des Hüftgelenks bilden der M. obturatorius internus, der M. obturatorius externus, die Mm. gemelli und der M. quadratus femoris.

Der **M. obturatorius internus** ist kräftig entwickelt und teilweise sehnig durchsetzt. Er entspringt beckenhöhlenseitig an der Darmbeinsäule und am Sitzbein sowie um das Foramen obturatum und zieht sehnig, von einem Schleimbeutel unterlagert, über die Incisura ischiadica minor aus der Beckenhöhle zwischen die Mm. gemelli. Er inseriert in der Fossa trochanterica.

Der **M. obturatorius externus** hat seinen Ursprung extrapelvin um das Foramen obturatum und zieht trichterförmig distal des Tuber ischiadicum in die Fossa trochanterica. Dabei wird sie vom kaudalen Anteil der Mm. gemelli sowie dem M. quadratus femoris bedeckt.

Die **Mm. gemelli** sind durch die Sehne des M. obturatorius internus in einen kranialen und einen kaudalen Muskelbauch unterteilt. Sie entspringen ventral der Incisura ischiadica minor des Sitzbeins und ziehen, gemeinsam mit der Sehne des M. obturatorius internus, zur Fossa trochanterica.

Der **M. quadratus femoris** bildet den kaudalsten der tiefen Hüftgelenksmuskeln. Er spannt sich zwischen der Ventralfläche des Os ischii und der Fossa trochanterica auf.

Gelenkkapsel und -bänder

Die geräumige Gelenkkapsel des Hüftgelenks reicht beim Alpaka vom Labrum acetabulare der Gelenkpfanne des Beckenknochens bis kaudal des Caput ossis femoris und umschließt dieses somit vollständig. Der kraniale Kapselteil wird von dem direkt aufliegenden Lig. iliofemorale überzogen, das der Gelenkkapsel dort als zusätzliche Verstärkung dient. Die kaudovertral liegende Incisura acetabuli wird von dem Lig. transversum acetabuli überspannt, so dass eine geschlossene Gelenkpfanne entsteht. Von der Fovea capitis ossis femoris zieht das Lig. capitis ossis femoris direkt in die Fossa acetabuli und setzt dort in Richtung der Incisura acetabuli an (*Abb. 15*).

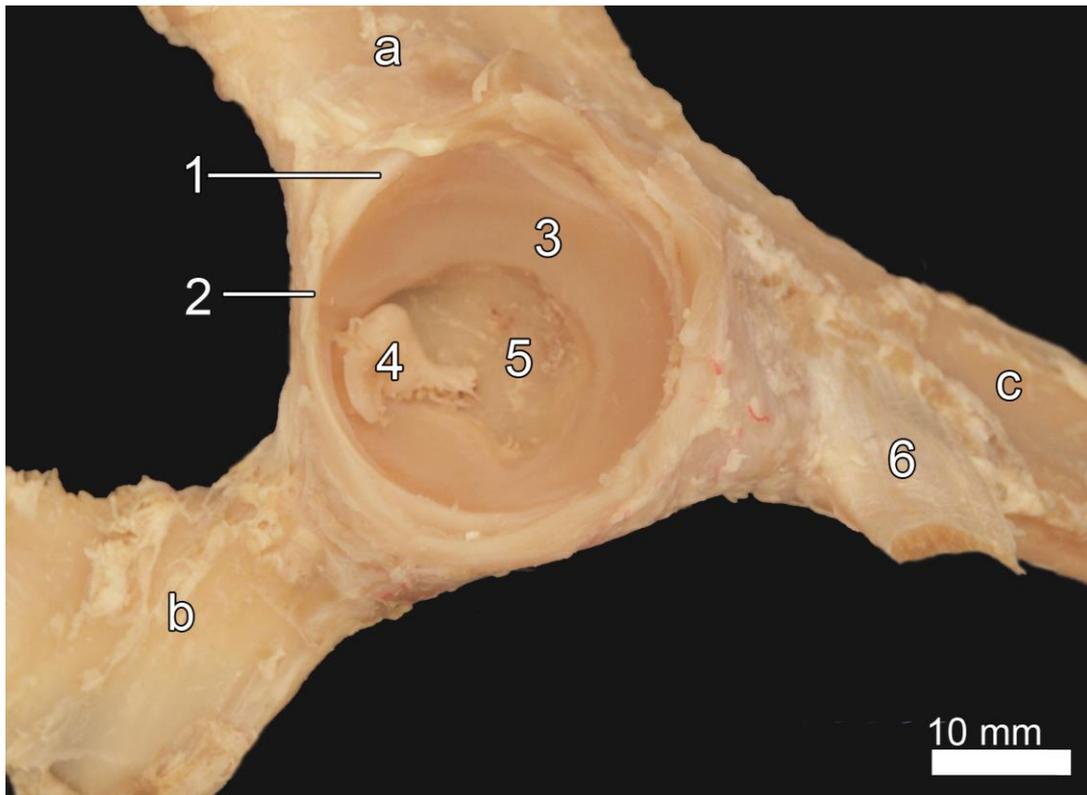


Abb. 15: Acetabulum des rechten Hüftgelenks einer 16 Jahre alten Suri-Stute; Ansicht von ventrolateral:

a – Os ischii; b – Os pubis; c – Os ilium

1 – Labrum acetabuli; 2 – Lig. transversum acetabuli; 3 – Facies lunata; 4 – Stumpf des Lig. capitis ossis femoris; 5 – Fossa acetabuli; 6 – Ursprungssehne des M. rectus femoris

Topografie

Kranial der Hüftgelenkkapsel auf. Den Mm. adductores und dem M. gluteus profundus liegt der M. rectus femoris mit seinen beiden Ursprüngen am Os ilium. Dieser wird seinerseits vom M. tensor fasciae latae und der Fascia lata überzogen.

Von kaudolateral schmiegen sich Anteile der kleinen Beckengesellschaft an die Articulatio coxae. Dorsal der Gelenkkapsel zieht – nur vom M. gluteus profundus getrennt – quer von kranial aus dem Foramen ischiadicum majus kommend, der N. ischiadicus. Dieser entlässt, nach seinem Übertritt auf die laterale Seite des Lig. sacrotuberale latum, den N. gluteus cranialis und den N. gluteus caudalis sowie mehrere Rami musculares und zieht weiter kaudal um den Trochanter major herum. Direkt unterhalb des Trochanter major teilt er sich anschließend in den N. tibialis und den N. fibularis communis. Lateral folgt die weitere Glutäalmuskulatur in mehreren Schichten (M. gluteus accessorius, M. gluteus medius, M. gluteus superficialis als Anteil des M. gluteobiceps) über dem Hüftgelenk bzw. über den tiefen Hüftbeugern und dem N. ischiadicus. Kaudal schließt sich ihnen oberflächlich der Bizepsanteil des M. gluteobiceps und der Wirbelkopf des M. semitendinosus an. Auf der

kaudalen Seite des Oberschenkels bedecken der M. semitendinosus und der M. semimembranosus sowie die kleine Beckengesellschaft das Hüftgelenk (*Abb. 16*).

Auf der medialen Seite ziehen dem M. semimembranosus kranial anliegend die Mm. adductores, der M. pectineus und der M. sartorius distal. Die letzten beiden Muskeln begrenzen den Canalis femoralis, in dem die A. und die V. femoralis sowie der N. saphenus in distaler Richtung verlaufen. Der M. gracilis bildet auf der medialen Seite die oberflächliche Schicht und wird von der medialen Oberschenkelfaszie und der Haut überzogen.

Der M. iliopsoas zieht von kranio-medial am Hüftgelenk vorbei zum Trochanter minor ossis femoris.

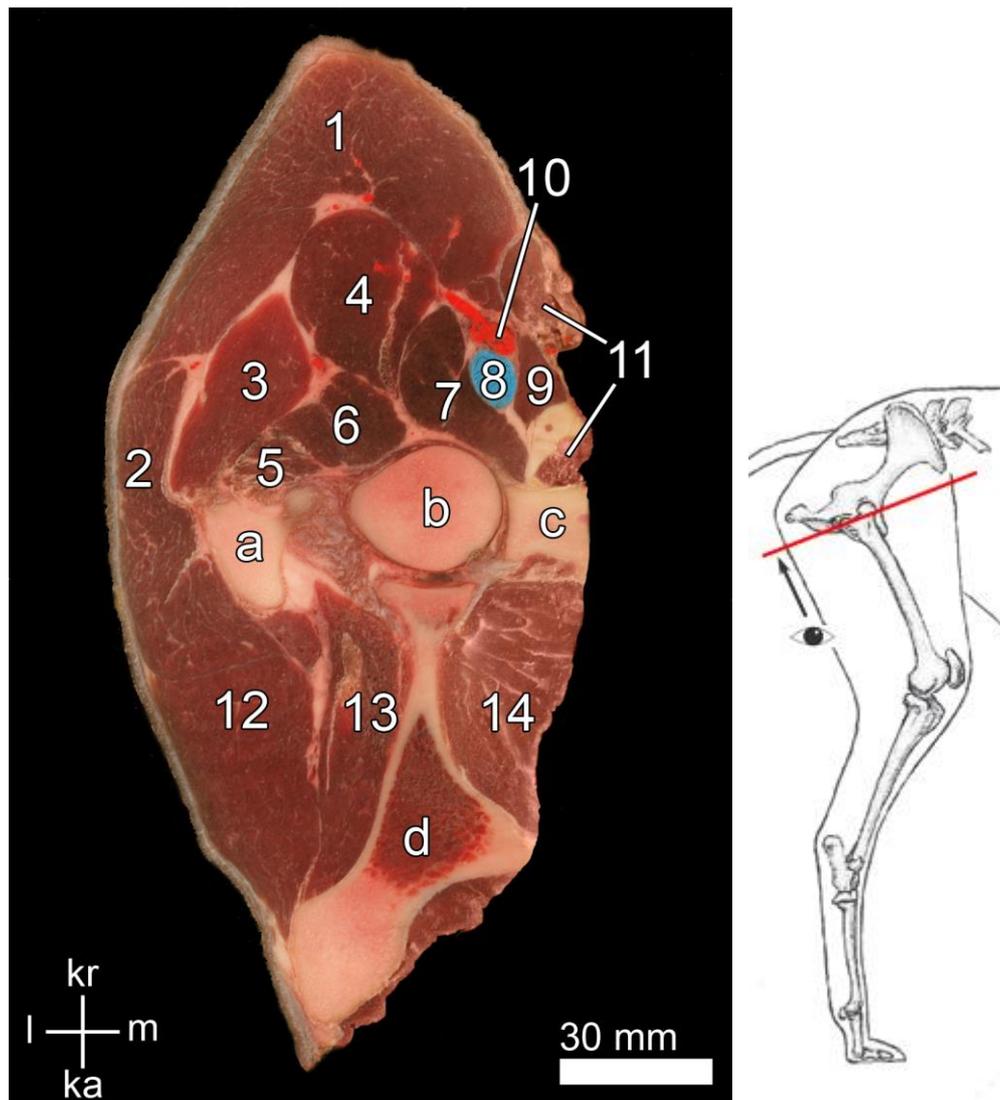


Abb. 16: Gliedmaßen-Querschnitt des rechten Hüftgelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs Ansicht von distal:

a – Trochanter major ossis femoris; b – Caput ossis femoris; c – Os pubis; d – Os ischii; ka – kaudal; kr – kranial; l – lateral; m – medial

1 – *M. tensor fasciae latae*; 2 – Glutäalanteil des *M. glutaebiceps* (*M. glutaeus superficialis*); 3 – *M. glutaeus medius*; 4 – *M. rectus femoris*; 5 – *M. glutaeus accessorius*; 6 – *M. glutaeus profundus*; 7 – *Mm. adductores*; 8 – *V. femoralis*; 9 – *M. pectineus*; 10 – *A. femoralis*; 11 – *M. sartorius*; 12 – Bizepsanteil des *M. glutaebiceps* (*M. biceps femoris*); 13 – *Mm. gemelli*; 14 – *M. obturatorius internus*

Versorgung

Das Hüftgelenk wird regelmäßig über die folgenden Arterien mit Blut versorgt:

- medial über den R. acetabularis der *A. circumflexa femoris medialis*
- lateral aus der *A. circumflexa femoris lateralis*

4.1.3 Kniegelenk (Articulatio genus)

Das Kniegelenk des Alpakas ist ein zusammengesetztes inkongruentes Wechselgelenk. Es besteht zum einen aus dem Kniekehlgelenk (Articulatio femorotibialis) und zum anderen aus dem Kniescheibengelenk (Articulatio femoropatellaris).



Abb. 17: Mediolaterale Röntgenaufnahme des linken Kniegelenks eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes mit Wachstumsfugen (A) und einer 16 Jahre alten Suri-Stute (B):

O. f. – Os femoris; P – Patella; Ti – Tibia

1 – Condylus medialis; 2 – Condylus lateralis; 3 – Trochlea ossis femoris; 4 – Tuberositas tibiae

Beteiligte Knochenstrukturen

Am distalen Endstück des Os femoris ragt die Kniescheibenrolle (Trochlea ossis femoris) mit zwei scharfkantigen seitlichen Rollkämme vor, welche in einem Schlittengelenk mit der Patella artikulieren (Abb. 17). Bei jeder Bewegung des Kniekehlgelenks gleitet die Patella gleichzeitig über die Trochlea. Proximal der Rollkämme ist eine tiefe „Fossa suprapatellaris“⁷ ausgebildet. Kaudal trägt das Os femoris zwei Gelenkknорren (Condylus lateralis und

⁷ Kein Terminus in NAV, 2017

medialis), wobei der laterale Kondylus deutlich größer ausgebildet ist als der mediale. Zwischen ihnen liegt die Fossa intercondylaris. Kaudoproximal der Gelenkknorren befindet sich eine tiefe Fossa supracondylaris als Ursprung des oberflächlichen Zehenbeugers. Die beiden Kondylen des Oberschenkelknochens artikulieren unter Einbezug der beiden Menisken mit der proximalen fast ebenen Gelenkfläche der Tibia im Kniekehlgelenk.

Ein proximaler Anteil der Fibula war bei den untersuchten Präparaten nicht ausgebildet.

Zwischen dem Condylus lateralis et medialis tibiae erhebt sich zentral die Eminentia intercondylaris, welche sich durch die Area intercondylaris centralis in das Tuberculum intercondylare laterale und mediale unterteilen lässt. Kranial des Zwischenknorrenfortsatzes liegt die Area intercondylaris cranialis, kaudal die Area intercondylaris caudalis. Das distale Endstück eines rechten Os femoris und das proximale Endstück einer rechten Tibia sind in *Abb. 18* dargestellt.

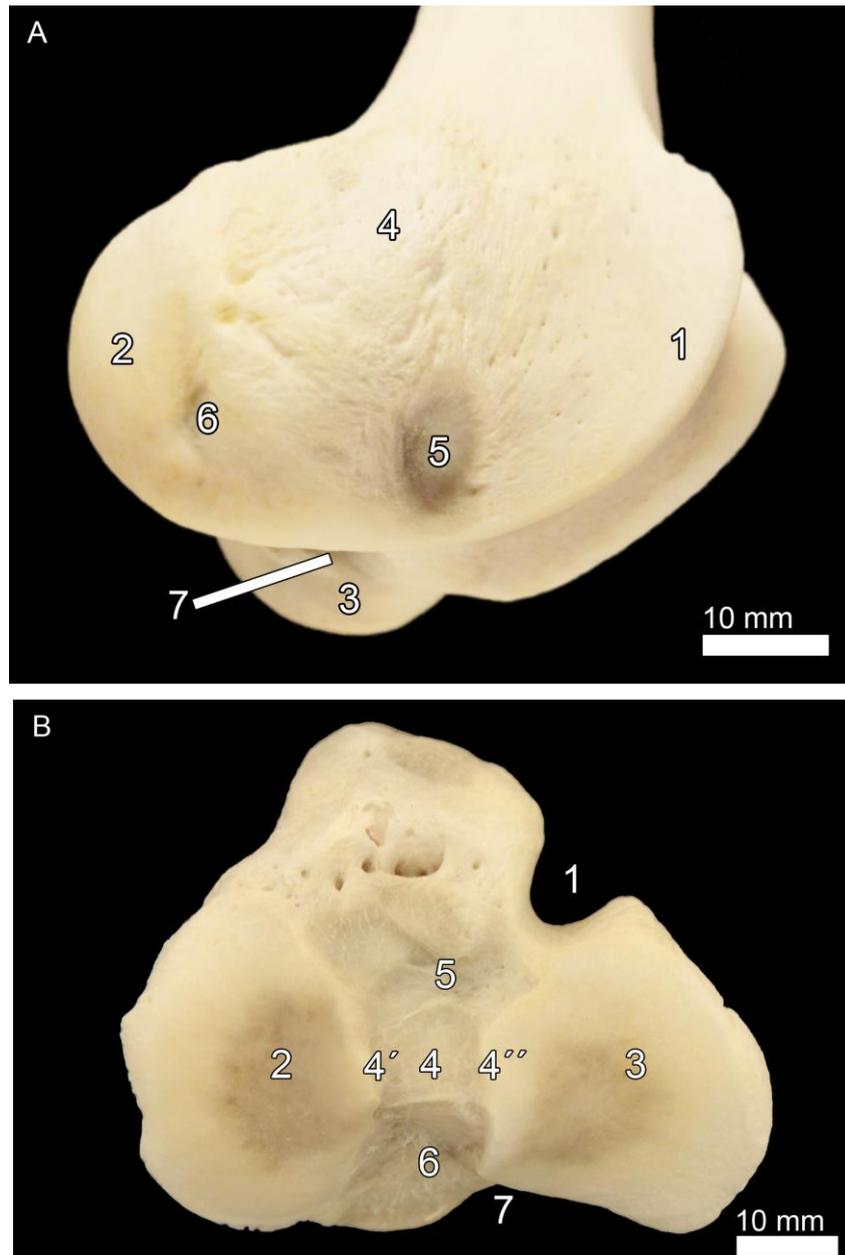


Abb. 18: Knöcherne Grundlage des rechten Kniekehlgelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs:

A: distales Endstück des rechten Os femoris, Ansicht von distolateral:

1 – Trochlea ossis femoris; 2 – Condylus lateralis; 3 – Condylus medialis; 4 – Epicondylus lateralis; 5 – Fossa extensoria; 6 – Fossa musculi poplitei; 7 – Fossa intercondylaris

B: proximales Endstück der rechten Tibia, Aufsicht von proximal:

1 – Sulcus extensorius; 2 – Condylus medialis; 3 – Condylus lateralis; 4 - 4'' – Eminentia intercondylaris mit 4 – Area intercondylaris centralis, 4' – Tuberculum intercondylare mediale und 4'' – Tuberculum intercondylare laterale; 5 – Area intercondylaris cranialis; 6 – Area intercondylaris caudalis; 7 – Incisura poplitea

Die Kniescheibe (Patella) liegt als Sesambein eingebettet in der Endsehne des *M. quadriceps femoris*. Mit ihrer ovalen Form gleicht sie der des Hundes. Sie weist eine konkave *Facies articularis* zum *Os femoris* und eine freie Oberfläche (*Facies cranialis*) zur Haut auf (Abb. 19).



Abb. 19: Rechte Patella eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs:

A – D: Ansicht von kranial (A), lateral (B), kaudal (C) und medial (D):

1 – Basis; 2 – *Facies cranialis*; 3 – Apex; 4 – *Facies articularis*

Beteiligte Muskeln

Eine Vielzahl an Muskeln, wie beispielsweise Teile der Hüftgelenks- und Hinterbackenmuskulatur, sind sekundär an der Bewegung des Kniegelenks beteiligt. Für die primäre Streckung und Beugung des Kniegelenks sind hingegen nur der *M. quadriceps femoris* und der *M. popliteus* verantwortlich.

Der **M. quadriceps femoris** besteht aus vier Köpfen. Sie bilden den Hauptanteil der Muskelmasse kranial am Oberschenkel. Drei der vier Portionen entspringen am proximalen Ende des *Os femoris*. Sie werden ihrer Lage nach in einen *M. vastus lateralis*, *M. vastus intermedius* und einen *M. vastus medialis* unterteilt. Kraniolateral am Oberschenkelknochen sowie am *Labium laterale* entspringt der *M. vastus lateralis*. Der *M. vastus medialis* kommt von kranio-medial sowie dem *Labium mediale* und verbindet sich proximal der Patella aponeurotisch mit dem *M. rectus femoris*. Der *M. vastus intermedius* hat seinen Ursprung kranial am proximalen Ende des *Corpus ossis femoris*, zwischen dem *M. vastus lateralis* und *M. vastus medialis*, und teilt sich im distalen Teil des *Corpus ossis femoris* in zwei bis drei Stränge, von denen die beiden seitlichen lateral und medial an der *Trochlea ossis femoris* vorbeiziehen und an der jeweiligen Seitenfläche der Patella inserieren. Der mittlere Teil setzt direkt proximal an der Patella an (Abb. 20).

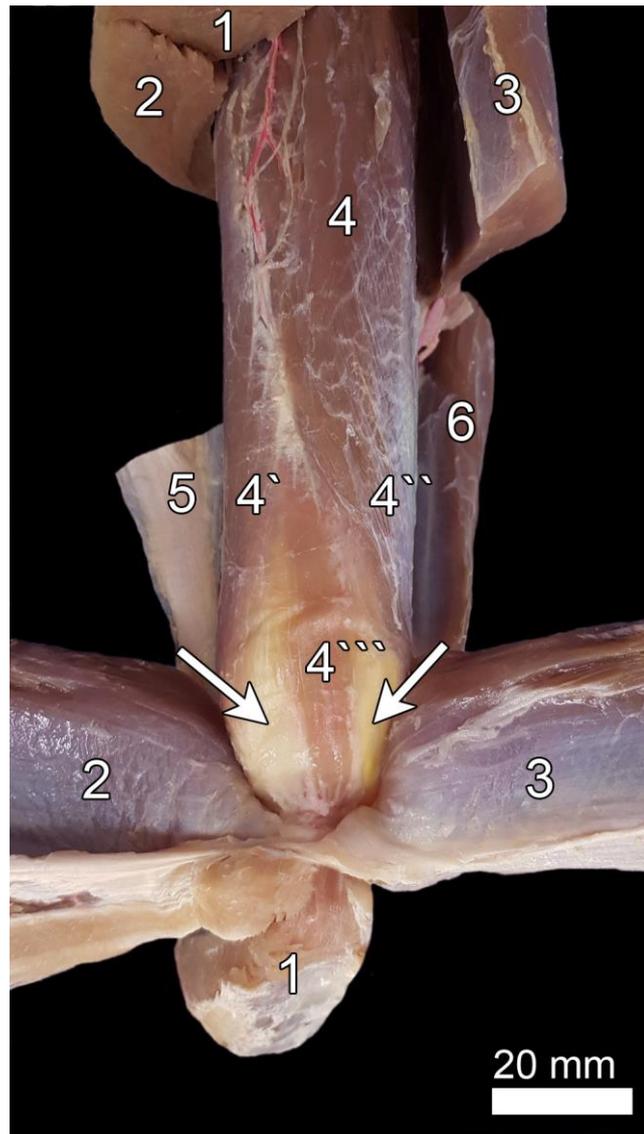


Abb. 20: *M. quadriceps femoris* des rechten Oberschenkels einer 16 Jahre alten Suri-Stute, Ansicht von kranial, *M. vastus lateralis*, *M. rectus femoris* u. *M. vastus medialis* des *M. quadriceps femoris* durchtrennt und abgeklappt; *M. gluteobiceps* und *M. semimembranosus* teilweise entfernt:

1 – *M. rectus femoris*; 2 – *M. vastus lateralis*; 3 – *M. vastus medialis*; 4-4''' – *M. vastus intermedius*; 4' – sein lateraler Strang; 4'' – sein medialer Strang; 4''' – sein mittlerer Strang; 5 – *M. gluteobiceps*; 6 – *M. semimembranosus*

Pfeile – proximale Aussackung des Kniescheibengelenks, gefüllt mit gelber Latexmilch

Der vierte Anteil des vierköpfigen Kniegelenkstreckers, der *M. rectus femoris*, entspringt hingegen lateral und medial an der Darmbeinsäule, an der jeweiligen Area muscoli recti femoris und legt sich kranial an die anderen drei Muskelbäuche an. Die vier Portionen sind in ihrem distalen Verlauf teilweise miteinander verschmolzen und ziehen gemeinsam an die Patella und über diese hinaus weiter zur Tuberositas tibiae. Ihre Endsehne überzieht dabei

das Kniegelenk von kranial, wo sie die Patella als Sesambein umschließt, und bildet so distal davon das Lig. patellae.

Der **M. popliteus** nimmt seinen Ursprung in der Fossa musculi poplitei, lateral am Condylus lateralis ossis femoris. Er überzieht die kaudale Fläche des Kniegelenks und verläuft direkt über die Gelenkkapsel des Kniekehlgelenks. Seine Ursprungssehne verläuft dabei schräg zwischen Lig. collaterale laterale und Meniscus lateralis. Anschließend verbreitert er sich flächig und inseriert von kaudal an der medialen Seite proximal an der Tibia. Er wird weitestgehend vom M. gastrocnemius bedeckt.

Gelenkbänder und Gelenkkapsel

Man unterteilt die Gelenkbänder des Kniekehlgelenks in die Bänder der Menisken und die Bänder des Kniekehlgelenks. Kranial an den Menisken lassen sich die Ligg. tibiale craniale menisci lateralis et medialis⁸ erkennen. Sie reichen vom Kranialrand des lateralen bzw. medialen Meniskus an den jeweils benachbart liegenden medialen bzw. lateralen Bereich der Area intercondylaris cranialis (*Abb. 21*).

⁸ In der NAV 2017 nicht mehr aufgeführt

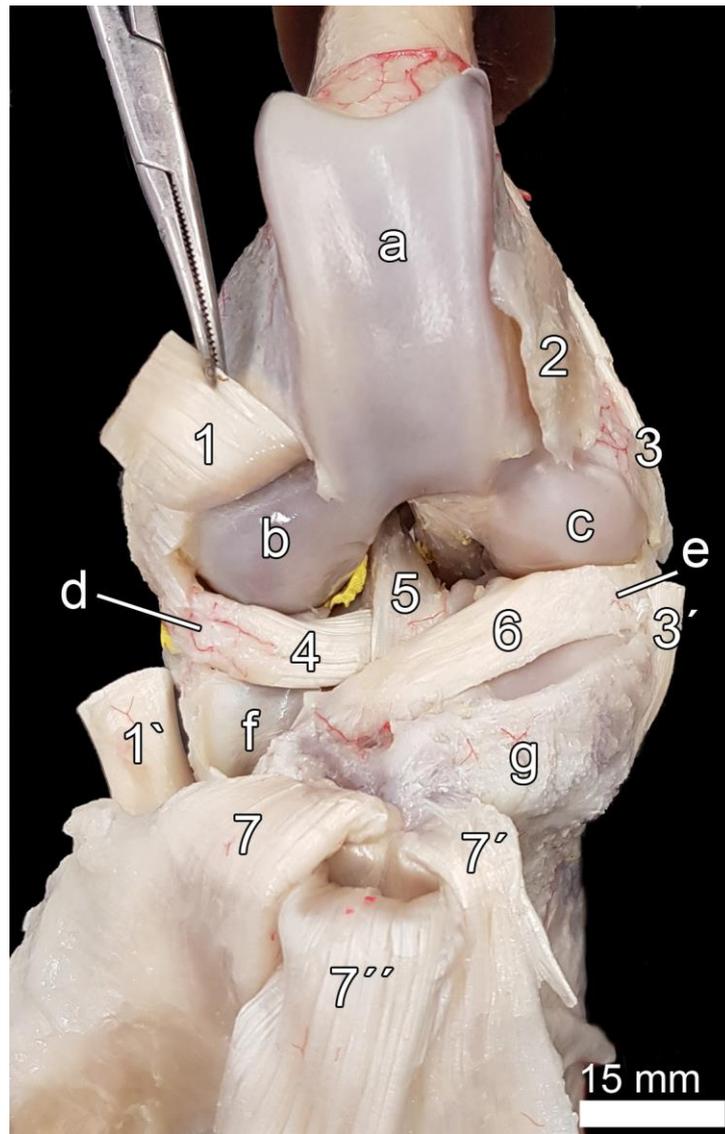


Abb. 21: Rechtes Kniegelenk eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs, Ansicht von kranial (gemeinsame Ursprungssehne des *M. extensor digitorum longus* und *M. fibularis tertius* durchtrennt und abgeklappt bzw. aus Sulcus extensorius entfernt; Patella mit *Lig. patellae* nach distal umgeklappt):

a - *Trochlea ossis femoris*; b - *Condylus lateralis ossis femoris*; c - *Condylus medialis ossis femoris*; d - *Meniscus lateralis*; e - *Meniscus medialis*; f - *Sulcus extensorius*; g - *Tuberositas tibiae*

1, 1' - gemeinsame Ursprungssehne des *M. extensor digitorum longus* und *M. fibularis tertius*; 2 - *Lig. femoropatellare mediale*; 3, 3' - *Lig. collaterale mediale* (durchtrennt); 4 - *Lig. tibiale craniale menisci lateralis* (kein Terminus der NAV); 5 - *Lig. cruciatum craniale*; 6 - *Lig. tibiale craniale menisci medialis* (kein Terminus der NAV); 7 - laterale Verstärkung des *M. gluteoabiceps*; 7' - mediale Verstärkung der medialen Oberschenkelfaszie; 7'' - *Lig. patellae*

Von der Medialfläche des Condylus lateralis ossis femoris reicht das Lig. cruciatum craniale bis in die Area intercondylaris centralis der Tibia. Das Lig. cruciatum caudale hingegen entspringt in der Lateralfäche des medialen Kondylus des Oberschenkelbeins und zieht zur Incisura poplitea kaudal am Schienbein (Abb. 22).

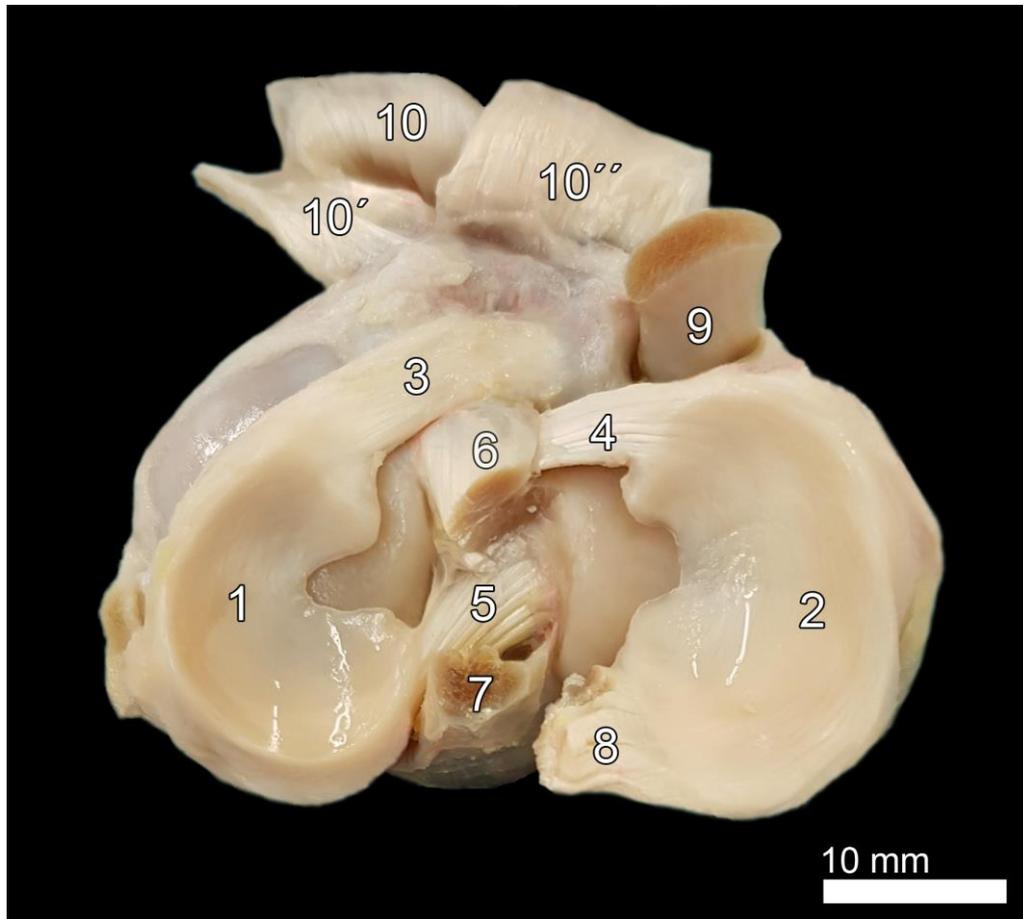


Abb. 22: Distaler Abschnitt des rechten Kniegelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs:

1 – Meniscus medialis; 2 – Meniscus lateralis; 3 – Lig. tibiale craniale menisci medialis (kein terminus der NAV); 4 – Lig. tibiale craniale menisci lateralis (kein Terminus der NAV); 5 – Lig. tibiale caudale menisci medialis (kein Terminus der NAV); 6 – Lig. cruciatum craniale (Stumpf); 7 – Lig. cruciatum caudale (Stumpf); 8 – Lig. meniscofemorale (Stumpf); 9 – gemeinsame Ursprungssehne des M. extensor digitorum longus und M. fibularis tertius; 10 – Lig. patellae; 10´ – mediale Verstärkung der medialen Oberschenkelkapsel; 10´´ – laterale Verstärkung des M. gluteobiceps

Am mediokaudalen Rand des Meniscus medialis entspringt das Lig. tibiale caudale menisci medialis⁹ und zieht in den lateralen Bereich der Area intercondylaris caudalis. Ein vergleichbares Band wurde am lateralen Meniskus nicht beobachtet. Vom kaudomedialen Rand des Meniscus lateralis zieht das Lig. meniscofemorale zur medialen Fläche des

⁹ In der NAV 2017 nicht mehr aufgeführt

Condylus medialis. Zusätzlich zieht vom Kaudalrand des lateralen Meniskus das Lig. meniscotibiale in die Incisura poplitea tibiae (Abb. 23).

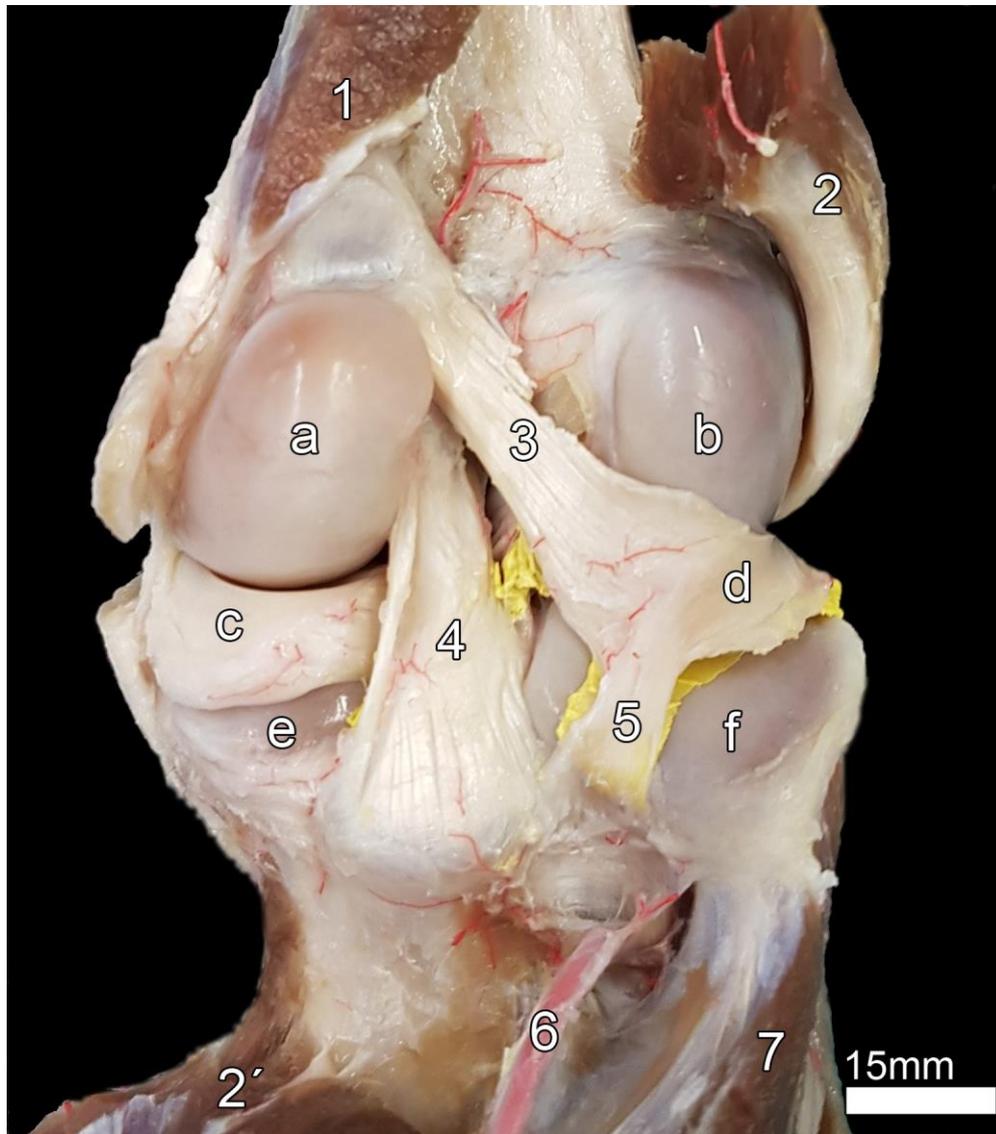


Abb. 23: Kaudale Ansicht eines rechten Kniegelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs (*M. gastrocnemius* durchtrennt; *M. popliteus* durchtrennt und nach proximal geklappt, Reste gelber Latexmilch von der Gelenksinjektion):

a – Condylus medialis ossis femoris; *b* – Condylus lateralis ossis femoris; *c* – Meniscus medialis; *d* – Meniscus lateralis; *e* – Condylus medialis tibiae; *f* – Condylus lateralis tibiae

1 – Caput mediale (*M. gastrocnemius*); 2, 2' – *M. popliteus*; 3 – Lig. meniscofemorale; 4 – Lig. cruciatum caudale; 5 – Lig. meniscotibiale; 6 – *A. poplitea* (abgeklappt); 7 – *M. flexor digitorum lateralis*

Die Seitenbänder des Kniekehlgelenks sind beide vorhanden. Das Lig. collaterale laterale ist in Abb. 24 unter Nr. 4 dargestellt und zieht vom lateralen Bandhöcker des Oberschenkelbeins zum Condylus lateralis tibiae.

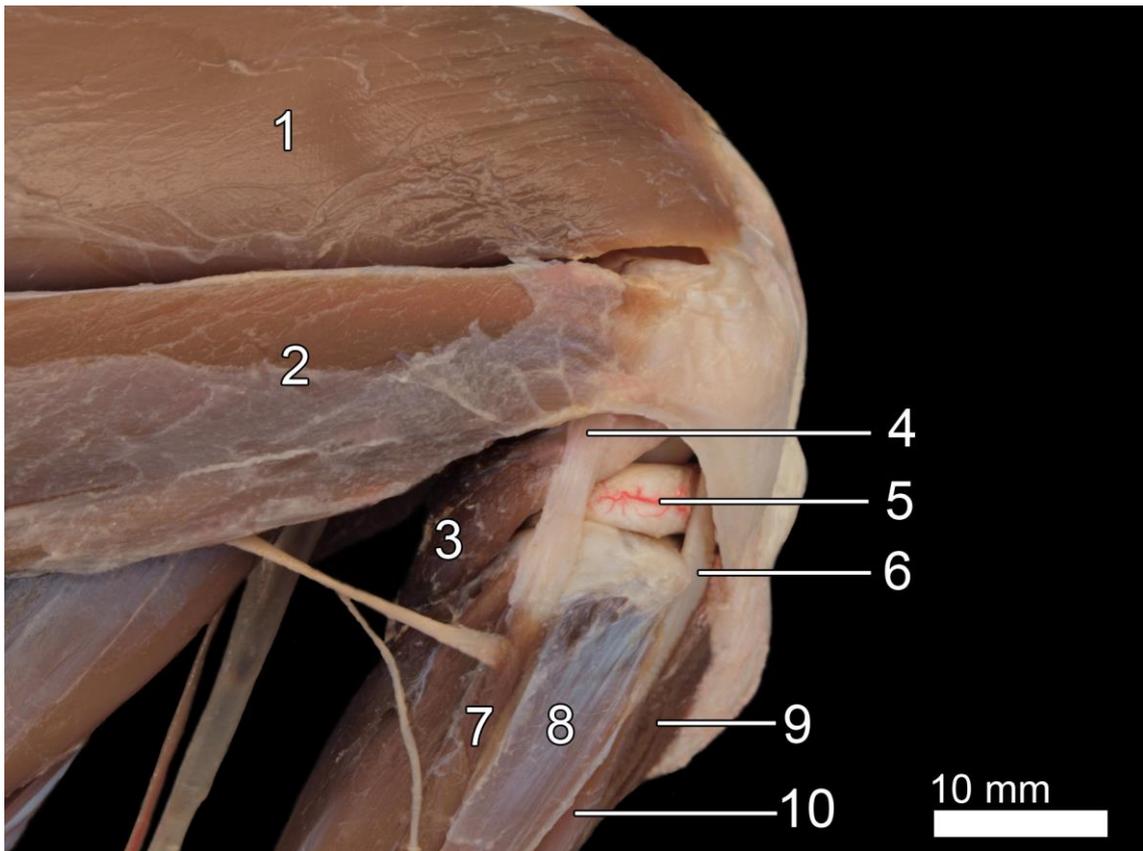


Abb. 24: Laterale Ansicht des rechten Kniegelenks einer 1 Tag alten Huacaya-Stute, Endsehne des *M. gluteobiceps* gefenstert:

1 – *M. vastus lateralis* (*M. quadriceps femoris*); 2 – Bizepsanteil des *M. gluteobiceps*; 3 – *M. popliteus*; 4 – *Lig. collaterale laterale*; 5 – *Meniscus lateralis*; 6 – gemeinsame Ursprungssehne des *M. extensor digitorum longus* und des *M. fibularis tertius*; 7 – *M. extensor digitorum lateralis*; 8 – *M. fibularis longus*; 9 – *M. tibialis cranialis*; 10 – *M. fibularis tertius*

Das mediale Seitenband erstreckt sich zwischen dem medialen Bandhöcker des Os femoris und der Tibia, wobei dieses noch über einige Fasern mit dem Außenrand des medialen Meniskus in Verbindung steht.

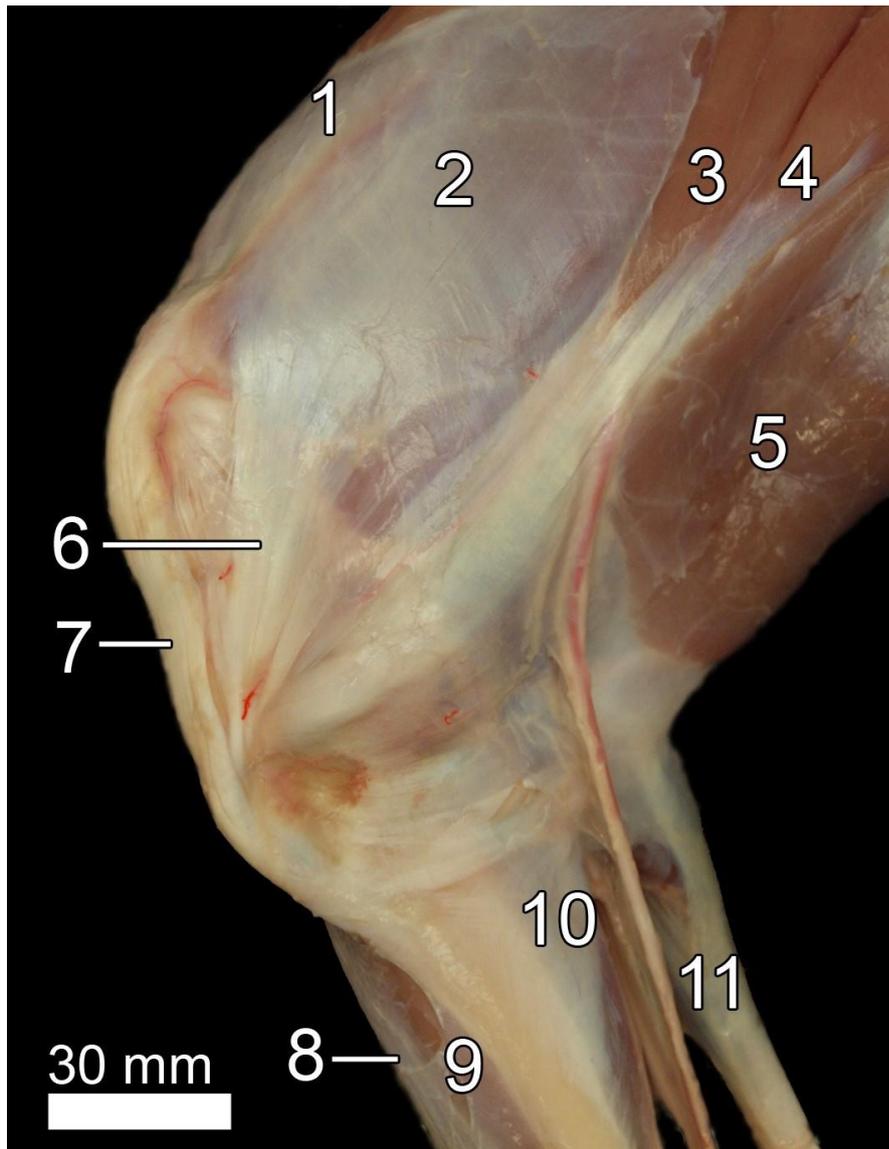


Abb. 25: Rechtes Kniegelenk eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes; Ansicht von kраниomedial:

1 – *M. rectus femoris* (*M. quadriceps femoris*); 2 – *M. vastus medialis* (*M. quadriceps femoris*); 3 – *M. sartorius*; 4 – *M. pectineus*; 5 – *M. gracilis*; 6 – mediale Verspannung der Patella durch die mediale Oberschenkelfaszie; 7 – *Lig. patellae*; 8 – *M. fibularis tertius*; 9 – *M. tibialis cranialis*; 10 – *M. popliteus*; 11 – *Caput mediale* (*M. gastrocnemius*)

Die Führung der Patella in der Trochlea patellae wird durch ein mehrschichtiges System an Faszienverstärkungen, Endsehnen und Haltebändern sichergestellt.

Als oberflächliche Schicht inseriert die Fascia lata von lateral und die mediale Oberschenkelfaszie von medial an der Patella. Die mediale Oberschenkelfaszie bildet hier in Verbindung mit den Endsehnen des *M. sartorius* und des *M. gracilis* einen zusätzlichen distalen Faserzug zur Tuberositas tibiae und zur Extremitas proximalis tibiae (Abb. 25).

Die mittlere Schicht wird proximal von den Anteilen des M. quadriceps femoris, lateral vom M. gluteobiceps, medial vom M. semimembranosus und distal von dem aus den Endsehnen des M. quadriceps femoris entstehenden Lig. patellae gebildet.

Proximal wird der M. rectus femoris lateral vom M. vastus lateralis und medial vom M. vastus medialis begleitet. Alle drei Muskeln inserieren proximal an der Patella, wobei der Ansatz des M. vastus medialis den Ansatz des M. rectus femoris von medial in der proximalen Hälfte der Patella überragt. Die drei Endsehnen vereinigen sich und ziehen als Lig. patellae distal an die Tuberositas tibiae. Die Endsehne der kranialen Portion des M. gluteobiceps inseriert mit einem oberflächlichen und einem tiefen Anteil lateral an der Patella. Gleichzeitig strahlen die Endsehnen der kranialen Portion des M. gluteobiceps mit einem zusätzlichen Schenkel nach distal bis an die Tuberositas tibiae. Zwischen die beiden Anteile der kranialen Portion des M. gluteobiceps zieht von proximal die laterale Endsehne des M. vastus intermedius und setzt zwischen den Anteilen an der Seitenfläche der Patella an.

Der M. semimembranosus spaltet sich im distalen Ende in eine oberflächliche und tiefe Portion. Erstere strahlt in die Seitenfläche der Patella ein und wird dabei von der medialen Endsehne des M. vastus intermedius überlagert. Der tiefe Anteil inseriert an der Tuberositas supracondylaris medialis des Oberschenkelbeins.

Die tiefe Schicht wird gebildet von den Ligg. femoropatellaria laterale et mediale, die jeweils vom lateralen und medialen Epikondylus des Oberschenkelbeins an die Seitenfläche der Kniescheibe ziehen und dabei direkt der Gelenkkapsel aufliegen.

Das Lig. patellae ist als einheitliches Band ausgebildet. Die ungeteilte Endsehne des M. quadriceps femoris zieht kranial über das Kniekehlgelenk und inseriert an der Tuberositas tibiae. Distal der Articulatio femoropatellaris ist ein Corpus adiposum infrapatellare ausgebildet.

Lateral und medial kommen Verstärkungen hinzu, die vom M. gluteobiceps bzw. der medialen Oberschenkelfaszie in Verbindung mit den Endsehnen des M. sartorius und des M. gracilis stammen. Zwischen dem Lig. patellae und der lateralen bzw. medialen Verstärkung ist das relativ lockere Bindegewebe sehr dünn ausgebildet und es sind keine deutlichen Kollagenfaserbündel vorhanden.

Die Gelenkkapsel des Kniekehlgelenks ist weit und umschließt vollständig die beiden Kondylen des Os femoris. Sie ist in eine laterale und eine mediale Gelenkhöhle für den jeweiligen Kondylus unterteilt, welche aber miteinander kommunizieren. Zusätzlich unterteilen die beiden Menisken die Gelenkhöhle in eine proximale und eine distale Abteilung, die ebenfalls miteinander in Verbindung stehen. Die laterale Gelenkaussackung besitzt zwei Ausbuchtungen. Eine ragt in den Sulcus extensorius, um dort die gemeinsame

Ursprungssehne des *M. extensor digitorum longus* und des *M. fibularis tertius* zu umfassen, die andere Ausbuchtung umschließt die Ursprungssehne des *M. popliteus*.

Die mediale Gelenkaussackung steht sowohl mit der Gelenkhöhle des Knie Scheibengelenks in Verbindung als auch mit der lateralen Aussackung des Kniekehlgelenks. Die femoropatellare Gelenkaussackung ist großräumig und reicht unter dem *M. vastus intermedius* weit bis ins distale Drittel des Oberschenkelknochens (Abb. 20). Makroskopisch lassen sich hier zahlreiche Villi synoviales erkennen.

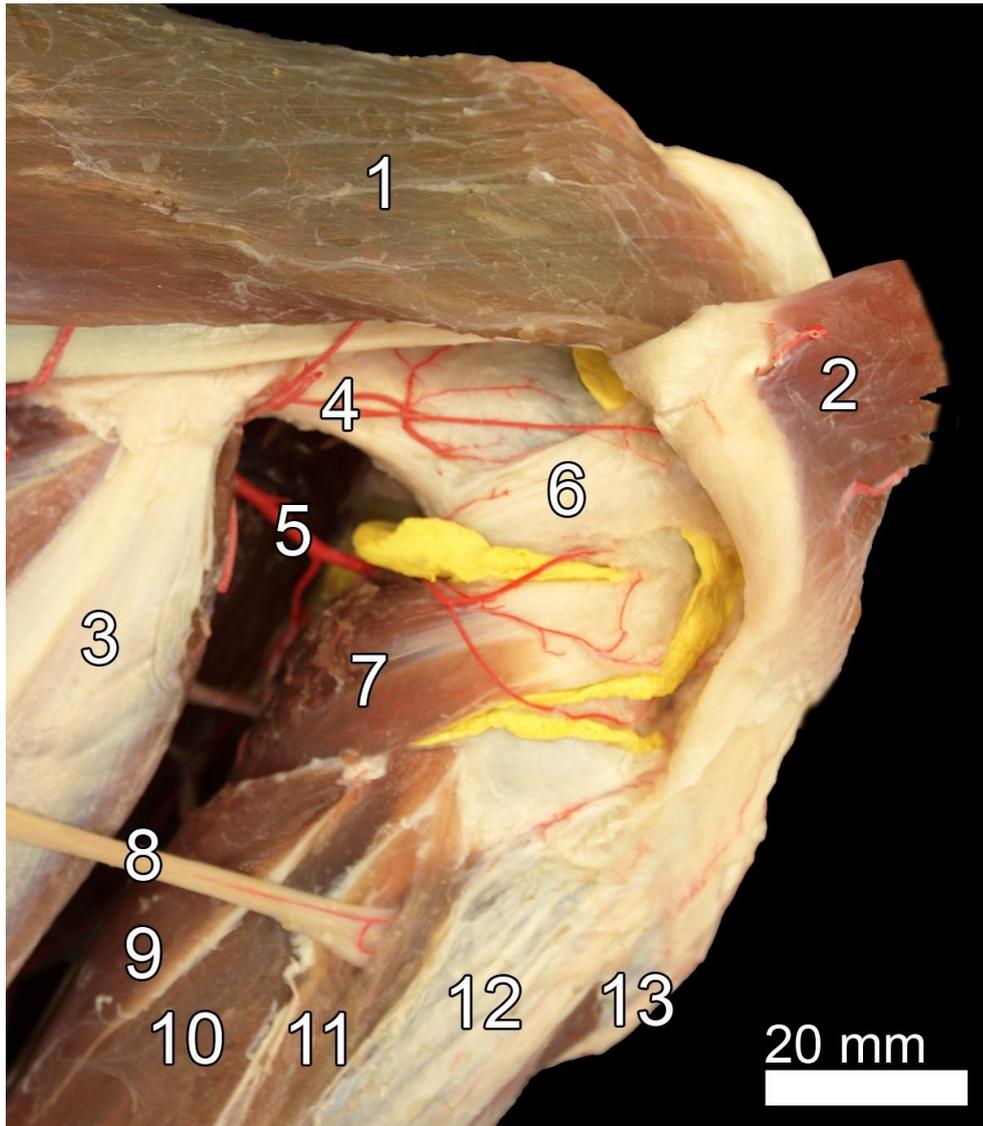


Abb. 26: Rechtes Kniegelenk eines ca. 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs, Ansicht von lateral, *M. gluteobiceps* durchtrennt und nach kranial geklappt, *Lig. collaterale laterale* entfernt, Gelenkhöhle mit gelber Latexmilch gefüllt, Arterien mit roter Latexmilch injiziert:

1 – *M. vastus lateralis* des *M. quadriceps femoris*; 2 – *M. gluteobiceps* (umgeklappt); 3 – *Caput laterale* des *M. gastrocnemius*; 4 – *A. genus proximalis lateralis*; 5 – *A. genus media*; 6 – *Lig. femoropatellare laterale*, 7 – *M. popliteus*; 8 – *N. fibularis communis*; 9 – *M. tibialis caudalis*; 10 – *M. flexor digitorum lateralis*; 11 – *M. extensor digitorum lateralis*; 12 – *M. fibularis longus*; 13 – *M. fibularis tertius*

Topografie

Das Kniegelenk wird von kranial lediglich von den Ansätzen des M. quadriceps femoris und dem Lig. patellae bedeckt, welches von einem Fettkörper (Corpus adiposum infrapatellare) unterlagert ist.

Lateral liegen dem M. quadriceps femoris im proximalen Anteil die Ansätze des M. gluteoabiceps direkt an. Sie werden von der Fascia cruris bedeckt in die sie auch aponeurotisch einstrahlen. Oberflächlich legt sich lateral die Fascia lata über diese Muskeln. Distal zieht die gemeinsame Ursprungssehne des M. extensor digitorum longus und des M. fibularis tertius lateral der Kniescheibe über das Kniegelenk.

Der M. popliteus überzieht auf der Kaudalseite das Kniegelenk schräg von proximolateral nach distomedial. Über den M. popliteus verlaufen die A. und V. poplitea und geben mehrere Äste von kaudal an das Kniegelenk ab. Diese Strukturen werden durch den M. flexor digitorum superficialis verdeckt, der von den beiden Köpfen des M. gastrocnemius weitestgehend umschlossen wird. Zwischen dem Caput laterale und dem Caput mediale des M. gastrocnemius ziehen kaudomedial die A. saphena, die V. saphena medialis mit ihrem Sinus und der N. saphenus in distaler Richtung, die vor ihrem Eintritt zwischen dem M. gastrocnemius die A. und V. genus descendens, sowie einen Ast des N. saphenus proximomedial ans Kniegelenk entlassen.

Von medial verdecken die Ansätze des M. semitendinosus, M. semimembranosus, M. gracilis und des M. sartorius das Kniegelenk, welche aponeurotisch in die Fascia cruris übergehen. Zusätzlich legt sich von medial die mediale Oberschenkelfaszie über diese Muskeln.

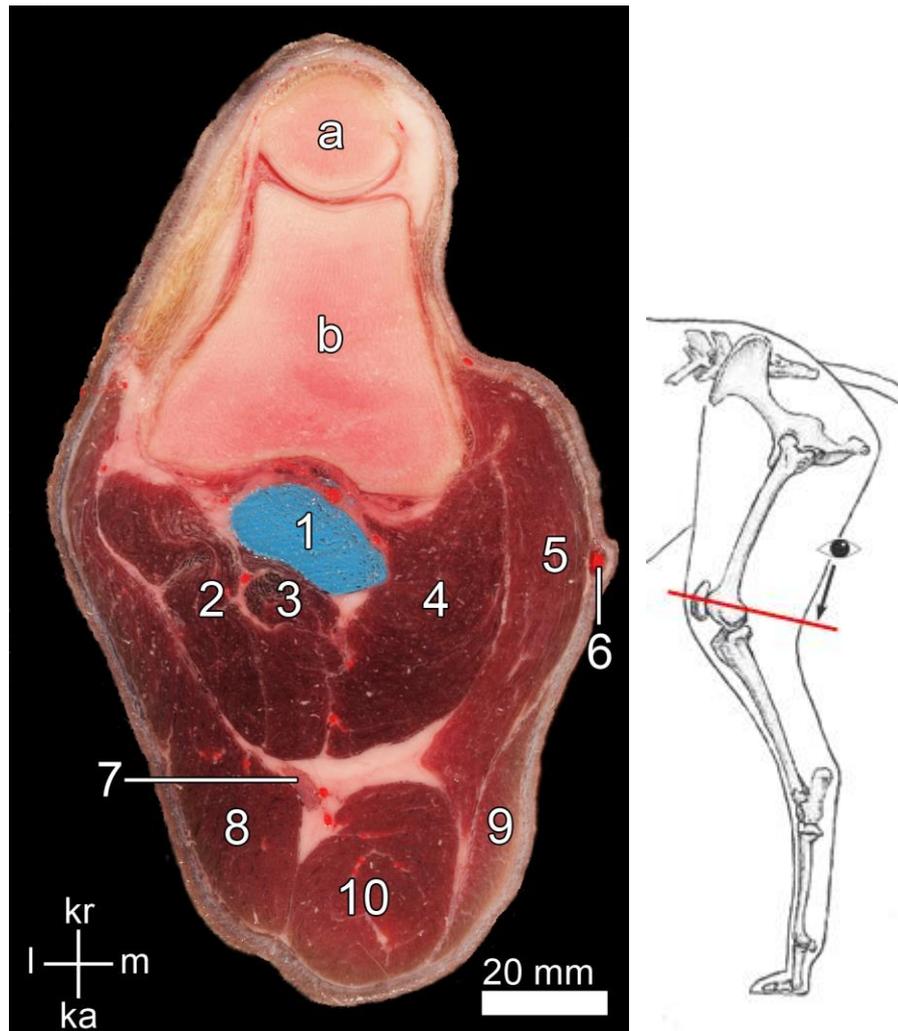


Abb. 27: Gliedmaßen-Querschnitt des linken proximalen Kniegelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs, Ansicht von proximal:

a – Patella; b – Os femoris; ka – kaudal; kr – kranial; l – lateral; m – medial

1 – Venensinus der V. saphena medialis in der Regio poplitea; 2 – Caput laterale des M. gastrocnemius; 3 – M. flexor digitorum superficialis; 4 – Caput mediale des M. gastrocnemius; 5 – M. gracilis; 6 – A. saphena; 7 – Ln. popliteus profundus; 8 – M. gluteoobiceps; 9 – M. semimembranosus; 10 – M. semitendinosus

Versorgung

Die arterielle Versorgung des Kniegelenks erfolgt zu einem großen Teil von kaudal über die A. poplitea, als Fortsetzung der A. femoralis, nachdem sie die A. genus descendens abgegeben hat. Die A. poplitea entlässt in ihrem Verlauf oberhalb des M. popliteus mehrere Äste ans Kniegelenk (A. genus proximalis lateralis, A. genus proximalis medialis und A. genus media) (Abb. 26). Unterhalb des M. popliteus entlässt sie noch die A. genus distalis lateralis. Aus der zuvor aus der A. poplitea entsprungenen A. tibialis caudalis, kommt die A. genus distalis medialis. Medial entlässt die A. saphena proximal einen Ast an das Kniegelenk.

4.1.4 Gelenke des Fußes (Articulationes pedis)

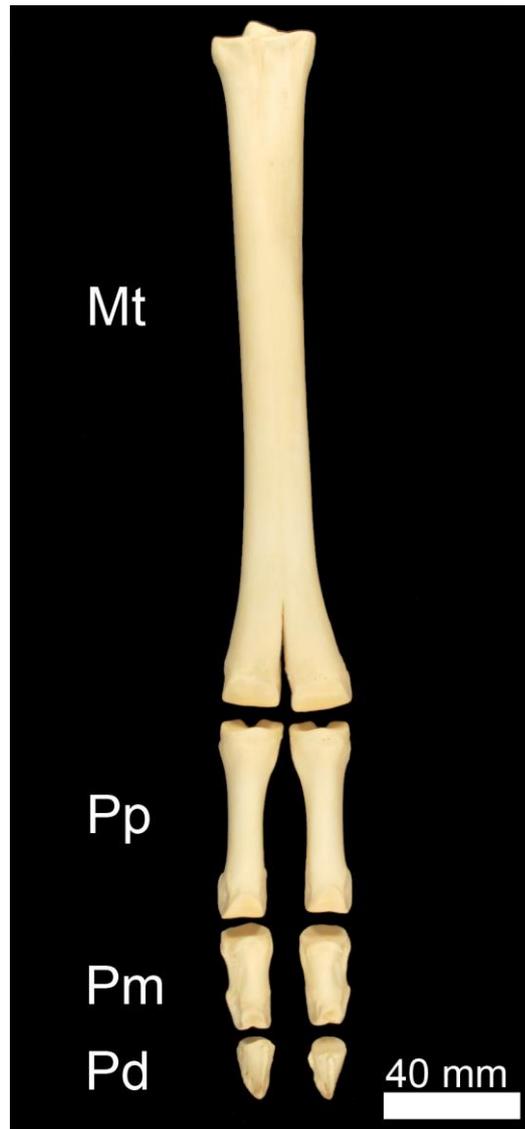


Abb. 28: Mittelfuß- und Zehenknochen der rechten Beckengliedmaße eines 18 Jahre alten Suri-Hengstes, Ansicht von dorsal:

Mt – Os metatarsale III et IV; Pd – Phalanx distalis; Pm – Phalanx media; Pp – Phalanx proximalis

4.1.4.1 Sprunggelenk (Articulatio tarsi)

Beteiligte Knochenstrukturen

Das Tarsalgelenk (auch Hinterfußwurzel- oder Sprunggelenk genannt) des Alpakas ist ein zusammengesetztes Gelenk, in dem in insgesamt vier Etagen die Knochen des Unterschenkels, die Tarsalknochen und die Metatarsalknochen miteinander in Verbindung stehen (Abb. 29). Diese vier Ebenen bilden

- die Articulatio tarsocruralis,
- die Articulatio talocalcaneocentralis und Articulatio calcaneoquartalis,
- die Articulatio centrodistalis
- sowie die Articulationes tarsometatarsae.



Abb. 29: Dorsoplantare Röntgenaufnahme des linken Tarsalgelenks eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes mit Wachstumsfugen (A) und einer 13 Jahre alten Huacaya-Stute (B):

Ca – Calcaneus; MtIII – Os metatarsale tertium; MtIV – Os metatarsale quartum; O. m. – Os malleolare; Ta – Talus; Tc – Os tarsi centrale; Ti – Tibia; TI – Os tarsale primum; TII et III – Os tarsale secundum et tertium; TIV – Os tarsale quartum

Die proximal gelegene *Articulatio tarsocruralis* ist ein vollkommenes Schraubengelenk, welches funktionell wie ein Wechselgelenk wirkt, und stellt die gelenkige Verbindung zwischen der Tibia und dem Talus sowie dem beim Alpaka vorhandenen *Os malleolare* und dem *Calcaneus* dar. Die Gelenkhöhle dieser Gelenketage ist die größte und ausgedehnteste. Die *Cochlea tibiae* weist einen geradlinigen sagittalen Verlauf auf und passt sich mit ihrer Gelenkfläche somit den beiden Rollkämmen des Talus (*Trochlea tali*) an. Das *Os malleolare* artikuliert über seine distale Gelenkfläche mit der *Facies articularis malleolaris* des Fersenbeins (*Calcaneus*).

Die obere Reihe der Hinterfußwurzel-Mittelgelenke besteht aus der *Articulatio talocalcaneocentralis* zwischen dem Talus und dem *Calcaneus* und dem *Os tarsale centrale* und der *Articulatio calcaneoquartalis*, in dem der *Calcaneus* mit dem *Os tarsale quartum* artikuliert. Diese Ebene bildet ein Walzengelenk und ist weniger beweglich als die vorherige. In der unteren Reihe der Hinterfußwurzel-Mittelgelenke artikulieren in einem straffen Gelenk das *Os tarsi centrale* mit dem beim Alpaka verschmolzenen *Os tarsale secundum et tertium* und dem *Os tarsale primum*.

In der distalen Ebene des Sprunggelenks artikulieren in der *Articulatio tarsometatarsae* die distale Reihe der Tarsalknochen (*Os tarsale primum*, *Os tarsale secundum et tertium* und *Os tarsale quartum*) mit den beiden verschmolzenen Metatarsalknochen (*Os metatarsale tertium et quartum*). Dieses Gelenk ist, ebenso wie die Etage proximal davon, durch straffe Gelenkbänder als straffes Gelenk anzusehen.

Die einzelnen Tarsalknochen sind zudem untereinander über straffe Gelenke in den *Articulationes intertarsae* miteinander verbunden. *Abb. 30* gibt eine Übersicht der zusammengesetzten Tarsalknochen aus verschiedenen Ansichten.

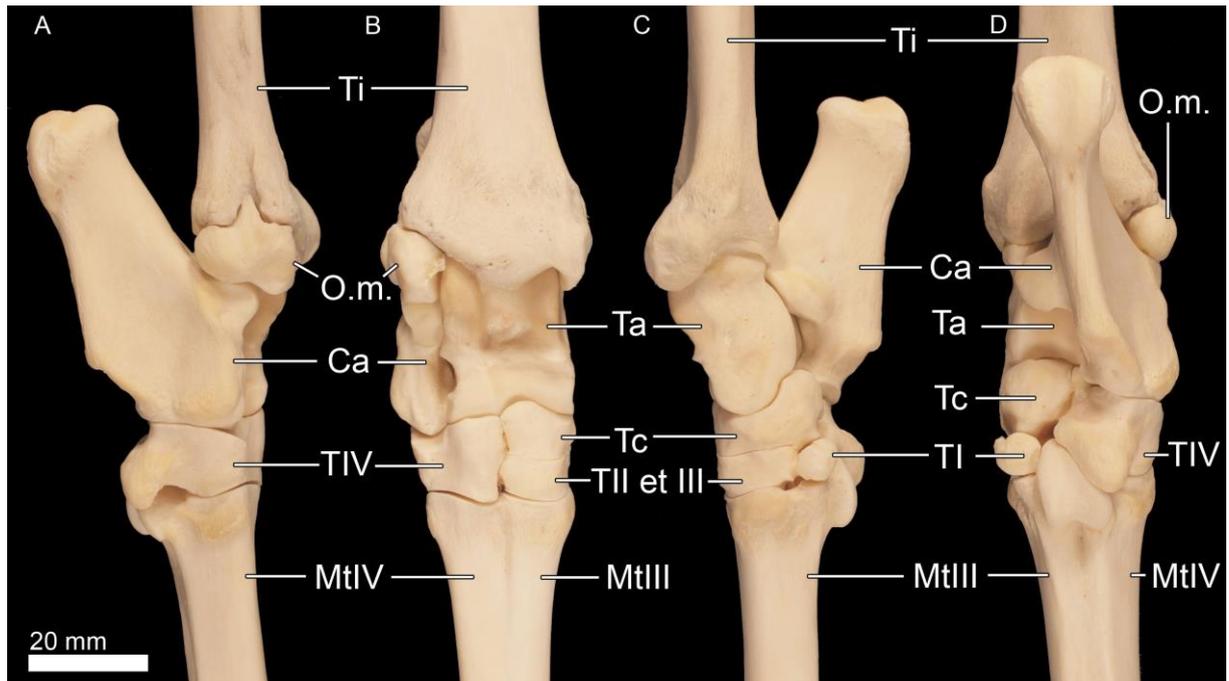


Abb. 30: Knochen des rechten Tarsalgelenks eines ca. 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs, Ansicht von lateral (A), kranial (B), medial (C) und kaudal (D):

Ca – Calcaneus; MtIII – Os metatarsale tertium; MtIV – Os metatarsale quartum; O. m. – Os malleolare; Ta – Talus; Tc – Os tarsi centrale; Ti – Tibia; TI – Os tarsale primum; TII et III – Os tarsale secundum et tertium; TIV – Os tarsale quartum

Beteiligte Muskeln

Zu den Beugern des Sprunggelenks zählen der M. tibialis cranialis, der M. fibularis tertius und der M. fibularis longus.

Der **M. tibialis cranialis** besitzt proximal einen fleischigen Muskelbauch der in der Mitte des Unterschenkels in eine schmale Sehne übergeht. Er entspringt am Condylus lateralis tibiae und zieht dorsal über den Tarsus bis zum proximalen Ende des Os metatarsale III. Sein muskulärer Anteil ist medial sichtbar, wird aber überwiegend vom M. fibularis tertius verdeckt.

Der **M. fibularis tertius** ist kranial deutlich erkennbar. Er entspringt gemeinsam mit dem M. extensor digitorum longus in der Fossa extensoria am Condylus lateralis ossis femoris. In ihrem proximalen Verlauf verschmelzen diese beiden Muskeln mehr oder weniger deutlich miteinander, ehe sie sich auf Höhe des distalen Drittels der Tibia voneinander trennen. Kurz vor seinem Ansatz zieht seine kräftige Sehne zusammen mit der des M. extensor digitorum longus proximal am Sprunggelenk durch ein querverlaufendes Ringband (Abb. 31). Anschließend spaltet sich die Sehne des M. fibularis tertius in mehrere Anteile. Einer dieser Anteile zieht, ebenfalls zusammen mit der Sehne des M. extensor digitorum longus, distal am Sprunggelenk durch ein zweites Ringband kurz bevor er am dritten Mittelfußknochen

ansetzt. Die anderen beiden Anteile ziehen zum Os tarsale quartum und zum Os tarsale secundum et tertium.

Der **M. fibularis longus** liegt oberflächlich und lateral des M. fibularis tertius. Sein Muskelbauch entspringt am Condylus lateralis tibiae. Im mittleren Drittel der Tibia geht er in eine schlanke Sehne über, die lateral am Sprunggelenk zusammen mit dem M. extensor digitorum lateralis durch ein Ringband zieht. Anschließend verläuft die Sehne im Sulcus tendinis m. fibularis longi des Os malleolare Richtung plantomedial und inseriert schließlich plantar am Os tarsale primum (Abb. 32, Abb. 33).

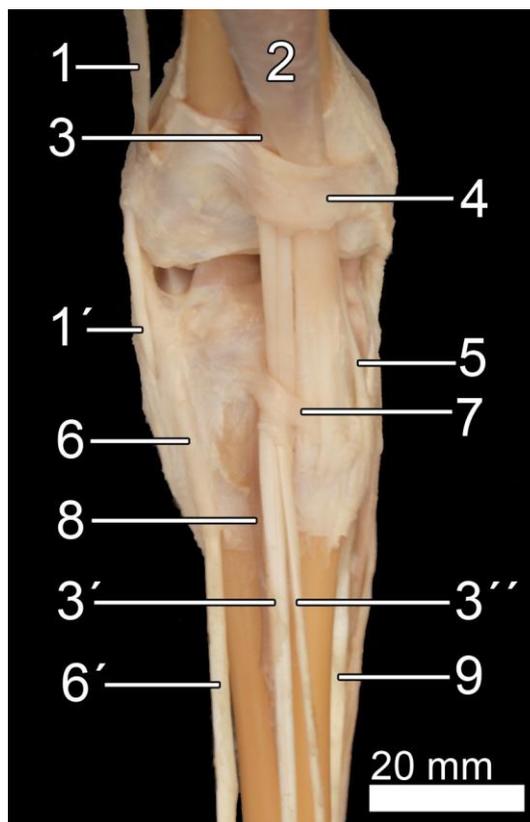


Abb. 31: Rechtes Tarsalgelenk einer 19 Tage alten Huacaya-Stute; Ansicht von dorsal:

1, 1' – Endsehne des M. fibularis longus; 2 – M. fibularis tertius; 3, 3', 3'' – Endsehnen des M. extensor digitorum longus (3' – sein lateraler Ast; 3'' – sein medialer Ast); 4 – proximales Ringband; 5 – Endsehne des M. tibialis cranialis; 6, 6' – Endsehne des M. extensor digitorum lateralis; 7 – distales Ringband; 8 – M. extensor digitorum brevis; 9 – Endsehne des M. flexor digitorum medialis

Der **M. gastrocnemius** ist als einziger Strecker des Sprunggelenks kräftig entwickelt. Er besteht aus zwei fleischigen Köpfen (Caput laterale et mediale), welche jeweils lateral bzw. medial am Tuberculum supracondylare ossis femoris entspringen. Ihre Ursprünge werden von der Hinterbackenmuskulatur des Oberschenkels verdeckt. Sie verbinden sich im mittleren Drittel der Tibia zu einer starken Sehne, die am Tuber calcanei zusammen mit der Sehne des M. flexor digitorum superficialis und den jeweiligen Fersensträngen des

M. glutaebiceps und des M. semitendinosus die Achillessehne (Tendo calcaneus communis) bildet.

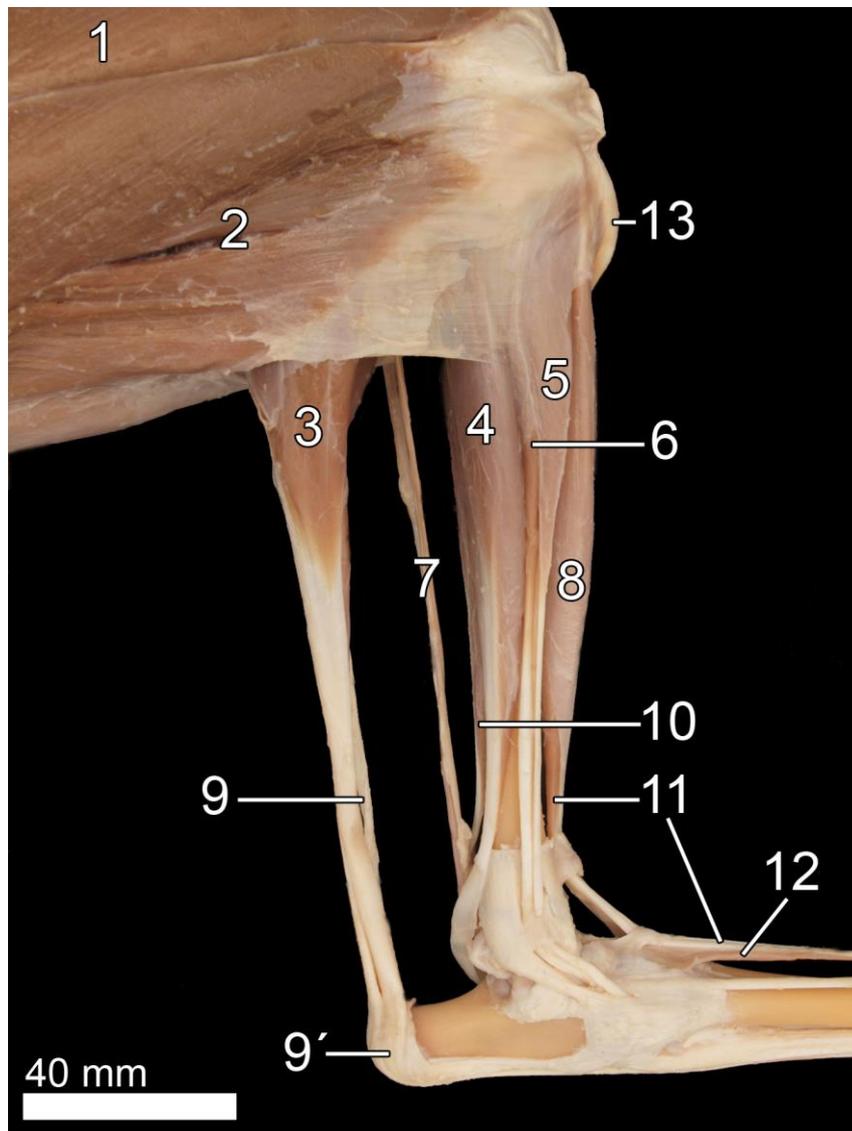


Abb. 32: Muskulatur des rechten Unterschenkels einer 19 Tage alten Huacaya- Stute, Ansicht von lateral; Fersenstrang des M. glutaebiceps entfernt:

1 – M. vastus lateralis des M. quadriceps femoris; 2 – M. glutaebiceps; 3 – Caput laterale des M. gastrocnemius; 4 – M. flexor digitorum lateralis; 5 – M. fibularis longus; 6 – M. extensor digitorum lateralis; 7 – A. saphena medialis und N. saphenus; 8 – M. fibularis tertius; 9, 9' – M. flexor digitorum superficialis (9' – seine Fersenbeinkappe); 10 – M. flexor digitorum medialis; 11 – M. extensor digitorum longus; 12 – M. extensor digitorum brevis; 13 – Tuberositas tibiae

Gelenkbänder und Gelenkkapsel

Die Seitenbänder (Ligg. collateralia) am Sprunggelenk des Alpakas sind sowohl lateral als auch medial gut entwickelt. Das Lig. collaterale tarsi laterale longum erstreckt sich über alle

vier Gelenketagen zwischen dem Os malleolare und der lateralen Seite der Extremitas proximalis des Os metatarsale IV.

Es wird vom Lig. collaterale tarsi laterale breve unterkreuzt. Das kurze laterale Kollateralband entspringt dorsolateral am Os malleolare und endet mit einer kleinen Abspaltung am Talus (Pars tibiotalaris) und mit einem breiteren Ansatz am Kalkaneus (Pars tibiocalcanea). Eine sehnige Erweiterung verbindet den Calcaneus mit dem vierten Metatarsalknochen (Pars calcaneometatarsea).

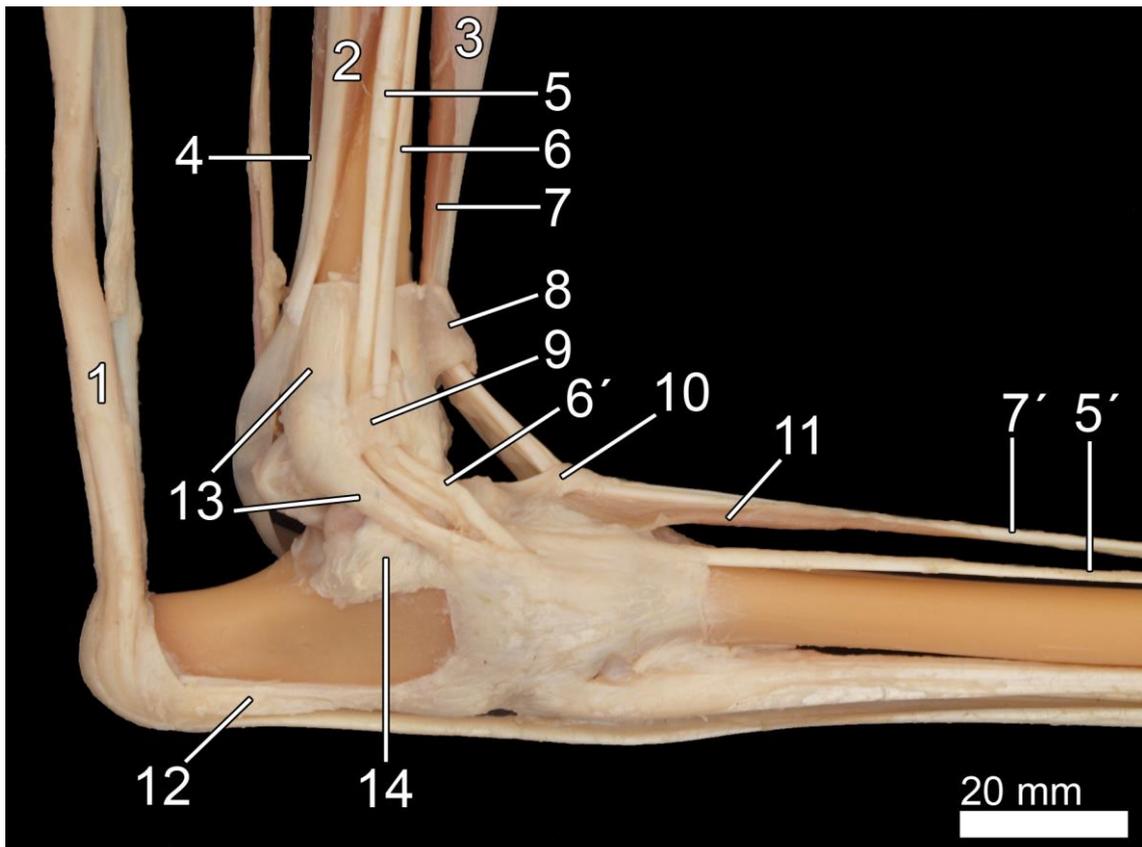


Abb. 33: Rechtes Tarsalgelenk einer 19 Tage alten Huacaya-Stute, Ansicht von lateral:

1 – Endsehne des Caput laterale des M. gastrocnemius; 2 – M. flexor digitorum lateralis; 3 – M. fibularis tertius; 4 – M. flexor digitorum medialis; 5, 5' – M. extensor digitorum lateralis (5' – seine Endsehne); 6, 6' – M. fibularis longus (6' – seine Endsehne); 7, 7' – M. extensor digitorum longus (7' – seine Endsehne); 8 – proximales Ringband; 9 – laterales Ringband; 10 – distales Ringband; 11 – M. extensor digitorum brevis; 12 – lateraler Schenkel des Lig. plantare longum; 13 – Lig. collaterale tarsi laterale longum; 14 – Pars tibiocalcanea des Lig. collaterale tarsi laterale breve

Auf der medialen Seite überspannt das Lig. collaterale tarsi mediale longum ebenfalls alle Etagen des Tarsalgelenks. Es entspringt am Malleolus medialis tibiae, verbindet sich mit den mittleren Tarsalknochen, Os tarsi centrale, dem Os tarsi II et III und dem Os tarsi I, und inseriert proximomedial am Os metatarsale III. Das Lig. collaterale tarsi mediale breve lässt

sich in zwei Abschnitte unterteilen. Sein Ursprung liegt dorsal zu dem des Lig. collaterale tarsi mediale longum. Es spaltet sich in eine Pars tibiotalaris zum Talus und eine Pars tibio calcanea zum Calcaneus auf. Außerdem ist eine fächerförmige Erweiterung vom Talus über das Os tarsi centrale bis zum Os metatarsale III ausgebildet.

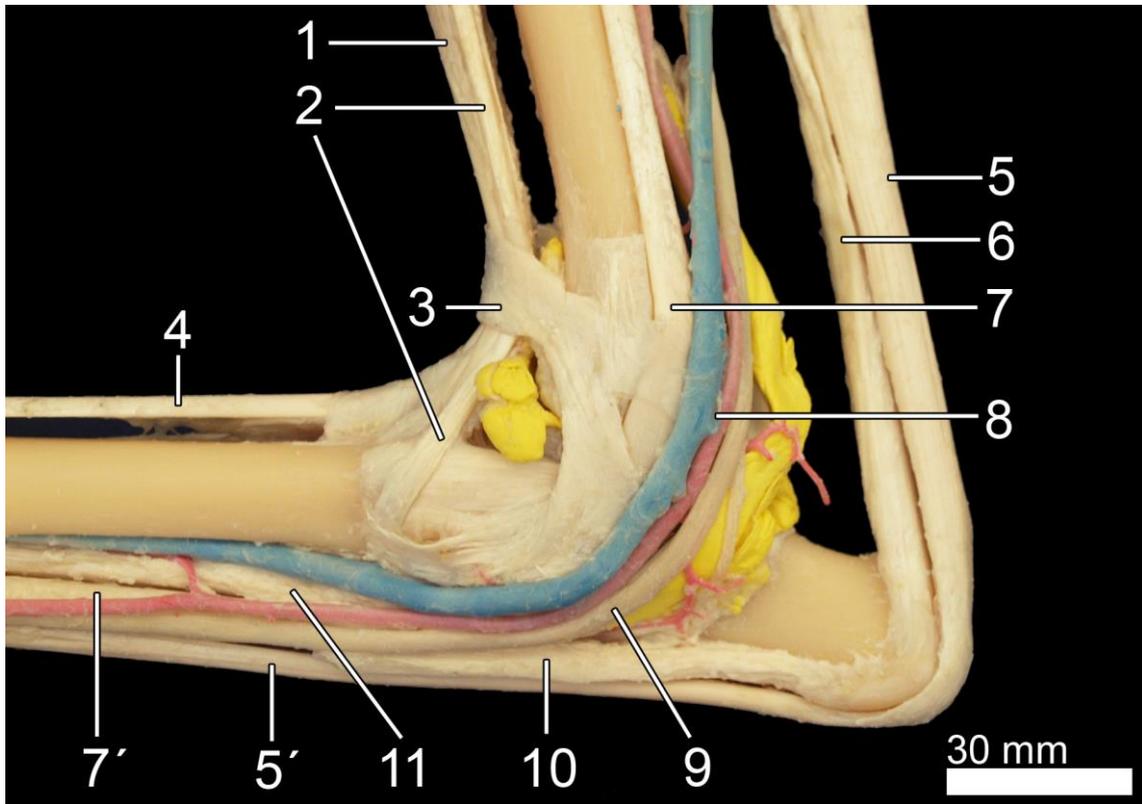


Abb. 34: Rechtes Tarsalgelenk einer 16 Jahre alten Suri-Stute; Ansicht von medial; Gefäße, proximaler und distaler Recessus des Tarsalgelenks mit Latexmilch gefüllt (*M. quadratus plantae* und Erweiterung des medialen Schenkels des *Lig. plantare longum* entfernt):

1 – *M. fibularis tertius*; 2 – Sehne des *M. tibialis cranialis*; 3 – proximales Ringband; 4 – Sehne des *M. extensor digitorum longus*; 5, 5' – Sehne des *M. flexor digitorum superficialis* (5' – seine Fortsetzung als oberflächliche Beugesehne); 6 – Achillessehne; 7, 7' – Sehne des *M. flexor digitorum profundus* (7' – seine Fortsetzung als tiefe Beugesehne); 8 – A. und V. *plantaris medialis*; 9 – *N. tibialis*; 10 – medialer Schenkel des *Lig. plantare longum*; 11 – *M. interosseus*

Zusätzlich zu den lateralen und medialen Kollateralbändern sind dorsale und plantare Fußwurzelbänder ausgebildet.

Plantar spannt sich das *Lig. plantare longum* mit seinem lateralen Ast zwischen dem *Tuber calcanei* und dem *Os tarsale quartum* sowie dem *Os metatarsale IV* auf (Abb. 33). Sein medialer Ast entspringt ebenso am *Tuber calcanei*, umschließt teilweise die oberflächliche Beugesehne und inseriert am *Os metatarsale III* (Abb. 34). Zwischen den beiden Schenkeln des *Lig. plantare longum* verläuft die Sehne des *M. flexor digitorum profundus*. Auf der dorsalen Beugeseite erstreckt sich fächerförmig von medial des Talus, über das *Os tarsi*

centrale bis zum Os metatarsale IV das Lig. tarsi dorsale (Lig. talocentrodismetatarsium). Es entsendet während seines Verlaufes kleine Abspaltungen an das Os tarsi centrale und an das Os tarsale secundum et tertium. Zusätzlich sind zwischen den einzelnen Tarsalknochen kleinere kräftige Verbindungsbänder (Ligg. tarsi interossee) ausgebildet.

Die Gelenkkapseln des Sprunggelenks sind für jede Gelenketape separat ausgebildet, wobei die der Articulatio tarsocruralis am geräumigsten ist. Sie besitzt einen dorsalen und einen plantaren Recessus. Die Gelenkhöhlen der anderen drei Etagen sind durch die straffen umliegenden Bänder eng.

Topografie

Auf der Dorsalseite des Tarsus ziehen v. a. die Tarsalgelenksbeuger (M. tibialis cranialis und M. fibularis tertius) sowie der lange Zehenstrecker (M. extensor digitorum longus) entlang. Sie liegen der Gelenkkapsel direkt auf. Mit ihnen verlaufen die A. und V. tibialis cranialis, die auf Höhe der Articulatio tarsocruralis zur A. und V. dorsalis pedis werden, und lateral der N. fibularis profundus. Der N. fibularis superficialis verläuft ebenfalls lateral und über das proximale und distale Ringband. Ihnen schließt sich lateral der M. extensor digitorum brevis an.

Von lateral legen sich der M. fibularis longus und der M. extensor digitorum lateralis zusammen mit der V. saphena lateralis und dem N. cutaneus surae caudalis auf das Sprunggelenk.

Von plantar wird der Tarsus vom M. flexor digitorum superficialis und der Achillessehne bedeckt.

Plantomedial liegen die Anteile des M. flexor digitorum profundus zusammen mit dem N. saphenus, dem Ramus caudalis der A. saphena und der V. saphena medialis, die sich auf Höhe des Malleolus medialis in die A. bzw. V. plantaris lateralis und medialis aufspalten. Ebenso verläuft kaudomedial der N. tibialis, welcher sich am Sprunggelenk in den N. plantaris lateralis und in den N. plantaris medialis aufteilt.

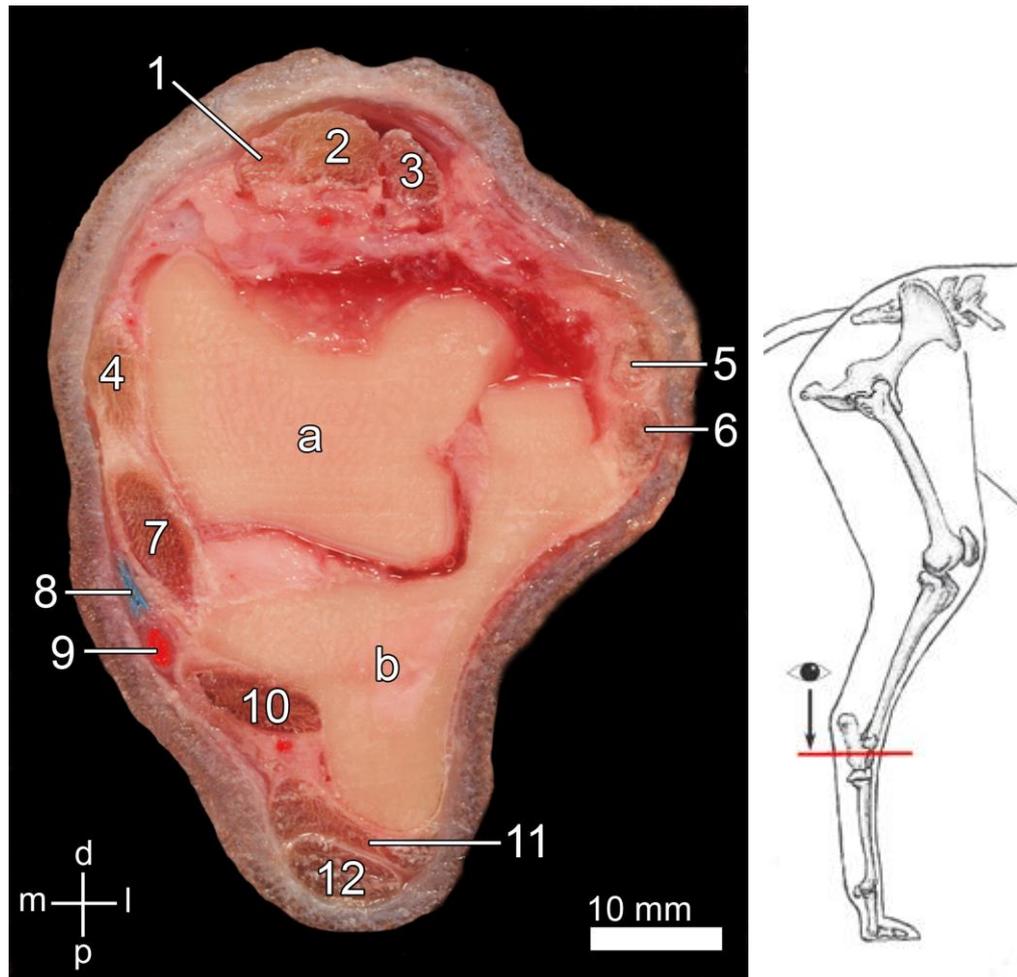


Abb. 35: Gliedmaßen-Querschnitt des rechten proximalen Tarsalgelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs Ansicht von proximal:

a – Calcaneus; b – Talus; d – dorsal; l – lateral; m – medial; p – plantar

1 – Sehne des M. tibialis cranialis; 2 – Sehne des M. fibularis tertius; 3 – Sehne des M. extensor digitorum longus; 4 – Lig. collaterale tarsi mediale longum 5 – Sehne des M. fibularis longus; 6 – Sehne des M. extensor digitorum lateralis; 7 – Sehne des M. flexor digitorum medialis; 8 – V. saphena medialis; 9 – A. saphena; 10 – Sehne des M. flexor digitorum lateralis; 11 – Lig. plantare longum; 12 – oberflächliche Beugesehne

Versorgung

Die arterielle Versorgung des Tarsalgelenks erfolgt von dorsal über die A. tibialis cranialis und nur bedingt aus der schwachen A. tibialis caudalis. Sie entlässt die A. malleolaris cranialis lateralis und medialis, bevor sie sich in der A. dorsalis pedis fortsetzt. Diese zieht dorsolateral über das Gelenk und entlässt dabei die A. tarsea lateralis, die A. tarsea medialis und die A. tarsea perforans. Zusätzlich wird das Gelenk von plantomedial über den R. caudalis der A. saphena mit arteriellem Blut versorgt. Dieser Ast entlässt in seinem Verlauf die Rami malleolares mediales, die Rami calcanei und das Rete calcaneum, ehe er sich in die A. plantaris lateralis und die A. plantaris medialis aufteilt.

4.1.4.2 Verbindungen der Metatarsalknochen (*Articulationes intermetatarseae*)

Beim Alpaka sind nur noch die Metatarsalknochen III und IV vorhanden und vollständig synostotisch miteinander verbunden (*Abb. 28*). Hierdurch ist dieser Bereich an der Beckengliedmaße komplett starr. Auf Röntgenbildern von Jungtieren ist die Verwachsungsstelle noch gut sichtbar (*Abb. 44*). Auf der Verwachsungsnaht ist dorsal und plantar jeweils ein Sulcus erkennbar, in denen Leitungsbahnen verlaufen (*Sulcus longitudinalis dorsalis et plantaris*). Am proximalen Ende des Metatarsalknochens (*Basis*) ist eine *Facies articularis* für die Artikulation mit der distalen Reihe der Tarsalknochen (*Os tarsale primum*, *Os tarsale secundum et tertium* und *Os tarsale quartum*) ausgebildet (*Abb. 36*). Sein distales Ende (*Caput*) ist durch die *Incisura intercapitalis* in zwei deutliche Gelenkwalzen, denen kaudal jeweils mittig ein *Sagittalkamm* aufgelagert ist, unterteilt (*Abb. 37*).

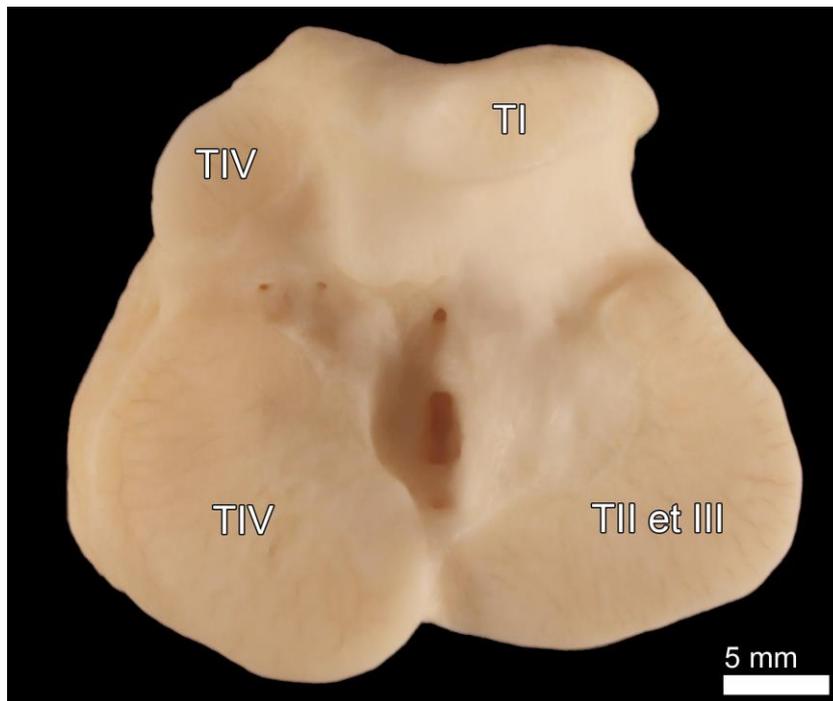


Abb. 36: Aufsicht auf die Facies articularis tarsea des Os metatarsale III et IV der rechten Gliedmaße eines 18 Jahre alten Suri-Hengstes:

TI – Fläche zur Artikulation mit dem Os tarsale primum; TII et III – Fläche zur Artikulation mit dem Os tarsale secundum et tertium; TIV – Fläche zur Artikulation mit dem Os tarsale quartum

4.1.4.3 Zehengrundgelenke (Articulationes metatarsophalangeae)

Beteiligte Knochen

An der Beckengliedmaße gibt es zwei Zehengrundgelenke, auch Fesselgelenke genannt. Der knöcherne Anteil des Os metatarsale tertium et quartum ist in Abschnitt 4.1.4.2 beschrieben. Von distal artikuliert jeweils eine der beiden Phalanges proximales mit ihrer an der Basis gelegenen Fovea articularis und den Eminentiae plantares medialis et lateralis. Dabei gleitet der Sagittalkamm einer jeden Gelenkwalze zwischen die beiden Eminentiae auf die Fovea articularis der Phalanx proximalis. Sie bilden somit Walzengelenke aus. Kaudal sind pro Gelenk zwei Sesambeine (Ossa sesamoidea proximalia) angelagert (Abb. 43, Abb. 44).

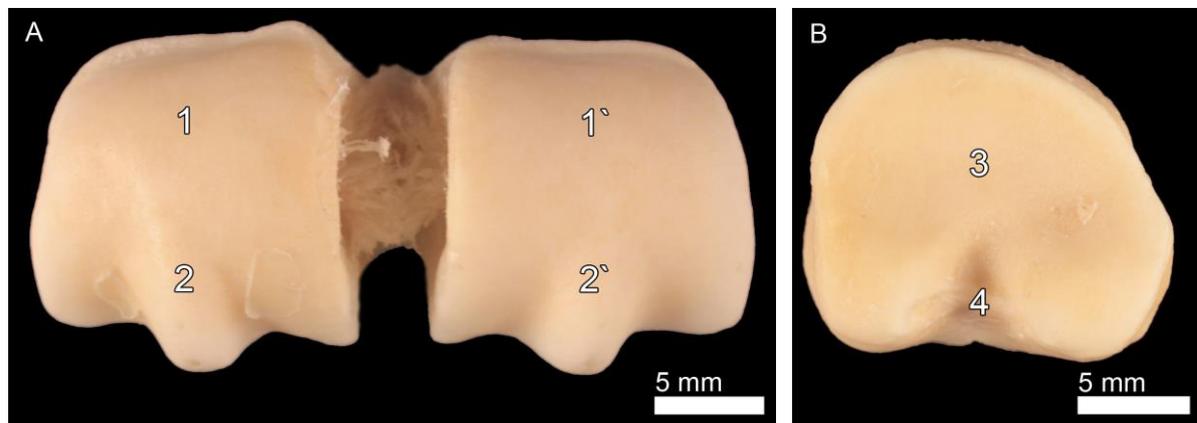


Abb. 37: Knöcherne Grundlage der rechten Zehengrundgelenke eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs:

A: distales Ende des Os metatarsale III et IV (Ansicht von distal):

1, 1' – Facies articularis: 1 des Os metatarsale IV und 1' des Os metatarsale III; 2, 2' – plantarer Sagittalkamm: 2 des Os metatarsale IV und 2' des Os metatarsale III

B: proximales Ende der medialen Phalanx proximalis (Ansicht von proximal):

3 – Facies articularis; 4 – plantare Einkerbung für den Sagittalkamm der Gelenkwalze des Os metatarsale III

Beteiligte Muskeln

Die langen Zehenmuskeln sind am Unterschenkel des Alpakas der M. extensor digitorum longus, der M. extensor digitorum lateralis als Strecker der Zehengelenke und der M. flexor digitorum superficialis und der M. flexor digitorum profundus als Beuger der Zehengelenke ausgebildet.

Der **M. extensor digitorum longus** liegt kraniallateral zwischen dem M. tibialis cranialis und dem M. fibularis longus und ist fast vollständig vom M. fibularis tertius umgeben. Er entspringt zusammen mit dem M. fibularis tertius in der Fossa extensoria des Condylus

lateralis ossis femoris. Gemeinsam ziehen sie durch den Sulcus extensorius der Extremitas proximalis tibiae. In den oberen beiden Dritteln der Tibia sind die beiden Muskeln weitgehend miteinander verschmolzen. Im distalen Drittel tritt der M. extensor digitorum longus unter dem M. fibularis tertius hervor. Er spaltet sich in zwei separate Endsehnen auf und begleitend die Sehne des M. fibularis tertius durch ein proximales und ein distales Ringband dorsal über den Tarsus. Die mediale Sehne erhält auf Höhe des Fesselgelenks einen zarten axialen und abaxialen Unterstützungsast vom M. interosseus, zieht zur medialen Zehe und inseriert an der Phalanx media. Die laterale Sehne zieht zwischen die beiden Zehen, teilt sich dort erneut und setzt an der Phalanx distalis am Processus extensorius an.

Der **M. extensor digitorum lateralis** ist ein schmaler Muskel kaudal des M. fibularis longus. Er entspringt am Lig. collaterale laterale des Kniegelenks und am Condylus lateralis tibiae. Begleitet vom M. fibularis longus verläuft er lateral über das Sprunggelenk und zieht dort mit ihm gemeinsam durch ein Ringband, ehe er die Sehne des M. fibularis longus unterkreuzt und weiter zur lateralen Zehe zieht. Er bekommt ebenfalls einen zarten axialen und abaxialen Unterstützungsast vom M. interosseus und setzt lateral an der Phalanx media der vierten Zehe an.

Der **M. flexor digitorum superficialis** verläuft kaudal der Tibia, zwischen den beiden Köpfen des M. gastrocnemius. Seinen Ursprung hat er mit einer kurzen Sehne in der Fossa supracondylaris, gemeinsam mit dem Caput laterale m. gastrocnemii. Er geht im distalen Drittel des Unterschenkels in eine kräftige Sehne über (*Abb. 38*) und wird zum Tuber calcanei von den Sehnen des M. gastrocnemius und den Fersenbeinsehnen der Mm. glutaebiceps und semitendinosus begleitet. Kurz vor dem Tuber calcanei windet sich die Sehne des M. flexor digitorum superficialis aus ihrer Lage zwischen den beiden Gastroknemiusköpfen über medial auf die kaudale Seite der Achillessehne. In ihrem Verlauf über das Tuber calcanei bildet die Sehne die Fersenbeinkappe, die von einem Schleimbeutel auf dem Ansatz der Achillessehne unterlagert ist. Sie zieht als oberflächliche Beugesehne im proximalen Drittel des Metatarsus über das Lig. plantare longum (*Abb. 35*) und wird dabei in diesem Bereich vom medialen Schenkel des Lig. plantare longum umschlossen. Im distalen Drittel des Metatarsus spaltet sie sich in zwei Endsehnen, welche jeweils an der Phalanx media einer jeden Zehe an der Kronbeinlehne (Tuberositas flexoria) inserieren. Am Metatarsus liegt oberflächlich der tiefen Beugesehne und umschließt diese auf Höhe des Fesselgelenks komplett (Manica flexoria), damit die tiefe Beugesehne weiter distal ziehen kann.

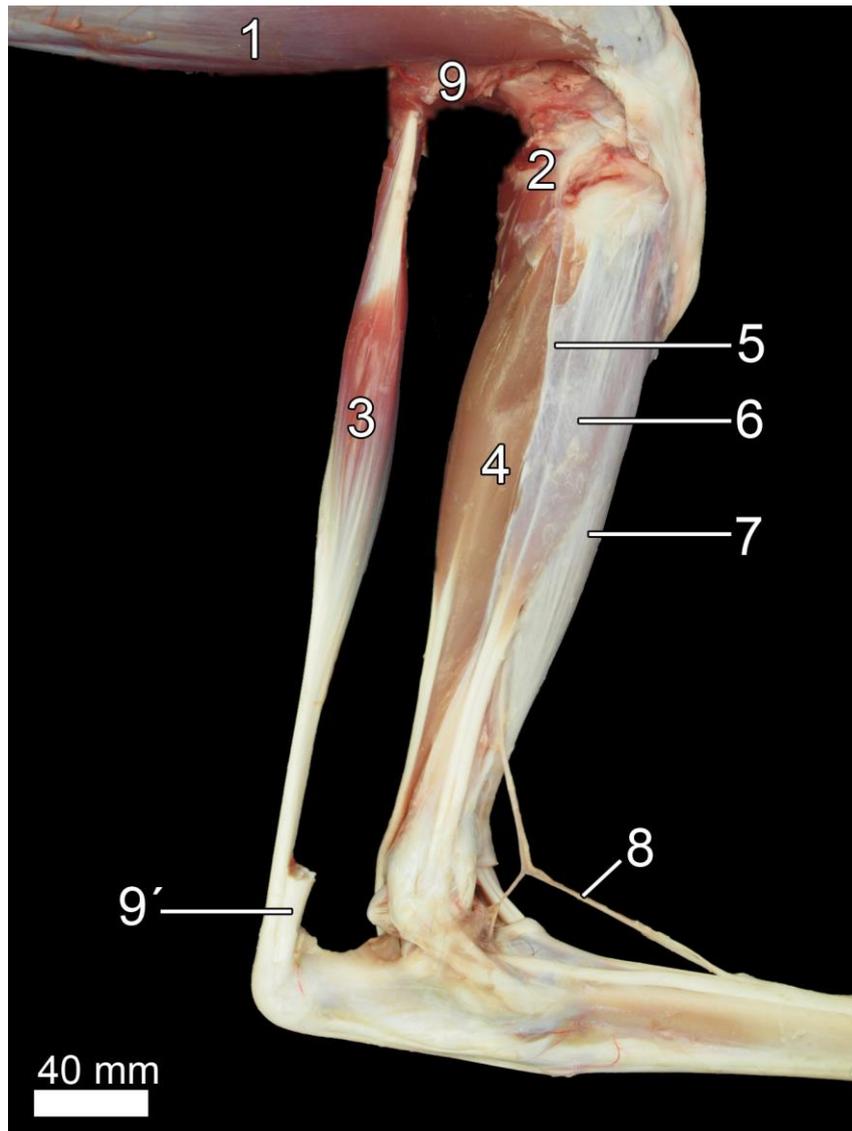


Abb. 38: *M. flexor digitorum superficialis* an der rechten Beckengliedmaße eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes; Ansicht von lateral (*M. glutaebiceps* und *M. gastrocnemius* entfernt):

1 – *M. vastus lateralis*; 2 – *M. popliteus*; 3 – *M. flexor digitorum superficialis*; 4 – *M. flexor digitorum lateralis*; 5 – *M. extensor digitorum lateralis*; 6 – *M. fibularis longus*; 7 – *M. fibularis brevis*; 8 – *V. dorsalis pedis*; 9, 9' – Ursprung und Ansatz des *M. gastrocnemius*

Der **M. flexor digitorum profundus** besteht aus drei Anteilen: dem *M. tibialis caudalis*, dem *M. flexor digitorum lateralis* und dem *M. flexor digitorum medialis* (Abb. 39). Alle drei Muskeln entspringen kaudal an der Tibia und am Condylus lateralis tibiae. Der *M. tibialis caudalis* liegt zwischen den beiden anderen direkt kaudal an der Tibia und ist ein eher schwächerer Muskel. Seine Endsehne verbindet sich mit der des *M. flexor digitorum lateralis*. Der *M. flexor digitorum lateralis* besitzt nur einen kurzen Muskelbauch und zieht mit seiner kräftigen Sehne medial des Tuber calcanei über das Sustentaculum tali plantar über das Sprunggelenk. Dabei verschmilzt in diesem Bereich des Unterschenkels die Sehne des

M. tibialis caudalis mit ihm. Der M. flexor digitorum medialis ist der kräftigste der drei Muskeln. Seine Sehne zieht medial über das Os malleolare und bildet anschließend distal des Tarsus im proximalen Drittel des Mittelfußes zusammen mit den anderen beiden Muskeln die einheitliche tiefe Beugesehne. Diese zieht distal des Tarsus auf die plantare Seite des Metatarsus unter die oberflächliche Beugesehne und verläuft im proximalen Drittel des Metatarsus zwischen den beiden Schenkeln des Lig. plantare longum. Im distalen Drittel des Metatarsus spaltet sie sich in zwei Anteile auf und zieht an jeder Zehe durch die Manica flexoria der oberflächlichen Beugesehne bis an das Tuberculum flexorium der Phalanx distalis.



Abb. 39: M. flexor digitorum profundus an der rechten Beckengliedmaße eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes; Ansicht von kaudal (M. gastrocnemius und M. flexor digitorum superficialis entfernt):

1 – M. popliteus; 2, 2' – M. flexor digitorum medialis (2' – seine Endsehne); 3 – M. tibialis caudalis; 4 – M. flexor digitorum lateralis; 5 – gemeinsame Endsehne des M. flexor digitorum lateralis und des M. tibialis caudalis

Als kurze Zehenmuskeln sind beim Alpaka der *M. extensor digitorum brevis* und die *Mm. lumbricales* ausgebildet.

Der ***M. extensor digitorum brevis*** ist ein kurzer, schwacher Muskel, der dorsal am proximalen Ende des Os metatarsale III et IV entspringt, mit den Sehnen des *M. extensor digitorum longus* zieht und sich schließlich mit ihnen verbindet.

Der zarte ***M. quadratus plantae*** entspringt auf der *Facies medialis* des *Calcaneus* und geht an der Verbindungstelle des *M. flexor digitorum lateralis* mit dem *M. flexor digitorum medialis* in letzteren über (*Abb. 40*).

Der ***M. lumbricalis pedis*** ist ein zarter Muskelbauch, der plantar an der Aufspaltung der tiefen Beugesehne entspringt. Er zieht zwischen die dritte und vierte Zehe und seine dünne Endsehne verbindet sich mit der Endsehne des axialen Stranges des *M. extensor digitorum longus* an der vierten Zehe (*Abb. 41*).

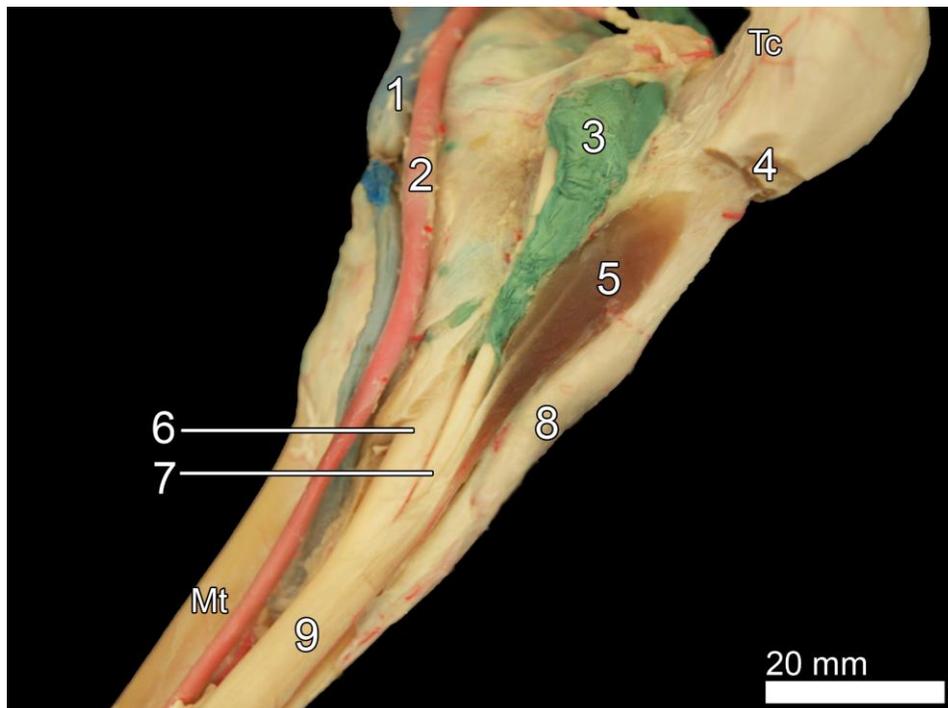


Abb. 40: Rechtes Tarsalgelenk einer 20 Jahre alten Huacaya-Stute; Ansicht von plantomedial; Gefäße und Gelenkhöhle des Tarsalgelenks mit Latexmilch gefüllt (oberflächliche Beugesehne und medialer Schenkel des Lig. plantare longum entfernt):

Mt – Metatarsus; Tc – Tuber calcanei

1 – V. plantaris medialis; 2 – A. plantaris medialis; 3 – plantare Aussackung des Sprunggelenks; 4 – Stumpf der oberflächlichen Beugesehne; 5 – M. quadratus plantae; 6 – Endsehne des M. flexor digitorum medialis; 7 – gemeinsame Endsehne des M. flexor digitorum lateralis und M. tibialis caudalis; 8 – lateraler Schenkel des Lig. plantare longum; 9 – tiefe Beugesehne

Gelenkbänder und Gelenkkapsel

Die Gelenkkapseln der beiden Articulationes metatarsophalangeae sind jeweils dorsal und plantar zu einem Recessus erweitert (Recessus dorsalis und Recessus plantaris). Dorsal sind die Gelenkkapseln verdickt und plantar im Bereich der Sesambeine an der Gelenkbildung mit diesen beteiligt.

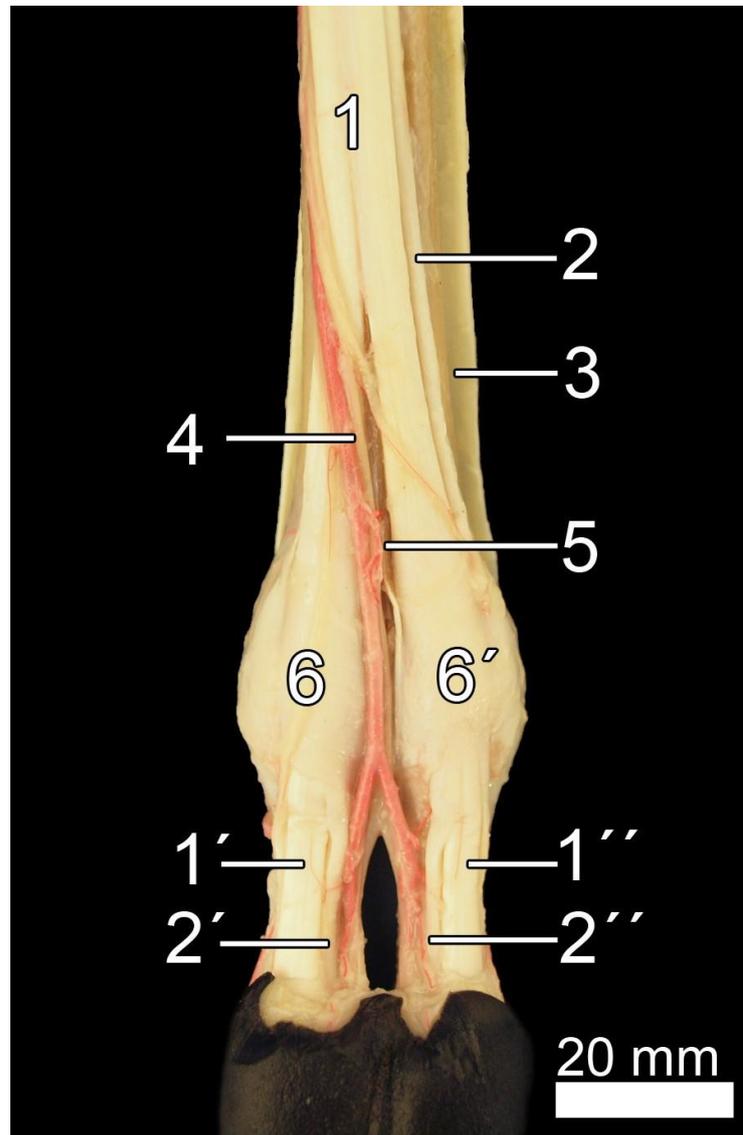


Abb. 41: Rechtes Fesselgelenk einer 1 Tag alten Huacaya-Stute; Ansicht von plantar:

1, 1', 1'' – oberflächliche Beugesehne (1' – ihr medialer Schenkel; 1'' – ihr lateraler Schenkel); 2, 2', 2'' – tiefe Beugesehne (2' – ihr medialer Schenkel; 2'' – ihr lateraler Schenkel); 3 – Endsehne des *M. extensor digitorum lateralis*; 4 – *A. digitalis plantaris communis III*; 5 – *M. lumbricalis pedis*; 6, 6' – *Lig. anulare plantare* (6 – der dritten Zehe; 6' – der vierten Zehe)

Die Bänder der Zehengrundgelenke kann man in drei Gruppen unterteilen: das Zwischenzehenband, die Seitenbänder und die Sesambeinbänder.

Im Interdigitalspalt ist das zart ausgebildete Lig. interdigitale proximale zu finden. Es ist zwischen den beiden Phalanges proximales ausgebildet und hält sie miteinander verbunden. An jedem Zehengrundgelenk ist axial und abaxial jeweils ein Lig. collaterale ausgebildet. Sie ziehen jeweils zwischen der axialen bzw. abaxialen Bandgrube einer jeden Gelenkwalze des Os metatarsale III et IV und dem proximalen Ende axial bzw. abaxial der entsprechenden Phalanx proximalis.

Die Sesambeinbänder lassen sich in proximale, mittlere und distale Ligamenta unterteilen.

Der rein sehnige M. interosseus stellt das proximale Sesambeinband dar. Er entspringt an der distalen Reihe der Tarsalknochen. Zusätzlich ist er an der proximoplantaren Seite des Metatarsus fest verbunden und erhält Zuschüsse von den plantaren Tarsalbändern. In den proximalen zwei Dritteln liegt er dem Metatarsus direkt auf. Im distalen Drittel gibt er zwei abaxiale Schenkel ab, die einerseits mit einem tiefen Anteil an die beiden abaxialen Sesambeine ziehen. Andererseits zweigt am Fesselgelenk jeweils oberflächlich ein feiner Unterstützungsast für die dorsal verlaufenden Strecksehnen des M. extensor digitorum lateralis und für den medialen Ast des M. extensor digitorum longus ab. Zwischen den beiden abaxialen Schenkeln des M. interosseus liegt axial die Mittelplatte, von der wiederum zwei Sehnenschenkel für die beiden axialen Sesambeine des Fesselgelenks abzweigen. Kurz vor der Aufzweigung zieht der tiefe Ast der V. plantaris medialis (V. metatarsae plantaris III) durch den M. interosseus nach plantar und wird dabei zur V. digitalis plantaris communis III. Distal gibt die Mittelplatte axial zwei Interdigitalschenkel ab, welche als Unterstützungsäste lateral an die Endsehne des M. extensor digitorum lateralis und medial an die mediale Ansatzsehne des M. extensor digitorum longus ziehen.

Die mittleren Sesambeinbänder befestigen die vier Sesambeine des Fesselgelenks an der jeweiligen Zehe und verbinden sie untereinander. Die Ligg. sesamoidea collateralia verbinden die beiden abaxialen Sesambeine medial bzw. lateral mit der Phalanx proximalis der 3. bzw. 4. Zehe. Zwischen dem abaxialen und axialen Sesambein einer jeden Zehe ist das Lig. plantare mediale bzw. laterale aufgespannt. Sie bilden das sog. Scutum proximale, eine glatte Fläche, über die auf jeder Seite die Beugesehnenpakete gleiten. Durch ein eher schwaches Lig. intersesamoideum interdigitale werden die beiden axialen Sesambeine miteinander verbunden. In diesem Abschnitt des Fesselgelenks wird das Beugesehnenpaket an jeder Zehe von je einem quer verlaufenden Lig. anulare plantare fixiert.

Als distale Sesambeinbänder lassen sich die

- Ligg. sesamoidea cruciata,
- das Lig. phalangosesamoideum interdigitale,
- Ligg. sesamoidea recta und
- die Ligg. sesamoidea obliqua finden.

Die Ligg. sesamoidea cruciata verlaufen von der Basis eines abaxialen und axialen Sesambeins einer jeden Zehe sich kreuzend zum jeweiligen Seitenrand der Phalanx proximalis (Abb. 42). Ein eher schwaches Lig. phalangosesamoideum interdigitale verläuft jeweils vom axialen Sesambein zur Phalanx proximalis der anderen Zehe. Zur distalen Fixierung der Sesambeine verlaufen das Lig. sesamoideum rectum und die Ligg. sesamoidea obliqua jeweils distal von einem Sesambein zur Phalanx proximalis.

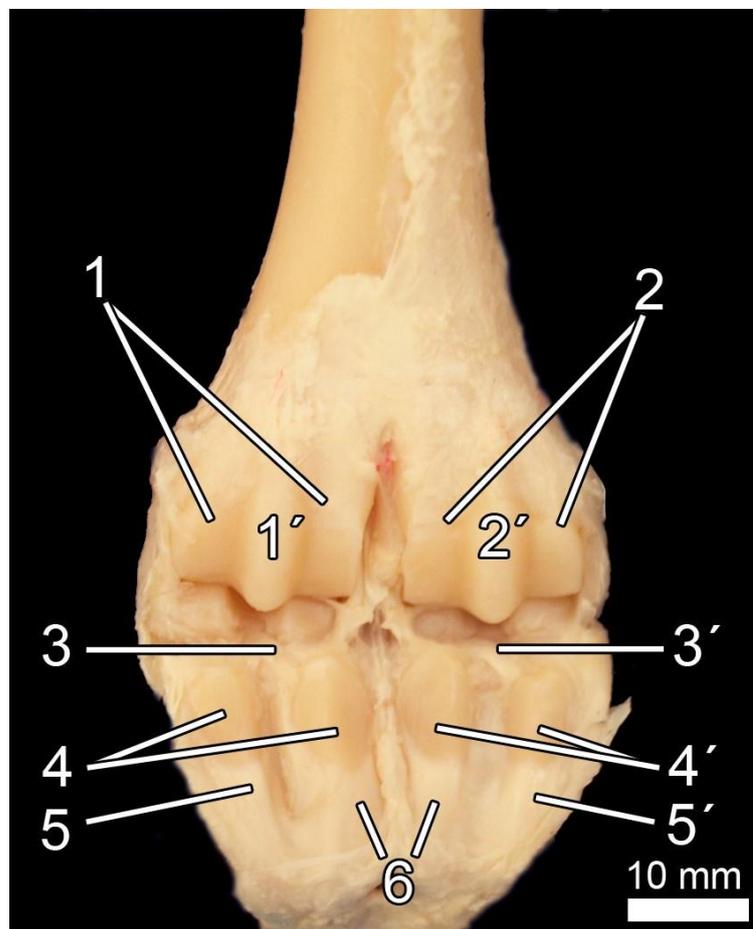


Abb. 42: Rechtes Fesselgelenk einer 16 Jahre alten Suri-Stute; Ansicht von plantar (Gelenk überstreckt; *M. interosseus* vom Metatarsus abgelöst und nach distal umgeklappt):

1, 1' – Gelenkfläche des Os metatarsale III mit 1' plantarem Sagittalkamm; 2, 2' – Gelenkfläche des Os metatarsale IV mit 2' plantarem Sagittalkamm; 3, 3' – Ligg. sesamoidea cruciata; 4, 4' – Ossa sesamoidea; 5, 5' – abaxiale Stränge des *M. interosseus*; 6 – axiale Stränge des *M. interosseus*

Topografie

Über die Dorsalfläche des Fesselgelenks verlaufen die Strecksehnen des M. extensor digitorum longus und des M. extensor digitorum lateralis. Mit dem lateralen Ast des M. extensor digitorum longus zieht auch die V. digitalis dorsalis communis III und verzweigt sich in die Vv. digitales dorsales propriae III et IV axiales. Die V. digitalis dorsalis communis III wird von sehr feinen Nervenfasern des N. digitalis dorsalis communis III begleitet. Seine Aufteilung in die zarten Nn. digitales dorsales propriae III et IV axiales war mit bloßem Auge gerade noch nachvollziehbar. Medial und lateral auf der Dorsalfläche des Metatarsus sind auch die anderen beiden Äste des N. fibularis superficialis (Nn. digitales dorsales communes II et IV) als feine Nervenbündel zu finden, die die Strecksehnen des medialen Astes des M. extensor digitorum longus und den M. extensor digitorum lateralis entlang des Fesselgelenks begleiten. Ihre Endungen als Nn. digitales dorsales propriae III et IV abaxiales sind mit dem bloßen Auge nicht mehr nachvollziehbar.

Lateral und medial des Fesselgelenks sowie interdigital verlaufen die Unterstützungsäste des M. interosseus zu den dorsalen Strecksehnen, die jeweils zu an das Kronbein ziehen.

Plantolateral verläuft der N. digitalis plantaris communis IV mit den Beugesehnen und erhält in der distalen Metatarsalregion einen Verbindungsast vom N. digitalis plantaris communis III.

Plantomedial der Beugesehnen liegen die Nn. digitales plantares communes II et III, zusammen mit den gleichnamigen Gefäßen. Der N. digitalis plantaris communis III zieht, zusammen mit den gleichnamigen Gefäßen, zwischen die beiden Fesselgelenke in den Interdigitalspalt und verschwindet dort. Die Nn. digitales plantares II et IV ziehen jeweils seitlich der Fesselgelenke distal, zusammen mit den entsprechenden Gefäßen.

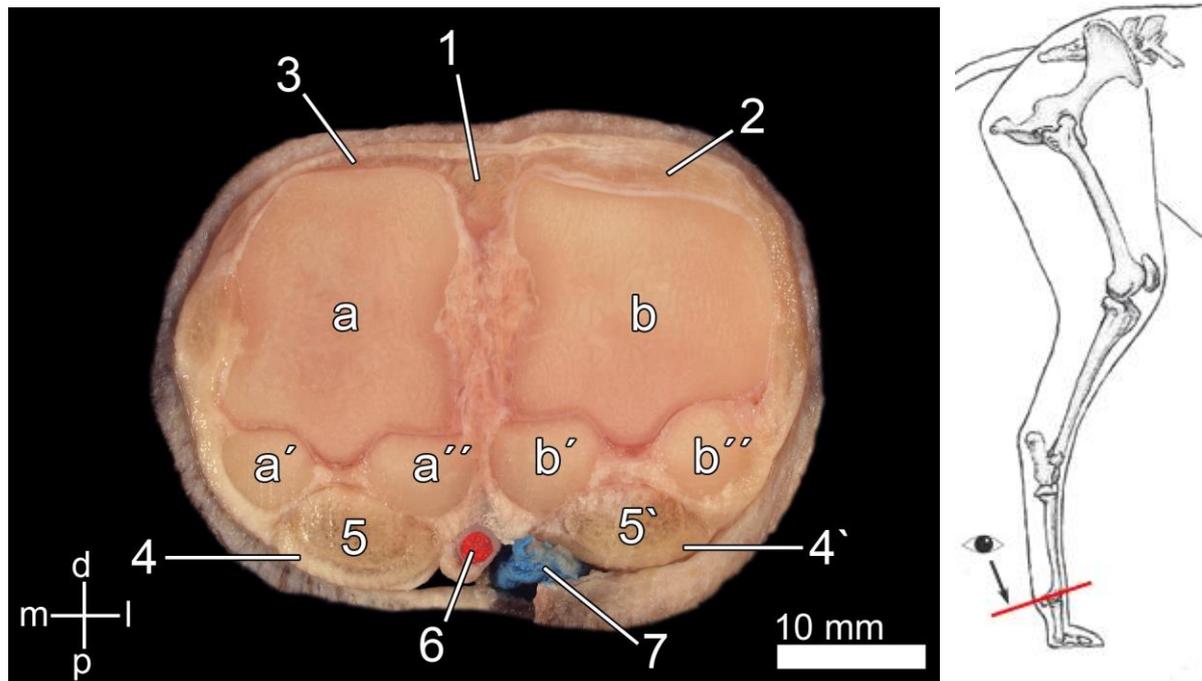


Abb. 43: Gliedmaßen-Querschnitt des rechten proximalen Fesselgelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs; Ansicht von proximal:

a – Caput ossis metatarsalis III; *a'*, *a''* – abaxiales und axiales Os sesamoideum metatarsale III; *b* – Caput ossis metatarsalis IV; *b'*, *b''* – axiales und abaxiales Os sesamoideum metatarsale IV; *d* – dorsal; *l* – lateral; *m* – medial; *p* – plantar

1 – laterale Endsehne des *M. extensor digitorum longus*; 2 – *M. extensor digitorum lateralis*; 3 – mediale Endsehne des *M. extensor digitorum longus*; 4, 4' – oberflächliche Beugesehne (4 – medial; 4' – lateral); 5, 5' – tiefe Beugesehne (5 – medial; 5' – lateral); 6 – *A. digitalis plantaris communis III*; 7 – *V. digitalis plantaris communis III*

4.1.4.4 Zehenmittelgelenke (Articulationes interphalangeae proximales pedis) und Zehenendgelenke (Articulationes interphalangeae distales pedis)

Beteiligte Knochen

Die knöchernen Grundlage der Zehenmittel- und Zehenendgelenke wird gebildet von der Phalanx proximalis, media und distalis einer jeden Zehe. Sie verbinden sich als Sattelgelenke mit vorwiegend Beuge- und Streckfunktion. Im Zehenmittelgelenk (auch Krongelenk genannt) artikuliert das konvexe Caput phalangis proximalis mit der konkaven Fovea articularis der Basis phalangis mediae. Das ebenfalls konvexe Caput phalangis mediae geht im Zehenendgelenk eine gelenkige Verbindung mit der Facies articularis der Phalanx distalis ein.

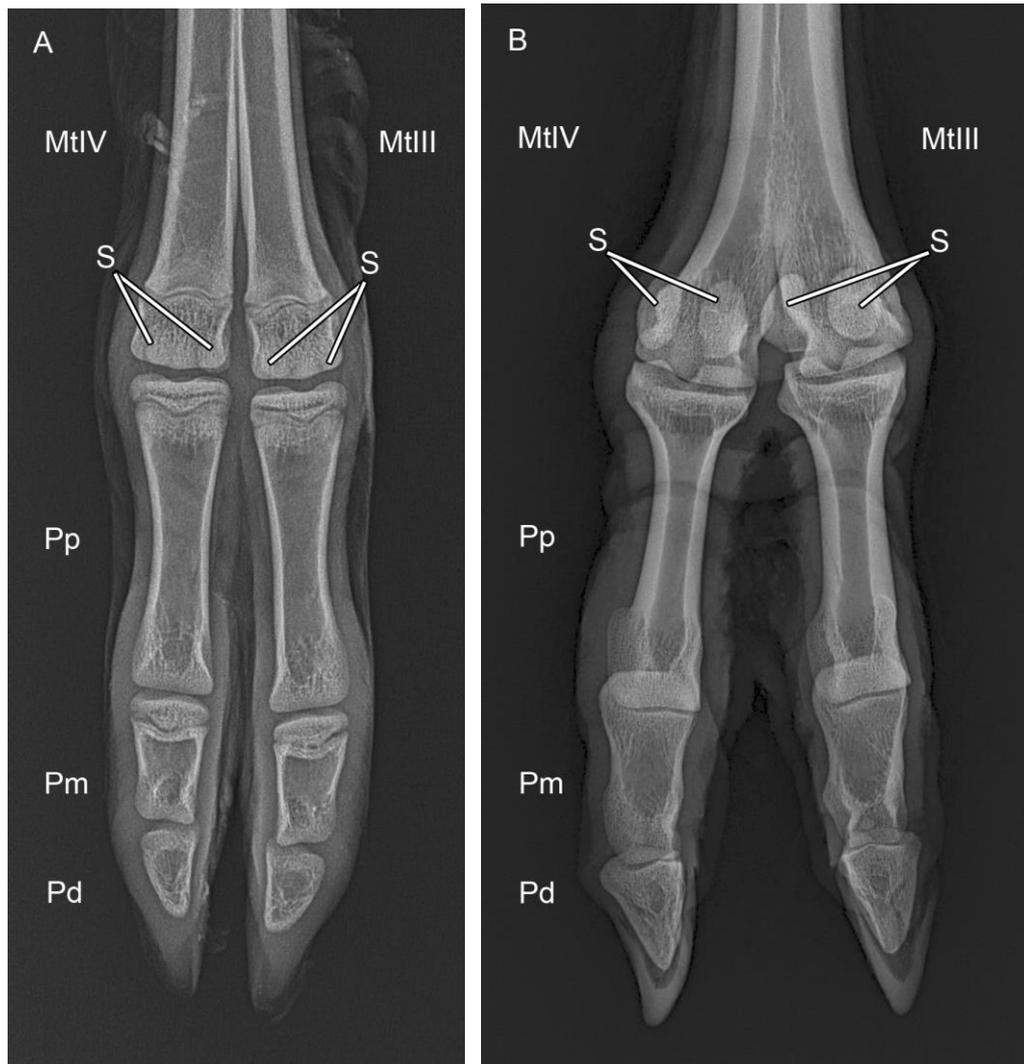


Abb. 44: Dorsoplantare Röntgenaufnahme der rechten Zehengelenke eines 1 Tag alten Huacaya-Hengstes mit Wachstumsfugen (A) und eines 14 Jahre alten Huacaya-Wallachs (B):

MtIII – Os metatarsale tertium; *MtIV* – Os metatarsale quartum; *Pd* – Phalanx distalis; *Pm* – Phalanx media; *Pp* – Phalanx proximalis; *S* – Ossa sesamoidea proximalia

Gelenkbänder und Gelenkkapsel

Die Gelenkkapsel des Zehenmittelgelenks ist dorsal und plantar jeweils mit einem Recessus dorsalis et plantaris erweitert.

Sowohl axial als auch abaxial ist an jeder Zehe ein Lig. collaterale zu finden. Zusätzlich ist axial an jeder Zehe ein langes Lig. collaterale commune axiale ausgebildet, welches dorsal des Lig. collaterale verläuft und alle drei Zehenknochen miteinander verbindet. Plantar bildet die Kronbeinlehne an der Phalanx media das Scutum medium aus, auf dem die tiefe Beugesehne entlangzieht.

Am Zehenendgelenk sind ebenfalls axial und abaxial an jeder Zehe die Ligg. collateralia ausgebildet. Im interdigitalen Spalt spannt sich überkreuzend das Lig. interdigitale distale

auf, welches jeweils die Phalanx media der einen Zehe mit der Phalanx distalis der anderen Zehe miteinander verbindet.

Dorsal spannt sich zwischen dem Ansatz des lateralen Schenkels des M. extensor digitorum longus (Processus extensorius) an der Phalanx distalis und der Phalanx media das elastische Lig. dorsale auf.

Auf der Plantarseite der Zehenendgelenke existieren keine Sesambeine. An ihrer Stelle, ist die tiefe Beugesehne in diesem Bereich etwas kräftiger und breiter entwickelt. Zusätzlich ist die Gelenkkapsel der Zehenendgelenke an dieser Stelle knorpelig verstärkt (Sesamknorpel).

4.1.4.5 Versorgung des Fesselgelenks sowie des Zehenmittel- und Zehenendgelenks

Die Zehengelenke werden v. a. von plantar mit arteriellem Blut versorgt. Vom Fesselgelenk ausgehend zieht die A. digitalis plantaris communis III in den Zwischenzehenspalt und teilt sich dort in die Aa. digitales plantares propriae III et IV axialis auf. Auf den abaxialen Seiten ziehen die Aa. digitales plantares communis II et IV über das Zehengrundgelenk und verlaufen anschließend als Aa. digitales plantares propriae III et IV abaxiales weiter bis ins Zehenkissen und an die Zehenspitze.

4.2 Nerven der Beckengliedmaße

4.2.1 Plexus lumbosacralis

Zu den Nerven des Plexus lumbalis gehören die Nn. iliohypogastrici cranialis et caudalis, der N. ilioinguinalis, der N. genitofemoralis, der N. cutaneus femoris lateralis, der N. femoralis und der N. obturatorius. Der Plexus sacralis besteht aus dem N. glutaenus cranialis, dem N. glutaenus caudalis, dem N. cutaneus femoris caudalis, dem N. ischiadicus, den Rami musculi coccygei, den Rami musculi levatoris ani, dem N. pudendus und den Nn. rectales caudales. Zusammen bilden die beiden Nervengeflechte den Plexus lumbosacralis, welcher aus den Ventralästen der Lenden- und der Sakralnerven gespeist wird (Abb. 45). Für die Eigenmuskulatur und die Gelenke der Beckengliedmaße relevant sind vom Plexus lumbosacralis jedoch nur der N. femoralis, der N. obturatorius, der N. glutaenus cranialis, der N. glutaenus caudalis, der N. cutaneus femoris caudalis und der N. ischiadicus. Der Plexus lumbosacralis liegt zunächst auf der Innenseite des Beckenknochens und des Lig. sacrotuberale latum und einige der ihm entspringenden Nerven treten aus der Beckenhöhle auf die laterale Seite.

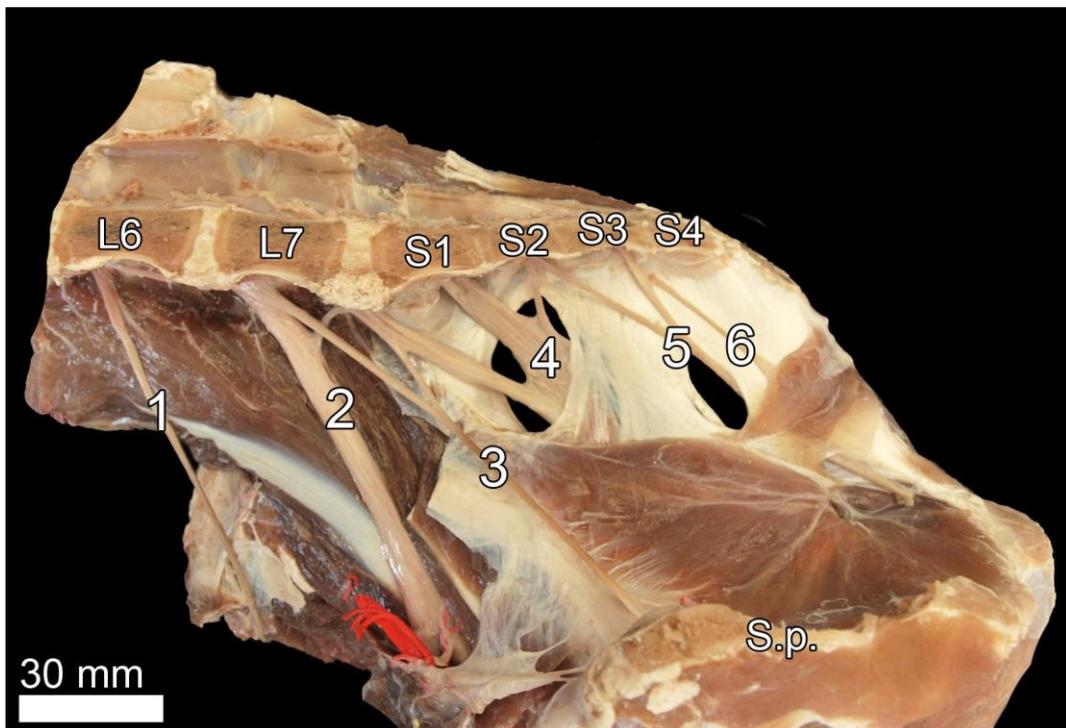


Abb. 45: Plexus lumbosacralis (ohne Nn. iliohypogastrici cranialis et caudalis, N. ilioinguinalis und N. genitofemoralis) der rechten Beckengliedmaße eines ca. 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs, Ansicht von medial:

L6-L7 – 6. und 7. Lendenwirbel; S1-S4 – 1. bis 4. Kreuzwirbel (Os sacrum); S.p. – Symphysis pelvis

1 – N. cutaneus femoris lateralis; 2 – N. femoralis; 3 – N. obturatorius; 4 – N. ischiadicus; 5 – N. pudendus; 6 – N. rectalis caudalis

4.2.2 Nerven der Bauchwand und der Beckenhöhle

Die Nn. iliohypogastrici cranialis et caudalis, der N. ilioinguinalis, der N. genitofemoralis und der N. cutaneus femoris lateralis sind nicht an der Versorgung der Muskulatur der Beckengliedmaße beteiligt, sondern versorgen Teile der Bauch- und Beckengürtelmuskulatur sowie das äußere Genital und Hautgebiete.

Da die Präparate zwischen dem 5. und 6. LW abgetrennt wurden, konnten sie in dieser Arbeit nicht begutachtet werden.

4.2.3 Nerven proximal an der Gliedmaße

Die nachfolgend beschriebenen Nerven sind in ihrem Verlauf und mit ihrem Versorgungsgebiet überwiegend am Oberschenkel lokalisiert.

Der **N. femoralis** entspringt aus dem Ventralast des fünften Lendenwirbels und erhält noch einen zusätzlichen kleinen Ast aus dem sechsten Lendenwirbel. Er durchbohrt kaudoventral den M. psoas major zieht unter der V. femoralis parallel zum Darmbeinschaft distal. Auf Höhe der Eminentia iliopubica gibt er den N. saphenus ab und spaltet sich proximal des Schenkelspaltes in mehrere Rami musculares für den M. iliacus, den M. psoas major, den M. rectus femoris, den M. vastus medialis, den M. sartorius und den M. pectineus auf. Der **N. saphenus** verläuft zwischen dem M. vastus medialis und Mm. adductores zunächst bedeckt vom M. sartorius und M. pectineus, an die er mehrere Rami musculares entlässt, gemeinsam mit der A. saphena und V. saphena medialis distal. Er gibt mehrere Hautäste kranio-medial am Oberschenkel ab, bevor der Nerv distal des Muskelbauches des M. sartorius, gemeinsam mit den ihn begleitenden Blutgefäßen, an die Oberfläche zieht. An der Abzweigung der A. und V. genus descendens zieht ein Ast des N. saphenus mit an die mediale Seite des Kniegelenks. In der Fascia lata zieht er über die Ansätze des M. gracilis und M. semimembranosus. Weiterhin die A. saphena und V. saphena medialis begleitend, zieht der Nerv medial am Unterschenkel zwischen dem M. flexor digitorum profundus und dem M. flexor digitorum superficialis distal durch die Fascia cruris bis an den Tarsus. Während seines Verlaufes entlässt er mehrere Hautäste medial an den Unterschenkel.

Der **N. obturatorius** bekommt seine Nervenfasern aus den Ventralästen des 5. - 7. Lendennerven. Diese Nervenfasern ziehen durch den M. iliacus und den M. psoas major, versorgen diese, und vereinigen sich kaudoventral dieser zu einem einheitlichen Nervenstrang. Er verläuft gemeinsam mit der A. obturatoria von der Facies iliaca des Os ilium über dessen Corpus bis zum Foramen obturatum, durch welches er hindurchtritt. Ventral des Beckenbodens spaltet sich der N. obturatorius in einen Ramus cranialis und einen Ramus caudalis auf. Ersterer Ast versorgt auf seinem Weg zu den Mm. adductores mit feinen Ästen das Hüftgelenk. Der Ramus caudalis gibt bei seinem Verlauf über den

M. obturatorius externus Muskeläste an diesen ab, eher auch dieser in den Mm. adductores verschwindet.

Der **N. ischiadicus** setzt sich aus den Ventralästen des 7. Lendennervs und des 1. - 3. Kreuznerven zusammen. Er besaß bei den untersuchten erwachsenen Tieren eine Breite von etwa 15 mm und war somit der stärkste Nerv des Plexus lumbosacralis. Kurz nach der Vereinigung seiner Ursprünge verlässt er über die Incisura ischiadica major durch das Foramen ischiadicum majus die Beckenhöhle. Lateral zieht er unter dem M. gluteus medius und dem M. gluteus accessorius auf dem M. gluteus profundus kaudal über die Muskeln der kleinen Beckengesellschaft um den Trochanter major, gibt dabei mehrere Muskeläste an diese ab und versorgt ebenso die Gelenkkapsel der Articulatio coxae (*Abb. 46*). Auf halber Höhe des Oberschenkels spaltet er sich in den N. tibialis und den N. fibularis communis auf. Die ventralen Nervenfasern des 7. Lendennerven und des 1. Kreuznerven sind neben dem N. ischiadicus auch der Ursprung für den **N. gluteus cranialis**. Er zieht gemeinsam mit dem N. ischiadicus und dem N. gluteus caudalis über die Incisura ischiadica major durch das vom Lig. sacrotuberale latum gebildete Foramen ischiadicum majus. Lateral teilt er sich in mehrere Rami musculares auf, mit denen er in den M. gluteus medius, den M. gluteus accessorius, den M. gluteus profundus sowie in den M. tensor fasciae latae zieht.

Der **N. gluteus caudalis** entspringt den Ventralästen der ersten beiden Sakralnerven und tritt zusammen mit dem N. gluteus cranialis und dem N. ischiadicus durch das Foramen ischiadicum majus aus der Beckenhöhle, um mit mehreren Muskelästen die proximalen Anteile des M. gluteobiceps zu versorgen.

Der **N. cutaneus femoris caudalis** bildet sich aus den Ventralästen des 3. Kreuznerven und versorgt in mehreren kleinen Ästchen die Haut kaudolateral an der Hüfte und des Oberschenkels.

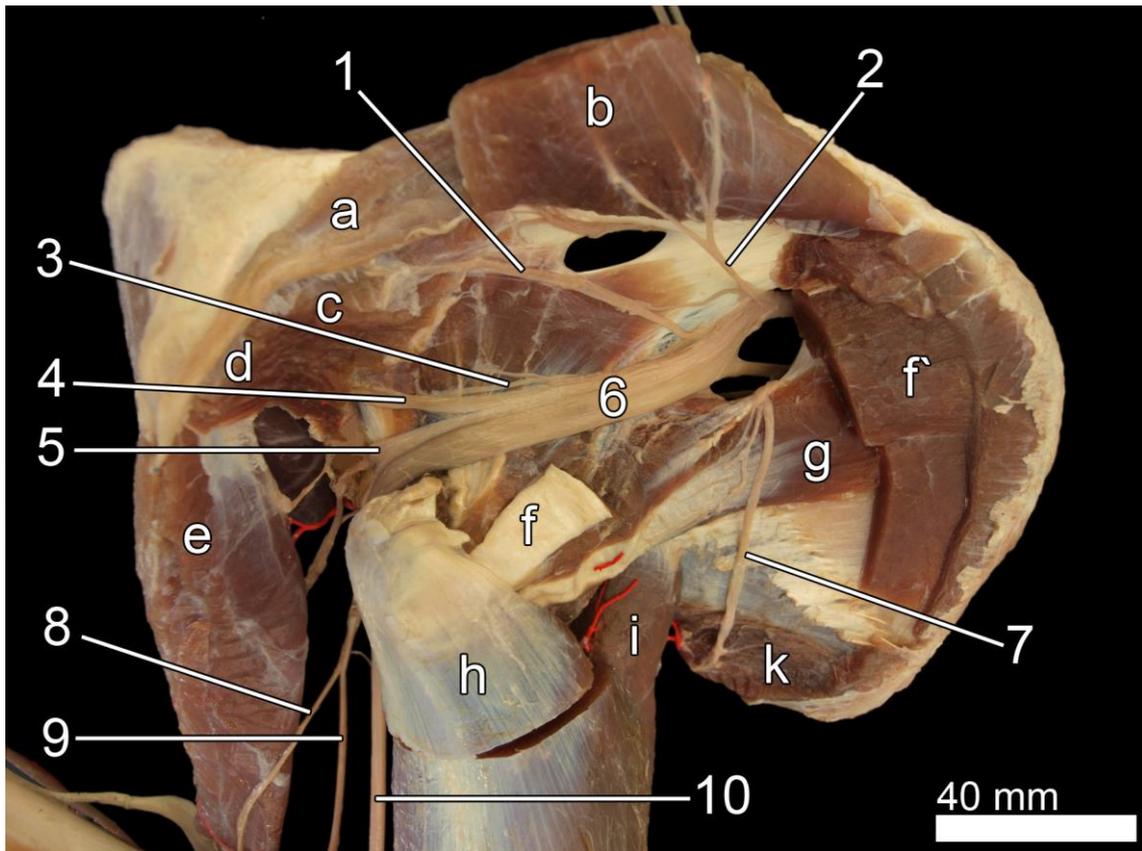


Abb. 46: N. ischiadicus der rechten Beckengliedmaße eines ca. 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs, Ansicht von lateral; Glutäalanteil des M. glutaebiceps (M. gluteus superficialis) durchtrennt und abgeklappt; M. gluteus medius, M. tensor fasciae latae, Bizepsanteil des M. glutaebiceps (M. biceps femoris) und M. semitendinosus bis auf Stümpfe entfernt:

a – Wirbelkopf des M. semitendinosus; b – Glutäalanteil des M. glutaebiceps (M. gluteus superficialis); c – Ursprung des Bizepsanteils des M. glutaebiceps (M. biceps femoris); d – Ursprung des M. semitendinosus; e – M. semimembranosus; f, f' – Stümpfe des M. gluteus medius (f – Ansatz; f' – Ursprung); g – M. gluteus accessorius; h – M. vastus lateralis (M. quadriceps femoris) (durchtrennt); i – M. rectus femoris (M. quadriceps femoris); k – Ursprung des M. tensor fasciae latae

1 – motorischer Ast zum M. obturatorius internus; 2 – N. gluteus caudalis; 3 – motorische Äste zu den Mm. gemelli; 4 – motorischer Ast zum Bizepsanteil des M. glutaebiceps (M. biceps femoris); 5 – motorischer Ast zum M. semimembranosus; 6 – N. ischiadicus; 7 – N. gluteus cranialis; 8 – N. cutaneus surae caudalis; 9 – N. fibularis communis; 10 – N. tibialis

4.2.4 Nerven distal an der Gliedmaße

Eine der beiden Endaufspaltungen des N. ischiadicus ist der **N. fibularis communis**. Er entspringt kaudal des Trochanter major ossis femoris zusammen mit dem N. tibialis unter dem M. glutaebiceps. Hier entspringt aus dem N. fibularis communis der **N. cutaneus surae lateralis**, welcher kaudal des M. glutaebiceps an die laterale Oberfläche zieht und kaudolateral die Haut am Kniegelenk und am Unterschenkel versorgt. Der N. fibularis

communis verläuft lateral quer über den M. gastrocnemius und zieht zwischen den M. fibularis longus, welchen er mit einem Muskelast versorgt, und den M. extensor digitorum lateralis. An dieser Stelle teilt er sich in den N. fibularis superficialis und den N. fibularis profundus. Der **N. fibularis profundus** zieht zwischen dem M. fibularis longus und dem M. extensor digitorum lateralis in die Tiefe. Dort entlässt er mehrere Muskeläste an den M. fibularis tertius, den M. extensor digitorum longus und den M. tibialis cranialis. Ebenso zieht ein zarter Strang von lateral an die Gelenkkapsel des Kniegelenks. Zusammen mit der A. tibialis cranialis zieht er unterhalb des M. extensor digitorum longus direkt auf der Tibia zum Sprunggelenk. Er gibt einen feinen Ast an die Gelenkkapsel des Tarsalgelenks unterhalb des M. extensor digitorum brevis und verliert sich in seinem weiteren Verlauf am Mittelfuß. Als oberflächlicher Anteil des N. fibularis communis zieht der **N. fibularis superficialis** auf dem M. extensor digitorum lateralis, verdeckt vom M. fibularis longus, distal zum Tarsus. Während seines Verlaufs von lateral auf die Kranialseite gibt er Rami musculares an den M. extensor digitorum lateralis und an den M. fibularis longus ab. Im distalen Drittel des Unterschenkels gelangt er an die Oberfläche und wird in seinem weiteren Verlauf, lateral des M. fibularis tertius von der V. tibialis cranialis begleitet. Dorsal des Tarsus teilt sich der N. fibularis superficialis nach der Abgabe mehrerer Rami cutanei in die Nn. digitales dorsales communes II-IV auf.

Der **N. tibialis** entlässt an seinem Ursprung, kaudal des Trochanter major ossis femoris den **N. cutaneus surae caudalis**. Dieser zieht oberflächlich zwischen dem M. gluteobiceps und dem M. semitendinosus. Anschließend erstreckt er sich über die Kaudalseite des M. gastrocnemius bis er sich schließlich distal am Unterschenkel verliert. Während seines Verlaufes versorgt er die Haut kaudal des Kniegelenks und des Unterschenkels. Der N. tibialis zieht am Oberschenkel gemeinsam mit dem N. fibularis communis zwischen dem M. gluteobiceps und dem M. semitendinosus. Kaudal des Kniegelenks gelangt er zwischen die beiden Köpfe des M. gastrocnemius in die Tiefe und gibt Muskeläste an den M. gastrocnemius, den M. flexor digitorum superficialis, an die Anteile des M. flexor digitorum profundus (M. flexor digitorum lateralis, M. flexor digitorum medialis und M. tibialis caudalis) und an den M. popliteus ab. Anschließend zieht er parallel mit der A. saphena, dem N. saphenus und der V. saphena medialis distal zum Sprunggelenk. Dort angelangt, gibt er von kaudomedial kleine Äste an die Gelenkkapsel des Tarsalgelenks ab, ehe er sich in die Nn. plantares medialis et lateralis aufteilt.

4.2.5 Nerven der Zehen

Die Dorsalseite der Zehen wird von den Ästen des N. fibularis superficialis versorgt. Der **N. digitalis dorsalis communis II** zieht gemeinsam mit der medialen Sehne des M. extensor digitorum longus zur abaxialen Seite der dritten Zehe. Auf Höhe des

Zehengrundgelenks geht er in den sehr feinen N. digitalis dorsalis proprius III abaxialis über. Der **N. digitalis dorsalis communis III** verläuft gemeinsam mit der lateralen Endsehne des M. extensor digitorum longus und der V. digitalis dorsalis communis III dorsal über das Os metatarsale III et IV und teilt sich beim Erreichen des Interdigitalspaltes in die mit bloßem Auge kaum mehr erkennbaren Nn. digitales dorsales proprii III et IV axiales. Der dritte Ast des N. fibularis superficialis, der **N. digitalis dorsalis communis IV**, zieht zur lateralen Seite des Metatarsalknochens und verläuft mit dem M. extensor digitorum lateralis zur abaxialen Seite der vierten Zehe. Ab dem Fesselgelenk wird er als N. digitalis dorsalis proprius IV abaxialis bezeichnet und verliert sich lateral am medialen Zehenknochen.

Auf der Plantarseite des Mittelfußes und der Zehen wird die nervale Versorgung durch den N. tibialis mit seinen beiden Ästen (Nn. plantares) sichergestellt. Der **N. plantaris lateralis** zieht medial des Sprunggelenks unter die fächerförmige Erweiterung des medialen Schenkels des Lig. plantare longum. Auf dieser Höhe entlässt er sowohl einen zarten tiefen Ast an die Gelenkkapsel des Tarsalgelenks als auch einige Nervenfasern an den M. interosseus. Er verläuft im mittleren Drittel des Metatarsus an der lateralen Seite als **N. digitalis plantaris communis IV** oberflächlich zwischen den beiden Beugesehnen zum Fesselgelenk und entlässt bei den untersuchten Tieren einen Verbindungsast zum N. digitalis plantaris communis III. Ab dem Fesselgelenk zieht er als N. digitalis plantaris proprius IV abaxialis plantolateral entlang der Zehengelenke. Der **N. plantaris medialis** verläuft mit der A. plantaris medialis an der medialen Seite des oberflächlichen und tiefen Zehenbeugers. Unterhalb des Tarsalgelenks teilt er sich in die Nn. digitales plantares communes II et III, die ab dem Zeitpunkt lateral und medial der A. digitalis plantaris communis III verlaufen. Der **N. digitalis plantaris communis II** zieht plantomedial über die Fessel und anschließend als N. digitalis plantaris proprius III abaxialis an der plantaren Außenseite der dritten Zehe weiter. Medial der A. digitalis plantaris communis III verläuft der **N. digitalis plantaris communis III** und zieht mit ihr gemeinsam zum Zwischenzehenspalt. Dort teilt er sich in die feinen Nn. digitales plantares proprii III et IV axiales, welche jeweils auf der plantaren Innenseite einer jeden Zehe ihr Versorgungsgebiet haben.

4.3 Blutgefäße der Beckengliedmaße

4.3.1 Arterien

Die arterielle Versorgung der Beckengliedmaße erfolgte bei den untersuchten Tieren hauptsächlich über die A. iliaca externa, deren Fortsetzung sich mit wechselnder Bezeichnung entlang der Gliedmaße distal bis zu den Zehen erstreckt (*Abb. 47*). Darüber hinaus beteiligte sich die A. iliaca interna im Bereich der Beckenhöhle und Kruppe über einige Abzweigungen. Eine schematische Übersicht der Arterien der Beckengliedmaße ist in *Abb. 49* dargestellt.

A. iliaca interna

Kaudal des Ursprungs der A. iliaca externa entspringt auf Höhe des siebten Lendenwirbels die A. iliaca interna aus der Aorta abdominalis. Direkt nach ihrem Austritt entlässt sie die Nabelarterie. Auf Höhe des Tuber sacrale entspringt aus ihr die **A. glutaea cranialis**, welche mit dem N. ischiadicus durch das Foramen ischiadicum majus auf die laterale Beckenseite zieht. Dort spaltet sie sich in mehrere Muskeläste für die Glutäalmuskulatur auf. Die A. iliaca interna verläuft medial des Lig. sacrotuberale latum und entlässt aus einem kurzen gemeinsamen Stamm die **A. obturatoria** und die **A. iliolumbalis**, welche für die Versorgung der Muskulatur um das Foramen obturatum und Anteile des M. glutaemus profundus sowie des M. iliopsoas zuständig sind. Auf Höhe des dritten bis vierten Kreuzbeinwirbels teilt sich die A. iliaca interna in die A. glutaema caudalis und die A. pudenda interna auf. Die **A. glutaema caudalis** zieht über die Incisura ischiadica minor lateral und versorgt dort die Glutäalmuskulatur von kaudal sowie die Wirbel- und Beckenköpfe der Hinterbackenmuskeln und die Haut in dieser Region.

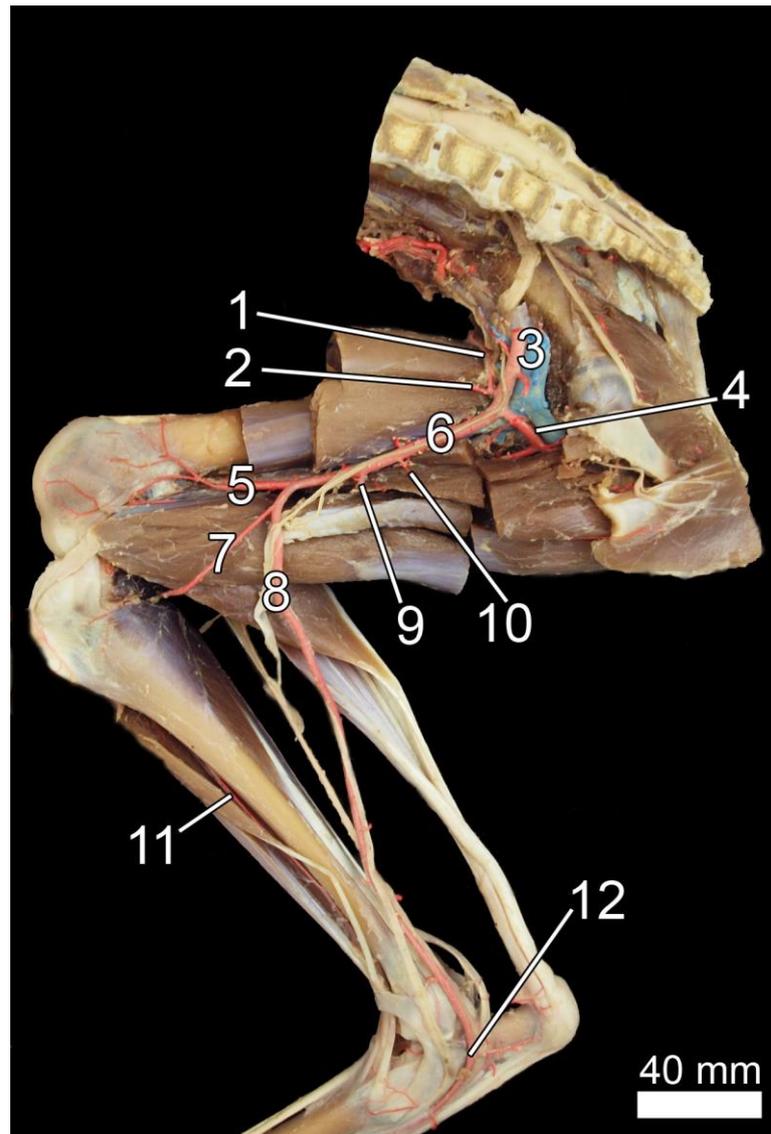


Abb. 47: Arterienbaum der rechten Beckengliedmaße einer 1 Tag alten Huacaya-Stute, Ansicht von medial:

1 – *A. circumflexa ilium superficialis*; 2 – *A. circumflexa femoris lateralis*; 3 – *A. iliaca externa*; 4 – *A. circumflexa femoris medialis*; 5 – *A. poplitea*; 6 – *A. femoralis*; 7 – *A. articularis genus*; 8 – *A. saphena*; 9 – *A. caudalis femoris distalis*; 10 – *A. caudalis femoris proximalis*; 11 – *A. tibialis cranialis*; 12 – *A. plantaris medialis*

A. iliaca externa

Die *A. iliaca externa* entspringt auf Höhe des sechsten Lendenwirbels aus der Aorta abdominalis. Sie zieht medial auf der Fascia iliaca und der Beckengürtelmuskulatur entlang des Os ilium und tritt durch die Lacuna vasorum zwischen die Muskeln medial am Oberschenkel. Direkt vor ihrem Austritt aus der Bauchhöhle entlässt sie die ***A. circumflexa ilium profunda***. Kurz vor dem Eintritt der *A. iliaca externa* in den Schenkelspalt geht von ihr der Truncus pudendoepigastricus als eigenständiger Ast ab. Nachdem sie die Lacuna vasorum passiert hat und somit zur *A. femoralis* wird, zweigt sich ventral der Eminentia

iliopubica, die **A. circumflexa femoris medialis** ab. Diese verläuft ventral des Os pubis weiter kaudal und versorgt über mehrere Äste die kaudal am Becken und Oberschenkel gelegenen Muskeln (Abb. 48). Ihr **Ramus transversus** versorgt als stärkster Ast den proximalen Bereich kaudomedial am Oberschenkel. Der **Ramus obturatorius** zieht dorsal zum Foramen obturatum und vaskularisiert dort Anteile der tiefen Hüftbeuger. Unterstützt wird er dabei vom **Ramus profundus**, der kaudal des Os femoris verläuft. Zum Acetabulum ziehend versorgt der **Ramus acetabularis** das Hüftgelenk von ventral. Der **Ramus ascendens** zieht in Richtung des Tuber ischiadicums durch die Mm. adductores und gibt dort Äste an den M. semimembranosus, den M. semitendinosus und den M. glutaebiceps ab.

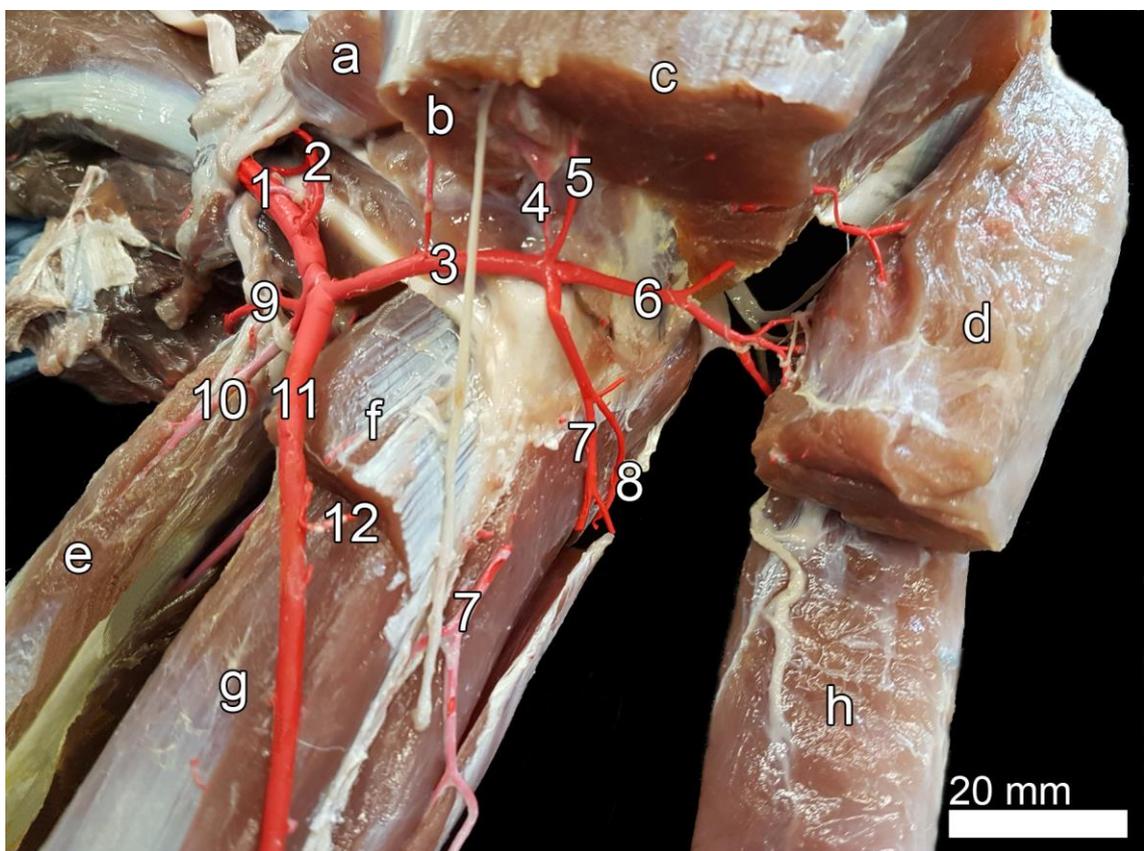


Abb. 48: Arterien proximal am Oberschenkel eines ca. 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs, Ansicht von medial, mediale Oberschenkelmuskeln bis auf Stümpfe entfernt:

a – Ursprung des M. pectineus; b – kaudaler Ursprung des M. sartorius; c – Ursprung des M. gracilis; d – Ursprung des M. semitendinosus; e – M. rectus femoris (M. quadriceps femoris); f – Ursprung der Mm. adductores; g – M. vastus medialis (M. quadriceps femoris); h – Bizepsanteil des M. glutaebiceps (M. biceps femoris)

1 – A. iliaca externa; 2 – Truncus pudendoepigastricus; 3-7 – A. circumflexa femoris medialis (4 – Ramus acetabularis; 5 – Ramus obturatorius; 6 – Ramus ascendens; 7 – Ramus descendens; 8 – Ramus transversus); 9 – A. circumflexa ilium superficialis; 10 – A. circumflexa femoris lateralis; 11 – A. femoralis; 12 – A. caudalis femoris proximalis

Die **A. femoralis** zieht gemeinsam mit der V. und dem N. femoralis im Schenkelspalt zwischen dem M. vastus medialis und den Mm. adductores in Richtung Kniegelenk. Während ihres Verlaufes entlässt sie kranial zunächst die zarte **A. circumflexa iliacum superficialis**, die Muskeläste an die proximalen Abschnitte des M. sartorius, des M. tensor fasciae latae, des M. rectus femoris und des M. vastus medialis entlässt. Direkt distal dazu entspringt die **A. circumflexa femoris lateralis**, welche sich in drei Äste (R. ascendens, R. descendens und R. transversus) zur Versorgung des Hüftgelenks von lateral, des M. articularis coxae, des M. tensor fasciae latae, des M. gluteus superficialis und des M. vastus lateralis aufspaltet. Kaudal entlässt die A. femoralis direkt unterhalb der A. circumflexa femoris medialis die **A. caudalis femoris proximalis**, welche in kleineren Aufzweigungen in den M. gracilis, die Mm. adductores und den M. semimembranosus zieht. Distal der A. caudalis femoris proximalis nimmt die A. saphena, kurz vor dem Austritt der A. femoralis aus dem Schenkelspalt, ihren Ursprung. Distal der A. saphena zweigt die **A. caudalis femoris distalis** aus der A. femoris ab. Sie versorgt den M. gluteobiceps, den M. semimembranosus und den M. gastrocnemius mit arteriellem Blut. Die **A. genus descendens** entspringt als letzter Kollateralast der A. femoralis und verläuft zwischen dem M. semimembranosus und dem M. vastus medialis an das Kniescheibengelenk. Die A. femoralis setzt sich anschließend als A. poplitea in die Kniekehle fort.

A. saphena

Die A. saphena zieht oberflächlich mit der V. saphena medialis und dem N. saphenus von der Fascia lata bedeckt über die Ansätze des M. gracilis und M. semitendinosus. In diesem Abschnitt gibt sie einen Ast an das Kniegelenk (A. genus descendens), Äste an die Haut dieser Region und an die Ansätze der medialen Oberschenkelmuskeln ab und teilt sich anschließend in einen Ramus cranialis und einen Ramus caudalis auf. Der schwache **Ramus cranialis** verliert sich im mittleren Drittel der Tibia auf der medialen Seite, wo er zuvor die Strecker des Sprunggelenks versorgt. Der **Ramus caudalis** zieht am Unterschenkel gemeinsam mit der V. saphena und dem N. saphenus zwischen den Anteilen des M. flexor digitorum profundus und dem M. flexor digitorum superficialis zum Tarsus. Proximal des Tarsalgelenks entlässt er zum einen die **Rami malleolares mediales** an die Tibia und zum anderen die **Rami calcanei** zur Bildung des **Rete calcaneum** am Fersenbein. Anschließend spaltet sie sich in die A. plantaris lateralis und in die A. plantaris medialis auf.

A. poplitea

Die A. poplitea zieht zwischen den beiden Köpfen des M. gastrocnemius in die Tiefe der Kniekehle und wird dort vom M. popliteus bedeckt. Sie stellt mit ihren Abzweigungen die arterielle Hauptversorgung des Kniegelenks sicher. Sie entlässt proximal der Kondylen des

Os femoris zunächst die **Aa. genus proximales lateralis et medialis**. Die **A. genus media** entspringt distal dieser beiden Arterien und zieht medial ans Kniegelenk, um das **Rete patellae** zu bilden. Kaudal ziehen die **Aa. surales** in die Muskeln, die kaudal der Tibia gelegen sind. Als letzter Kollateralast der A. poplitea geht die **A. genus distalis lateralis** auf Höhe des medialen Meniskus ab, die zusammen mit der A. genus proximalis lateralis das **Rete articulare genus** bildet, ehe sie sich in die gut entwickelte A. tibialis cranialis und die schwächere A. tibialis caudalis aufspaltet.

Die **A. tibialis cranialis** stellt die kranioventrale Fortführung der A. poplitea dar. Sie zieht mit der gleichnamigen Vene zur zurückgebildeten Fibula und entlässt distal davon zunächst die **A. recurrens tibialis cranialis** und anschließend die **A. nutricia tibiae** mit der **A. interossea cruris** zur Eigenversorgung des Knochens. In ihrem weiteren Verlauf zieht sie bedeckt vom M. extensor digitorum lateralis und M. fibularis longus, um zusammen mit dem M. extensor digitorum longus durch das proximale Ringband auf die dorsale Seite des Tarsus zu ziehen. Dabei gibt sie mehrere Muskeläste an die Muskulatur lateral am Unterschenkel ab und im distalen Drittel der Tibia entlässt sie zusätzlich die **A. malleolaris cranialis lateralis** und die **A. malleolaris cranialis medialis**. Distal des proximalen Ringbandes setzt sich die A. tibialis cranialis als A. dorsalis pedis fort. Die **A. tibialis caudalis** entspringt als kleiner Ast am proximalen Rand des M. popliteus aus der A. poplitea, verläuft kaudomedial auf dem M. flexor digitorum medialis und versorgt diesen und die anderen beiden Anteile des tiefen Zehenbeugers mit arteriellem Blut.

Arterien des Fußes

Die **A. dorsalis pedis** entlässt am Tarsalgelenk die **Aa. tarseae lateralis et medialis** und die **A. tarsea perforans** zur Versorgung des Sprunggelenks. Distal des Metatarsus geht sie in die zarte **A. metatarsae dorsalis III** über.

Die **A. plantaris medialis** ist kräftiger als die A. plantaris lateralis und die A. dorsalis pedis. Sie gibt proximal des Fesselgelenks von dorsal einen Ast an dieses Gelenk und an den Metatarsus ab und teilt sich in die A. digitalis plantaris communis II, III et IV. Die **A. digitalis plantaris communis II** zieht gemeinsam mit der gleichnamigen Vene und Nerv an die abaxiale Seite der dritten Zehe und versorgt die dortigen Strukturen als A. digitalis plantaris propria III abaxialis mit arteriellem Blut. Die **A. digitalis plantaris communis III** zieht plantar in den Interdigitalspalt und teilt sich dort in die Aa. digitales plantares propriae III et IV axiales, welche jeweils an der axialen Seite der entsprechenden Zehe verläuft. Die **A. digitalis plantaris communis IV** zieht plantolateral an die abaxiale Seite der vierten Zehe und setzt sich dort in der A. digitalis plantaris propria IV abaxialis fort.

Die **A. plantaris lateralis** zieht gemeinsam mit dem N. plantaris lateralis über den M. quadratus plantae und entlässt einen Ast, der die Bildung des Rete calcaneum unterstützt.

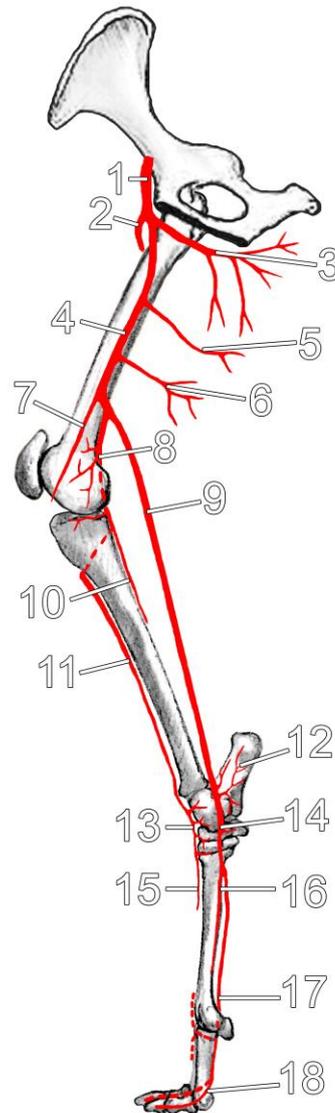


Abb. 49: Schemazeichnung der Arterien der rechten Beckengliedmaße; Ansicht von medial:

1 – A. iliaca externa; 2 – A. circumflexa femoris lateralis; 3 – A. circumflexa femoris medialis; 4 – A. femoralis; 5 – A. caudalis femoris proximalis; 6 – A. caudalis femoris distalis; 7 – A. genus descendens; 8 – A. poplitea; 9 – A. saphena; 10 – A. tibialis caudalis; 11 – A. tibialis cranialis; 12 – Rete calcanei; 13 – A. dorsalis pedis; 14 – A. plantaris lateralis; 15 – A. metatarsae dorsalis III; 16 – A. metatarsae plantaris III; 17 – A. digitalis plantaris communis III; 18 – A. digitalis plantaris propria III abaxialis

4.3.2 Venen

Der venöse Abfluss erfolgt am Fuß und am Unterschenkel der Beckengliedmaße des Alpakas über ein dorsales und ein plantares System. Diese beiden Systeme vereinigen sich auf Höhe des Kniegelenks in der *V. poplitea*. In *Abb. 52* sind die Venen der Beckengliedmaße in einer schematische Darstellung aufgezeigt.

Dorsales Venensystem am Fuß der Beckengliedmaße

Das dorsale Venensystem beginnt mit den **Vv. digitales dorsales propriae III et IV axiales**. Diese vereinigen sich proximal im Zwischenzehenspalt zur **V. digitalis dorsalis communis III**. Von der abaxialen Seite der dritten Zehe kommt die **V. digitalis dorsalis communis II**, welche auf Höhe der Phalanx media und der Phalanx distalis noch als **V. digitalis dorsalis propria III abaxialis** verläuft. Im abaxialen Bereich der distalen und der mittleren Phalanx der vierten Zehe entspringt die **V. digitalis dorsalis propria IV abaxialis**, welche ab dem Zehengrundgelenk als **V. digitalis dorsalis communis IV** bezeichnet wird. Die Vv. digitales dorsales communes II et IV münden dorsomedial am Fesselgelenk in die *V. digitalis dorsalis communis III*. Sie zieht als **V. metatarsa dorsalis III** auf der lateralen Seite der Sehne des *M. extensor digitorum longus* über den Metatarsus bis zum Sprunggelenk und geht dort in die **V. dorsalis pedis** über. Vom Sprunggelenk kommend nimmt sie die *V. tarsea perforans*, die *V. tarsea lateralis* und die *V. tarsea medialis* auf, wodurch sie zur **V. tibialis cranialis** wird. Proximal des Tarsus verläuft sie lateral neben der *A. tibialis cranialis*, um distal des Kniegelenks kaudolateral in die *V. poplitea* überzugehen.

Plantares Venensystem am Fuß der Beckengliedmaße

Von der Phalanx distalis ausgehend beginnt das plantare System abaxial beider Zehen mit den **Vv. digitales plantares propriae III et IV abaxiales**, die auf Höhe des Zehengrundgelenks zu den **Vv. digitales plantares communes II et IV** werden. Sie münden in den **Arcus plantaris profundus distalis** unter den Beugesehnen der Zehen. Die beiden **Vv. digitales plantares propriae III et IV axiales** verbinden sich im proximalen Interdigitalspalt zur **V. digitalis plantaris communis III**. Am Ursprung der *V. digitalis plantaris communis III* war bei vier Tieren die **V. interdigitalis** als Verbindung zur *V. digitalis dorsalis propria III axialis* ausgebildet. Plantomedial zieht aus dem *Os metatarsale III et IV* der *Ramus perforans distalis* in den **Arcus plantaris profundus distalis**. Aus ihm entspringt medial die **V. metatarsa plantaris III**. In sie tritt, proximal ihres Ursprungs, ein Teil der *V. digitalis plantaris communis III*, während der andere Teil als *Ramus superficialis* sich mit dem *Ramus profundus* zur *V. plantaris medialis* verbindet. Die plantare Metatarsalvene bildet distal des Sprunggelenks den **Arcus plantaris profundus** aus. Auf der plantomedialen Seite entspringt daraus der *Ramus profundus* der **V. plantaris medialis**. Diese Vene zieht medial

am Kalkaneus vorbei, nimmt dabei mehrere Venen aus dem Sprunggelenk auf und geht in die V. saphena medialis über.

Plantolateral geht der Arcus plantaris profundus in die **V. plantaris lateralis** über. Die V. plantaris lateralis gibt distal des Kalkaneus einen Ast an die V. plantaris medialis ab und zieht anschließend lateral um das Fersenbein. Sie mündet in den Ramus caudalis der V. saphena lateralis.

Die **V. saphena medialis** nimmt kaudal im mittleren Drittel der Tibia zunächst einen Venenzweig und ca. 2 cm proximal davon einen weiteren auf. Die Venen bilden einen Venenbogen aus, von dem medial die V. saphena medialis weiterläuft und kaudal ein Ast in eine Venenausbuchtung übergeht (*Abb. 50*). Diese Ausbuchtung ist ca. 4 cm lang und bis zu 2 cm breit. Sie liegt auf dem M. popliteus in der Kniekehle (*Abb. 27*). Unter dem M. popliteus verläuft die V. poplitea, welche proximal dieses Muskels teilweise in die Venenausbuchtung einfließt. Die Venenausbuchtung mündet proximal in die V. poplitea ein. Die V. saphena medialis zieht zusammen mit dem N. saphenus und der A. saphena zwischen dem M. flexor digitorum profundus und dem M. flexor digitorum superficialis zum Kniegelenk. Sie mündet am distalen medialen Oberschenkel zwischen dem M. vastus medialis und den Mm. adductores in die V. femoralis. Zusätzlich zweigt eine tiefe Vene von der V. saphena medialis ab und zieht direkt dem Oberschenkelbein anliegend, parallel zur V. femoralis proximal. Kurz vor dem Übergang der V. femoralis in V. iliaca externa mündet diese tiefe Oberschenkelvene in die V. femoralis (*Abb. 51*).

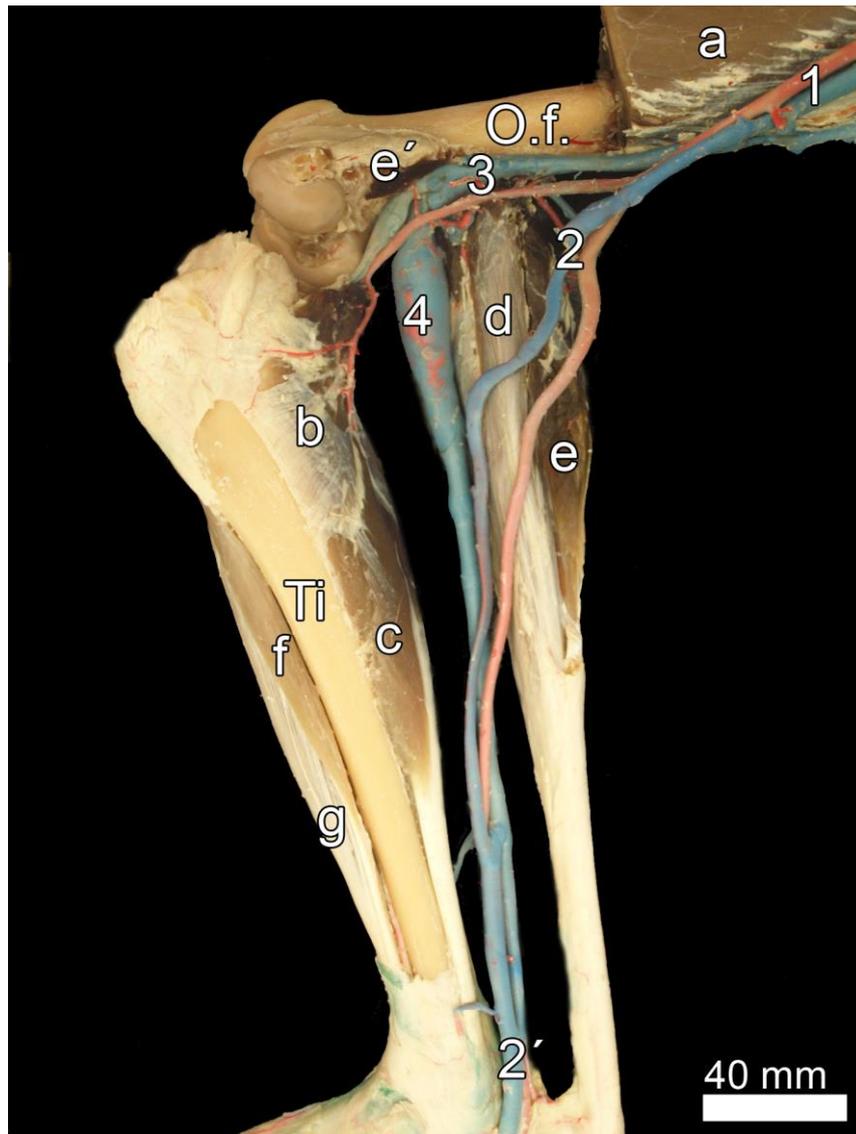


Abb. 50: Venen am Unterschenkel einer 20 Jahre alten Huacaya-Stute; Ansicht von medial (mediale Oberschenkelmuskulatur, Hinterbackenmuskulatur, *M. quadriceps* bis auf Anteile des *M. vastus medialis* und das *Caput mediale* des *M. gastrocnemius* entfernt):

O.f. – *Os femoris*; Ti – *Tibia*

a – *M. vastus medialis* (*M. quadriceps femoris*); b – *M. popliteus*; c – *M. flexor digitorum medialis*; d – *M. flexor digitorum superficialis*; e, e' – *M. gastrocnemius* (e – *Caput laterale*; e' – *Ursprung des Caput mediale*); f – *M. tibialis cranialis*; g – *M. fibularis tertius*

1 – *V. femoralis*; 2, 2' – *V. saphena*; 3 – *V. poplitea*; 4 – *Venensinus der V. saphena in der Regio poplitea*

Venen des proximalen Abschnittes der Beckengliedmaße

Die **V. poplitea** zieht kaudal des Kniegelenks und nimmt dort die **Vv. genus** auf, ehe sie in die **V. femoralis** übergeht. Diese verläuft durch die Ursprünge der beiden Köpfe des **M. gastrocnemius** und nimmt dort zunächst die **V. genus descendens** und die **Vv. caudales femoris** auf. Sie gelangt zwischen den **M. vastus medialis** und die **Mm. adductores** und nimmt bei ihrem Eintritt in den Schenkelspalt die **V. saphena medialis** auf. Medial und proximal am Oberschenkel münden in sie von kranial die **V. circumflexa femoris lateralis** und die **V. circumflexa femoris superficialis**. Von kaudal verbindet sie sich schließlich kurz vor ihrem Übergang in die Beckenhöhle mit der **V. circumflexa femoris medialis** und der **V. pudendoepigastrica**. In der Beckenhöhle verläuft das Gefäß als **V. iliaca externa**, verbindet sich dort mit der **V. iliaca interna** zur **V. iliaca communis** und mündet kaudal der **V. circumflexa ilium profunda** in der **V. cava caudalis**.

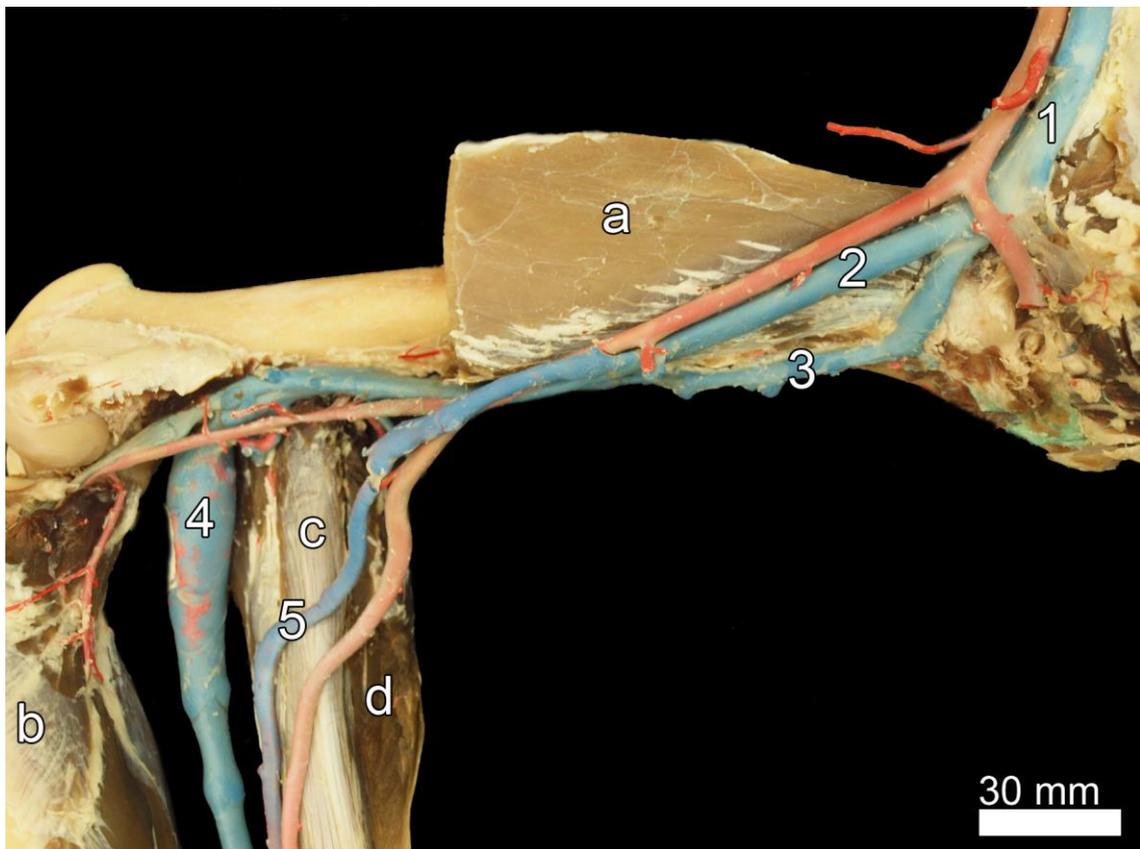


Abb. 51: Venen am Oberschenkel einer 20 Jahre alten Huacaya-Stute; Ansicht von medial; Gefäße mit Latexmilch gefüllt (mediale Oberschenkelmuskulatur, Hinterbackenmuskulatur, **M. quadriceps** bis auf Anteile des **M. vastus medialis** und das **Caput mediale** des **M. gastrocnemius** entfernt):

a – **M. vastus medialis** (**M. quadriceps femoris**); b – **M. popliteus**; c – **M. flexor digitorum superficialis**; d – **Caput laterale** (**M. gastrocnemius**)

1 – **V. iliaca externa**; 2 – **V. femoralis**; 3 – tiefe Oberschenkelvene; 4 – Venensinus der **V. saphena** in der **Regio poplitea**; 5 – **V. saphena**

V. iliaca interna

Innerhalb der Beckenhöhle fließen kranial des Tuber ischiadicum die **V. pudenda interna** und die **V. glutea caudalis** zur **V. iliaca interna** zusammen. Nach ihrer Aufnahme der Gefäße von den Geschlechtsorganen münden am Darmbeinschaft zunächst die **V. obturatoria** und die **V. glutea cranialis** in sie, ehe sie kurz vor ihrem Übergang in die **V. cava caudalis** noch die Nabelvene in sich aufnimmt.

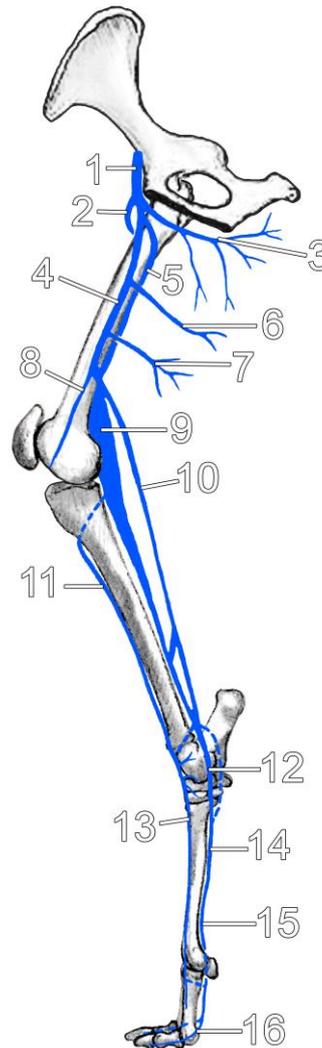


Abb. 52: Schemazeichnung der Venen der rechten Beckengliedmaße; Ansicht von medial:

1 – V. iliaca externa; 2 – V. circumflexa femoris lateralis; 3 – V. circumflexa femoris medialis; 4 – V. femoralis; 5 – tiefe Vene am Oberschenkel; 6 – V. caudalis femoris proximalis; 7 – V. caudalis femoris distalis; 8 – V. genus descendens; 9 – V. poplitea mit Sinus popliteus; 10 – V. saphena medialis; 11 – V. tibialis cranialis; 12 – V. plantaris medialis; 13 – V. dorsalis pedis; 14 – V. metatarsa plantaris III; 15 – V. digitalis plantaris communis III; 16 – V. digitalis plantaris propria III abaxialis

4.4 Lymphknoten der Beckengliedmaße

Der Lymphabfluss erfolgt an den distalen Abschnitten der Beckengliedmaße des Alpakas über das **Lc. popliteum**. Dieses besteht aus mehreren kleinen Lymphknoten (Lnn. poplitei profundi), wobei der größte von ihnen ca. 1,5 cm lang und 0,5 cm breit ist. Sie liegen dem Caput laterale und dem Caput mediale des M. gastrocnemius auf und werden von den Ansätzen des M. glutaebiceps und dem M. semitendinosus verdeckt.

Das **Lc. iliofemorale** liegt innerhalb der Beckenhöhle entlang der Aa. iliaca externa. Kurz vor ihrem Austritt aus der Beckenhöhle war hier regelmäßig der Ln. iliacus externus mit ca. 1 cm Länge und 0,5 cm Breite zu finden. Zusätzlich waren auch immer wieder mehrere kleinere Lymphknoten in dieser Gegend ausgebildet.

Das **Lc. ischiadicum** besteht aus den Lnn. ischiadici, die inkonstant dorsal der Incisura ischiadica minor am Lig. sacrotuberale latum vorkommen können. Ein Ln. tuberalis medial des Tuber ischiadicum im Ansatz des Lig. sacrotuberale latum war nicht nachweisbar.

Entlang der Endaufzweigung der Aorta abdominalis liegt das **Lc. iliosacrale**, welches bei zwei Tieren aus einer Ansammlung mehrerer kleiner Lymphknoten (Lnn. iliaci mediales, Lnn. sacrales) mit einem Durchmesser von ca. 0,4 cm nachvollzogen werden konnte.

5 Diskussion

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse dieser Untersuchung mit der vorhandenen Literatur verglichen und interpretiert. Dieses Kapitel folgt in seiner Strukturierung dem Aufbau der Dissertation. Zunächst werden das Material und die Methoden dieser Studie begutachtet und anschließend die Ergebnisse der Arbeit interpretiert. Es wird ein Abgleich mit der topografischen Anatomie anderer Haussäugetiere erfolgen und abschließend werden Prädilektionsstellen an der Beckengliedmaße des Alpakas und daraus resultierende Veranlagungen für bestimmte Erkrankungen dargestellt. Des Weiteren werden Punktionsstellen der Gelenke der Beckengliedmaße aufgezeigt.

5.1 Diskussion von Material und Methoden

5.1.1 Auswahl der Untersuchungstiere

Die Aufgabenstellung dieser Dissertation ist es die physiologische und topografische Anatomie der Gelenke und der Leitungsbahnen der Beckengliedmaße darzustellen. Insgesamt wurden vierzehn Gliedmaßen von zehn Tieren untersucht (1-10). Zusätzlich wurden von zwei Tieren (11-12) Knochenpräparate verwendet, die u. a. im Rahmen einer vorangegangenen Dissertation (WARINGO, 2018) entstanden sind. Für die Untersuchung wurden nur Tiere verwendet, die keine pathologischen Veränderungen im Bereich der Beckengliedmaße aufwiesen.

Die Präparation erfolgte an Gliedmaßen beider Geschlechter, da im Bereich der Beckengliedmaße selbst keine anatomischen Unterschiede zu erwarten waren. Des Weiteren wurden Tiere mit einem Alter von einem Tag bis hin zu 20 Jahren verwendet, da davon ausgegangen wurde, dass zum Zeitpunkt der Geburt alle relevanten Strukturen ausgebildet waren. Durch die in der Studie vorhandenen Jungtiere konnten zudem röntgenologisch die Wachstumsfugen an den Knochen gezeigt werden.

5.1.2 Konservierung der Präparate

Die Tierkörper wurden nach der Euthanasie bzw. Verenden rasch zum Lehrstuhl verbracht, dort zerlegt und eingefroren, um der einsetzenden Verwesung entgegenzuwirken. Die Gliedmaßen wurden für die Präparation nach dem Enthäuten in Lake eingelegt und gekühlt gelagert. Diese Form der Lagerung ermöglichte die parallele und vergleichende Untersuchung mehrerer Gliedmaßen über mehrere Monate hinweg. Die natürliche Farbe und Elastizität der einzelnen Strukturen an den Präparaten konnte mit der Verwendung von Pökelsalz sichergestellt werden (FRIKER et al., 2007). Durch eine minimale Menge

Formaldehyd (0,005 % Formalin) wurde das Gewebe für längere Zeit haltbar gemacht (PIECHOCKI und ALTNER, 1998a).

5.1.3 Präparationsmethoden und Röntgenuntersuchung

5.1.3.1 Anatomische Präparation

Die anatomische Präparation mit Skalpell und Pinzette erfolgte an zehn Gliedmaßen von acht Tieren (1-8). Hierbei wurden die Muskeln um die einzelnen Gelenke Schicht für Schicht entfernt und fotografisch mit der Spiegelreflexkamera dokumentiert.

5.1.3.2 Ausgüsse der Gefäße und Gelenk aussackungen mit Latexmilch

Für eine deutlichere Darstellung der Blutgefäße, besonders in Fett- und Bindegewebe, wurden diese vor der Präparation mit Latexmilch injiziert. Die Injektion erfolgte über eine Einmalspritze mit einer zuvor stumpf geschliffenen Kanüle sowie manuellem Druck, um den Füllungsgrad der Gefäße durch den entstehenden Widerstand bestmöglich abschätzen zu können (PIECHOCKI und ALTNER, 1998b). Die Arterien wurden über die A. iliaca externa mit roter Latexmilch injiziert. Zwei Tierkörper (2, 7) wurden zentral über die A. carotis communis injiziert. Die Veneninjektion mit blauer Latexmilch erfolgte bei 4 Tieren (5, 6, 8, 9) von distal über die V. digitalis plantaris communis II, um dem physiologischen Blutfluss zu folgen und die Venenklappen möglichst zu umgehen. Da sich die Venen der Beckengliedmaße in ein oberflächliches und ein tiefes System aufteilen, konnten durch dieses Verfahren nicht alle Venen gleichmäßig mit blauer Latexmilch ausgefüllt werden. Zwar bestehen zwischen den beiden Systemen Verbindungen, jedoch würden die Venenklappen beispielsweise eine orthograde Injektion des oberflächlichen Venensystems und eine retrograde Injektion des tiefen Venensystems weitestgehend verhindern. Aus diesem Grund wurde davon abgesehen alle zu präparierenden Gliedmaßen mit blauer Latexmilch zu injizieren, da sich die Venen auch ohne diesen Vorgang gut darstellten und entsprechend dokumentiert werden konnten. Die Farbauswahl erfolgte gemäß den üblichen Farben in anatomischen Standardwerken.

Um die Aussackungen der Gelenkhöhlen der Gelenke an der Beckengliedmaße besser sichtbar zu machen, wurde in die Gelenke gelbe bzw. grüne Latexmilch appliziert. Mit einem in Eisessig getränkten Tupfer konnte austretende Latexmilch durch Gerinnung gestoppt werden. Der physiologische Zustand der Gelenkhöhlen konnte so zwar nicht dargestellt werden, weil die maximal gefüllten Gelenkhöhlen einen Zustand hochgradiger Entzündung entsprechen. Es werden jedoch durch die maximale Ausdehnung der Aussackungen die direkt benachbarten Strukturen aufgezeigt, auf welche z. B. bei einer Arthritis eine

Druckbelastung ausgeübt werden könnte. Über die Menge an injizierter Lösung oder Latexmilch wird in der Literatur nur wenig berichtet. In einer Arbeit von PENTECOST et al. (2012) wird von 80-120 ml PMMA (Polymethylmethacrylat) berichtet, was eine sehr große Menge für das Kniegelenk darstellt. Es wird in der genannten Arbeit auch berichtet, dass in einem Kniegelenk die Gelenkkapsel geplatzt ist (PENTECOST et al., 2012). Eine weitere Arbeit beschreibt lediglich die Zusammensetzung der verwendeten Lösung, nicht aber die injizierte Menge (SEMEVOLOS und COPE, 2005). In der vorliegenden Untersuchung wurden am Beispiel des Kniegelenks 10 - 20 ml gelbe Latexmilch (je nach Tiergröße) injiziert, was sich als ausreichende Menge zur Darstellung aller Gelenkaussackungen am Kniegelenk des Alpakas herausstellte. Die maximale Ausdehnung der Aussackungen wurde hiermit jedoch nicht erreicht und liegt vermutlich höher.

5.1.3.3 Querschnittsbilder der Beckengliedmaße

Vier Gliedmaßen von zwei Tieren (9, 10) wurden für die Herstellung von Kryo-Schnittbildern verwendet. Mit Hilfe dieser Scheiben wurden die genauen Lagebeziehungen der einzelnen Muskeln und Leitungsbahnen zu den Gelenken dargestellt. Diese Schnittbilder brachten ohne aufwendige Methodik aussagekräftige Bilder hervor. Mit Hilfe von Bilderserien zu jedem einzelnen Gelenk, konnten Muskel-, Sehnen- und Gefäßverläufe sowie Gelenkspalten nachvollzogen werden. Diese Schnittbilder können als erste Grundlage für weiterführende CT- und MRT-Untersuchungen an der Beckengliedmaße von Alpakas dienen, vergleichbar mit verschiedenen Studien beim Rind (EHLERT et al., 2011; FAHLBERG, 2008) oder auch beim Dromedar (HAGAG et al., 2013a).

5.1.3.4 Röntgenbilder und Darstellung der Gefäße mit Kontrastmittel

Für die Darstellung der knöchernen Strukturen der Gelenke der Beckengliedmaße wurden von sieben Tieren (1-6, 9) Röntgenbilder in jeweils zwei Ebenen angefertigt. Bei den Bildern des Kreuz-Darmbeingelenks (*Abb. 7* und *Abb. 8*) ist zu beachten, dass auf Grund der vorangegangenen Entnahme der Beckenhöhlenorgane für eine andere wissenschaftliche Arbeit die Beckensymphyse sagittal gesägt werden musste. Dadurch kann aus dieser Arbeit keine genaue Winkelung des Kreuz-Darmbein-Gelenks entnommen werden. Bei drei Tieren (3, 5, 9) wurde die Latexmilch mit Bariumsulfat angereichert, um auf den Röntgenbildern die Darstellung der Gefäßbäume entlang der Gelenke zu ermöglichen. Diese Röntgenbilder dienten ausschließlich als Vorlage für die Schamazeichnungen (*Abb. 49* und *Abb. 52*) in den Kapiteln 4.3.1 und 4.3.2. Dabei stellte sich heraus, dass das Gemisch aus Latexmilch und Bariumsulfat in Pulverform für eine Darstellung der arteriellen Gefäße der Zehengelenke bei dem Jungtier (3) zu dickflüssig war, da die röntgenologische Darstellung der Arterien im

mittleren Drittel des Metatarsus endete. Bei dem adulten Tier waren auf den Röntgenbildern die Arterien bis unterhalb des Fesselgelenks sichtbar. Allgemein war durch das dickflüssige Gemisch ein Aufzeigen der feinen Arterien nicht möglich. Jedoch konnten die größeren Arterien in ihrem Verlauf und ihren Verzweigungen gut abgebildet werden. Bei zukünftigen Injektionen dieser Art wäre zu überlegen auf ein Kontrastmittel in flüssiger Form zurückzugreifen. Die Injektion in die Venen und deren röntgenologische Darstellung gestaltete sich, wie auch die Injektion mit reiner blauer Latexmilch, als schwieriger. Es konnte eine einfache Übersicht des Hauptvenenabflusses dargestellt werden, aber es kam kein zusammenhängender Gefäßbaum zustande.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

In der Literatur über Alpakas gibt es zur Anatomie der Gelenke an der Beckengliedmaße keine grundlegenden Veröffentlichungen. Für die Neuweltkameliden sind einige Publikationen vorhanden. Diese sind jedoch oft nicht detailliert genug oder befassen sich im klinischen Kontext nur mit Teilbereichen der Gelenkanatomie (MÁRQUEZ et al., 1994; PENTECOST et al., 2012; REED et al., 2007; SEMEVOLOS und COPE, 2005; WALTERS et al., 2016). Bei den Untersuchungen wurde grundsätzlich eine große Ähnlichkeit zur Anatomie der verwandten Gattung der Kamelartigen festgestellt.

5.2.1 Kreuz-Darmbein-Gelenk

5.2.1.1 Tierartlicher Vergleich der topografischen und funktionellen Anatomie des Kreuz-Darmbein-Gelenks des Alpakas

Da dieses Gelenk erst nachträglich in die Arbeit mit aufgenommen wurde und die Präparate zuvor schon zwischen dem 4. und 5. LW vom Tierkörper abgetrennt wurden, konnte die Beckengürtelmuskulatur in dieser Arbeit nicht ausreichend begutachtet werden. Die folgende Erörterung bezieht sich daher nur auf den anatomischen Aufbau des Kreuz-Darmbein-Gelenks und wurde bei vier Tieren genauer betrachtet.

Der knöcherne Aufbau und die zum Kreuz-Darmbein-Gelenk gehörigen Bänder entsprachen bei den untersuchten Alpakas den Beschreibungen für die Haussäugetiere in anatomischen Standardwerken (LIEBICH et al., 2019b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2020a) und das Lama (MÁRQUEZ et al., 1994). Es verbindet die Beckengliedmaße mit dem Rumpf und zeigt sich beim Alpaka, ebenso wie bei den Haussäugetieren als straffes, synoviales Gelenk mit sehr enger Gelenkhöhle. In Kombination der beiden Kreuz-Darmbeingelenke mit der Beckensymphyse entsteht so der Beckenring (NICKEL et al., 2004b). Am Beispiel des Pferdes zeigt sich, dass das Kreuzdarmbeingelenk durch seine straffen Gelenkbänder (Ligg. sacroiliaca interossea, Ligg. sacroiliaca dorsalia und Ligg. sacroiliaca ventralia) kaum Spielraum für Bewegungen hat, außer leichten Nutations- und Kontranutationsbewegungen (WIELAND et al., 2018). Laut MÁRQUEZ et al. (1994) ist der Umfang dieser Bewegungen bei Lama-Stuten größer als bei männlichen Artgenossen. Um eine Aussage dieser Art für das Alpaka zu machen bedarf es weiterer Untersuchungen. Das Bindegewebe der Ligg. sacroiliaca interossea war altersbedingt bei dem ca. 17 Jahre alten Huacaya-Wallach (1) knöchern durchgebaut. Dieser Umstand zeigte sich nach der Mazeration der rechten Gliedmaße durch die immer noch feste und nicht lösbare Verbindung der gegenüberstehenden Facies auricularis des Kreuzbeins und des Darmbeins. Es ist davon

auszugehen, dass diese Art der Verbindung zu Beeinträchtigungen bei der Bewegung des Gelenks und seiner stoßdämpfenden Wirkung führen kann. Das Lig. sacrotuberale latum gleicht dem anderer Huftiere und lässt sich, ebenso wie von LIEBICH et al. (2019b) für Rind, Pferd und Schwein beschrieben, in einen Pfannenkammanteil und einen Sitzbeinanteil unterteilen. Auch die von den Autoren beschriebenen Öffnungen (Foramen ischiadicum majus und minus) für den Durchtritt von Sehnen, Nerven und Gefäßen im breiten Beckenband stimmen mit den Befunden in dieser Studie überein.

5.2.2 Hüftgelenk

5.2.2.1 Tierartlicher Vergleich der topografischen und funktionellen Anatomie des Hüftgelenks des Alpakas

Die Knochen, die an der Bildung des Hüftgelenks beteiligt sind, gleichen im Wesentlichen denen anderer Haussäugetiere. Am Os ischii ist bei Alpakas die Spina ischiadica scharfkantig, wie sie von NICKEL et al. (2004b) auch für Wiederkäuer beschrieben ist. Auffällig war an den in dieser Studie untersuchten Knochen die Incisura ischiadica minor. An ihr ragte ein abgerundeter deutlicher Vorsprung auf die laterale Seite des Beckenknochens. Der M. obturatorius internus gleitet von einem Schleimbeutel unterlagert über diesen Vorsprung nach lateral zwischen die Mm. gemelli. Dieser Muskel fehlt den Wiederkäuern und dem Schwein, weswegen deren Spina ischiadica minor ausschließlich scharfkantig ist.

Im Bereich der äußeren Kruppenmuskulatur gab es in dieser Studie zwei Auffälligkeiten. Die erste Besonderheit stellt der von einigen Literaturstellen erwähnte M. glutaefemoralis dar, der sowohl für das Alpaka (DOS SANTOS ROMERO, 2014) als auch für das Lama (GALOTTA et al., 1994a) beschrieben wurde. Der M. glutaefemoralis tritt bei den Haussäugetieren nur bei der Katze auf. Er entspringt am 2.-4. Schwanzwirbel, zieht kaudal entlang des M. gluteus superficialis und endet aponeurotisch in der Fascia lata (SALOMON, 2020a). DOS SANTOS ROMERO (2014) beschreibt beim Alpaka einen Muskel der leicht mit dem M. biceps femoris (vermutlich seinem Ursprung) verwechselt werden kann. Ihre nachfolgende Beschreibung dieses Muskels scheint sich dem Verlauf nach eher auf den M. gluteus superficialis zu beziehen. GALOTTA et al. (1994a) machen in ihrer Veröffentlichung keine Angaben zur Glutäalmuskulatur des Lamas. Es wird nur der M. glutaefemoralis aufgeführt, dessen Beschreibung ebenfalls als Beschreibung des M. gluteus superficialis als Anteil des M. glutaebiceps aufgefasst werden kann. In der vorliegenden Arbeit am Alpaka konnte bei jeder untersuchten Beckengliedmaße zusätzlich ein schmaler, zarter, trotzdem gut isolierbarer Muskelbauch kaudal des M. gluteus superficialis gefunden werden. Dieser zieht quer kaudal über den Ursprung des Bizepsanteils des M. glutaebiceps. Seine Endsehne strahlt ventral des Tuber ischiadicum in den M. semitendinosus ein. Daher ist er eher als schwacher Wirbelkopf des M. semitendinosus anzusehen, wie er auch beim Schwein und beim Pferd ausgebildet ist (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die zweite Besonderheit gilt dem M. gluteus superficialis. Er wird in der Literatur für das Alpaka als komplett eigenständiger Muskel beschrieben, dessen Ansatz mit einer flachen breiten Sehne an der Tuberositas glutea am Corpus ossis femoris liegt (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Bei den vorliegenden Untersuchungen zeigte sich jedoch, dass diese

flache, breite Endsehne, des ansonsten gut separierbaren *M. gluteus superficialis*, mit dem kranialen Rand des *M. biceps femoris* zum *M. gluteobiceps* verschmilzt. Diese Beobachtung deckt sich auch mit den Beschreibungen für das Dromedar (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e).

Der von GALOTTA et al. (1994a) für das Lama beschriebene *M. abductor cruris caudalis* konnte bei den Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit beim Alpaka nicht beobachtet werden.

Die tiefe Hüftgelenksmuskulatur des Alpakas gleicht in dieser Untersuchung der von SMUTS und BEZUIDENHOUT (1987e) gemachten Beschreibung für das Dromedar. Alpakas besitzen, wie auch das Dromedar (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e) und andere Haussäugetiere, wie Fleischfresser und Pferd (LIEBICH et al., 2019b), einen *M. obturatorius internus*. Er stellt beim Alpaka, ähnlich wie beim Pferd (WIELAND et al., 2018), den kräftigsten Muskel der kleinen Beckengesellschaft dar. Die sehnige Durchsetzung des intrapelvinen Muskelbauches lässt vermuten, dass er eine wichtigere Rolle bei der Abduktion bzw. beim Stabilisieren der Beckengliedmaße einnimmt.

Die restliche Muskulatur um das Hüftgelenk herum zeigte keine Auffälligkeiten zu den in der Literatur vorhandenen Beschreibungen für das Alpaka (DOS SANTOS ROMERO, 2014), Lama (GALOTTA et al., 1994a) und Dromedar (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e).

Das Hüftgelenk ist bei den Haussäugetieren als Kugelgelenk ausgebildet. Das Labrum acetabulare erweitert den Rand des Acetabulums und umfasst das Caput ossis femoris dabei um weniger als seine Hälfte (LIEBICH et al., 2019b). Es wird in seiner Beweglichkeit, v. a. in den Dreh- und Seitwärtsbewegungen, bei Huftieren eingeschränkt, was sich bei Wiederkäuern und Pferden auch in einem walzenartig ausgebildetem Caput ossis femoris zeigt. Somit sind überwiegend Beuge- und Streckbewegungen des Hüftgelenks möglich (NICKEL et al., 2004b). Beim Alpaka ist am Os femoris ebenfalls kein deutliches Collum ossis femoris, wie es beim Fleischfresser und beim Schwein zu finden ist (LIEBICH et al., 2019b), ausgebildet. Diese Tatsache lässt vermuten, dass Alpakas in ihrem Bewegungsradius des Hüftgelenks, ähnlich wie beim Wiederkäuer und beim Pferd nur bedingt zu Dreh- und Seitwärtsbewegungen fähig sind.

Die Funktions- und Wirkungsweisen der einzelnen Muskelgruppen im Bereich des Hüftgelenks unterscheiden sich beim Alpaka im Vergleich zu den Haussäugetieren auf Grund eines ähnlichen Aufbaus nicht. Das zeigte sich auch in der Arbeit über die Knochen und Muskeln der Beckengliedmaße des Alpakas von DOS SANTOS ROMERO (2014). So sind die Glutäalmuskeln der Haussäugetiere für die Abduktion der Gliedmaße, als auch für die Streckung des Hüftgelenks verantwortlich. Eine Ausnahme stellt hier der *M. gluteus superficialis* dar, der das Hüftgelenk mit seiner Kontraktion auch beugt (LIEBICH et al.,

2019b). Mit der Streckung des Hüftgelenks wird die Gliedmaße auch gleichzeitig rückwärts gezogen. Die Hinterbackenmuskeln wirken auf mehrere Gelenke gleichzeitig ein. Im Bereich des Hüftgelenks wirkt der *M. gluteobiceps* mit seinem kranialen Anteil als Strecker des Hüftgelenks. Der komplette Muskel wirkt insgesamt als Abduktor und als starker Strecker der Beckengliedmaße. Der *M. semitendinosus* und der *M. semimembranosus* wirken ebenfalls als Strecker der Gliedmaße. Gemeinsam sorgen diese drei Muskeln in der Vorwärtsbewegung für eine starke Schubkraft (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der *M. tensor fasciae latae* spannt die *Fascia lata* auf und führt zusammen mit dem *M. sartorius* die Gliedmaße in der Bewegung vor (LIEBICH et al., 2019b), beugt also das Hüftgelenk. Diese Bewegung wird zusätzlich noch vom *M. rectus femoris*, als einziger Anteil des *M. quadriceps femoris* am Darmbein entspringend, unterstützt.

Die Muskeln medial am Oberschenkel sorgen v. a. für die Adduktion der Beckengliedmaße. Leichte Drehbewegungen des Hüftgelenks erfolgen durch den *M. obturatorius internus*, die *Mm. gemelli* und den *M. obturatorius externus*. Der *M. quadratus femoris* fungiert als Hilfsstrecker und beim Rückwärtsführen der Beckengliedmaße.

Die Gelenkkapsel des Hüftgelenks wird beim Alpaka kranial durch das *Lig. iliofemorale* verstärkt, welches auch für den Fleischfresser beschrieben ist (SALOMON, 2020a). Mit dem *Lig. transversum acetabuli* und dem *Lig. capitis ossis femoris* zeigen sich beim Alpaka die gleichen Gelenkbänder, wie bei den Haussäugetieren (LIEBICH et al., 2019b). Ein beim Pferd zusätzlich vorhandenes *Lig. accessorium ossis femoris* (LIEBICH et al., 2019b; NICKEL et al., 2004b) wurde in der Untersuchung am Alpaka nicht festgestellt.

5.2.2.2 Anatomische Schwachstellen und mögliche Prädispositionen für Erkrankungen am Hüftgelenk beim Alpaka

In der Literatur sind einzelne Fallberichte über die Behandlung einer Hüftgelenksluxation beim Alpaka zu finden (BARTLETT et al., 2003; ORTVED et al., 2009; SCHULZ et al., 2009). Laut ZANOLARI et al. (2019) ist die Ursache meistens ein vorangegangenes Trauma, was auch bei zwei der drei Fallberichte als Grund aufgeführt wurde (BARTLETT et al., 2003; SCHULZ et al., 2009). In einem Fallbericht lag eine Missbildung im Bereich des *Lig. capitis ossis femoris* (*slipped capital femoral epiphysis* (SCFE)) vor (ORTVED et al., 2009). In allen drei Fallberichten verlagerte sich der Kopf des Oberschenkelbeins in kraniodorsaler Richtung. Diese Beobachtung deckt sich auch mit Erkenntnissen bei Hunden, bei denen eine Verlagerung des *Caput ossis femoris* überwiegend nach kraniodorsal und nur selten nach kaudoventral erfolgt (SALOMON, 2020a; SCHULZ, 2011; WITTEK et al., 2019). Bei Hunden befindet sich anschließend der Kopf des Oberschenkelbeins unterhalb des *M. gluteus profundus* (SCHULZ, 2011). Eine mögliche Ursache für diese Ausrichtung könnte die gut

ausgebildete Glutäalmuskulatur darstellen. Durch die Ansätze der Glutäalmuskeln am Trochanter major wird durch Kontraktion dieser während des Traumas möglicherweise das Oberschenkelbein kraniodorsal gezogen.

Generell sind Hüftgelenksluxationen bei Neuweltkameliden selten (DUNCANSON, 2012c). SALOMON (2020a) berichtet in diesem Zusammenhang, dass beim Rind das Lig. capitis ossis femoris im Vergleich zum Pferd schwächer oder auch gar nicht entwickelt ist, wodurch sich für Rinder eine höhere Wahrscheinlichkeit einer Luxation des Hüftgelenks ergibt. Ob trotz des stabil gebauten Hüftgelenks des Alpakas eine erhöhte Gefahr für eine Luxation im Vergleich zu anderen Tierarten besteht, bedarf weitergehender spezieller Untersuchungen.

5.2.2.3 Empfehlungen aus den Ergebnissen für die Gelenkinjektionen am Hüftgelenk des Alpakas

Die Punktion des Hüftgelenks wird bei den Haussäugetieren durch die kräftige Muskulatur direkt über dem Gelenk erschwert (NICKEL et al., 2004b). Auch bei den in dieser Studie untersuchten Tieren erforderte die Punktion des Hüftgelenks etwas Übung. In den gängigen Lehrbüchern der Anatomie wird bei Hunden und Rindern ein Einstich kranial des Trochanter major und bei Pferden ein Einstich zwischen der Pars cranialis und der Pars caudalis in die Fossa trochanterica beschrieben (LIEBICH et al., 2019b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2020a). Da am Oberschenkelbein des Alpakas ein einheitlicher Trochanter major ausgebildet ist, wurde im Rahmen dieser Dissertation der Einstich kranial des Trochanter major durch den Glutäalanteil des M. glutaebiceps (M. glutaemus superficialis), den M. glutaemus medius und den M. glutaemus profundus hindurch vorgenommen (*Abb. 53*). Zu beachten ist dabei, dass eine ausreichend lange Kanüle (8 - 10 cm) zu verwenden ist, welche in leicht kaudoventraler Richtung vorgeschoben wird. Ebenso darf der Einstich nicht zu weit dorsal erfolgen, da sonst ggf. der N. ischiadicus geschädigt werden kann.

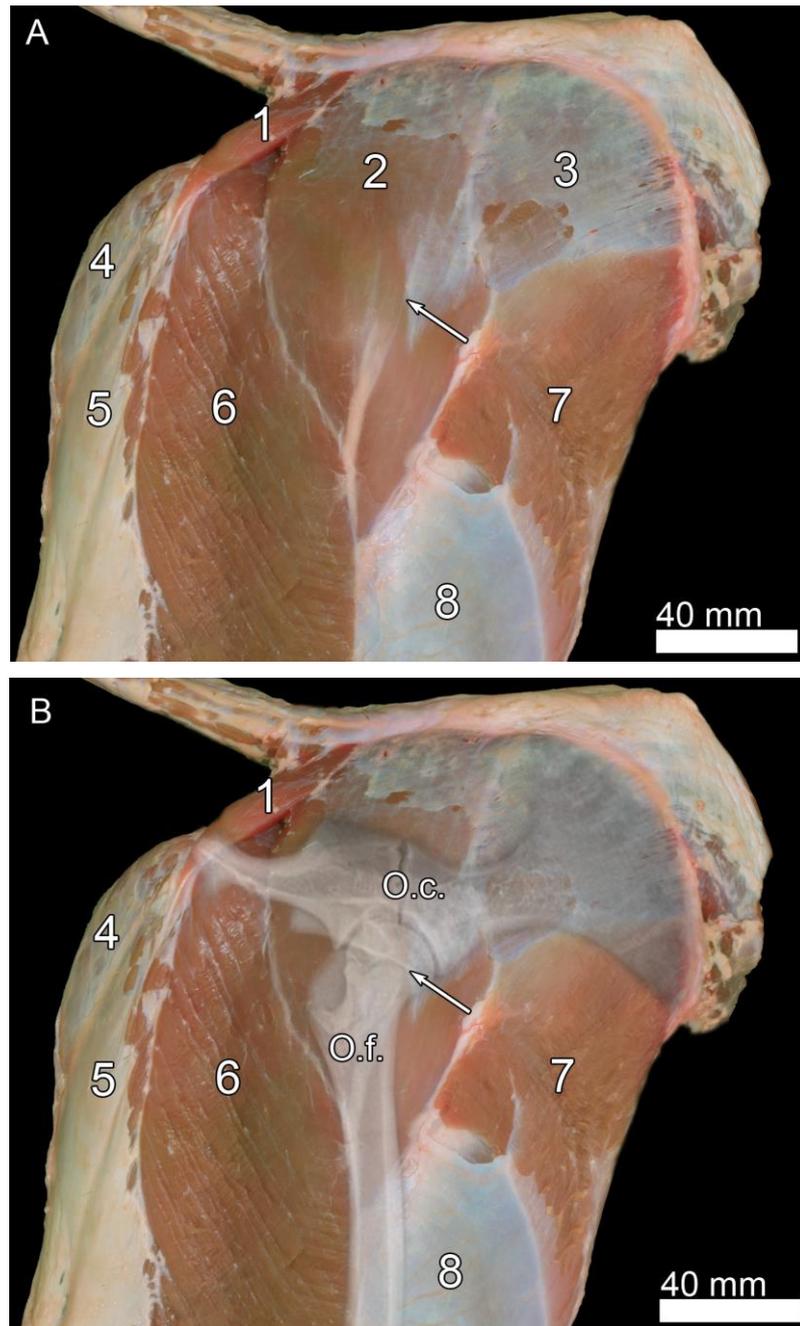


Abb. 53: Empfohlene Einstichstelle für die Punktion des Hüftgelenks; Rechtes Hüftgelenk eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes; Ansicht von lateral; A: Muskelpräparat; B: Muskelpräparat mit korrelierender Röntgenaufnahme:

O.c. – Ossa coxae; O.f. – Os femoris

1 – Wirbelkopf des *M. semitendinosus*; 2 – Glutäalanteil des *M. glutaebiceps* (*M. gluteus superficialis*); 3 – *M. gluteus medius*; 4 – *M. semimembranosus*; 5 – *M. semitendinosus*; 6 – Bicepsanteil des *M. glutaebiceps* (*M. biceps femoris*); 7 – *M. tensor fasciae latae*; 8 – *M. vastus lateralis*

Pfeil: empfohlene Einstichstelle

5.2.3 Kniegelenk

5.2.3.1 Tierartlicher Vergleich der topografischen und funktionellen Anatomie des Kniegelenks des Alpakas

Die Knochen, welche beim Alpaka an der Bildung des Kniegelenks beteiligt sind unterscheiden sich kaum von denen der Haussäugetiere. Am Os femoris fällt jedoch im Vergleich zu den anderen Haussäugetieren die prominente Trochlea ossis femoris auf. Diese weist, wie auch bereits von anderen Autoren für das Lama (MÁRQUEZ et al., 1994; VAN HOOGMOED et al., 1998) und das Alpaka (DOS SANTOS ROMERO, 2014) beschrieben, lateral und medial scharfkantige Ränder auf und zeigt auf der lateralen und medialen Seitenfläche einen Knorpelüberzug. Diese Flächen dienen der lateralen und medialen Endsehne des M. vastus intermedius als Gleitfläche bis zum Ansatz an der Patella. Dadurch wird die Patella in Art einer seitlichen Zügelung beim Gleiten in der Trochlea stabilisiert. Proximal der Trochlea befindet sich eine tiefe „Fossa supratrochlearis“ (nicht in NAV, 2017). Diese wird auch von VAN HOOGMOED et al. (1998) beim Lama beschrieben. NICKEL et al. (2004b) beschreiben bei Hund, Rind und Pferd an dieser Stelle ebenfalls eine Vertiefung mit der Bezeichnung „Fossa suprapatellaris“, welche nicht in der NAV von 2017 aufgeführt ist. In dieser Vertiefung kommt die von Fettgewebe überdeckte proximale Aussackung des Kniegelenks zu liegen. Über diese Grube einschließlich der genannten Gewebe verlaufen die Anteile des M. vastus intermedius, insbesondere sein mittlerer Schenkel (Abb. 20), der topographisch genau über ihr liegt (Abb. 20), der vom M. rectus femoris verdeckt wird. Es ist anzunehmen, dass diese beiden Muskeln bei jeder Streckbewegung auch Druck auf den Reccessus suprapatellaris ausüben, so dass die dort gebildete und vorrätige Synovia zwischen Patella und Trochlea ossis femoris gedrückt wird.

Der Condylus lateralis ossis femoris ist wie beim Lama (MÁRQUEZ et al., 1994) deutlich größer ausgebildet, als der Condylus medialis ossis femoris. DOS SANTOS ROMERO (2014) macht in ihrer Untersuchung die gleiche Feststellung.

In der vorliegenden Studie wurde kein deutlich erkennbarer proximaler Anteil der Fibula gefunden. Dieser Umstand deckt sich mit den Angaben von DOS SANTOS ROMERO (2014), wonach die Fibula beim Alpaka sehr stark zurückgebildet ist und ein proximaler Anteil fehlen kann. Vergleichbare Befunde zeigen sich auch in den Arbeiten von PACHECO TORRES et al. (1986) und AZZOPARDI (2012). Beim Lama wird der proximale Anteil der Fibula als kleiner, verwachsener Vorsprung am Condylus lateralis tibiae dargestellt (GALOTTA et al., 1994b). Die Darstellungen von GALOTTA et al. (1994b) gleichen denen für Wiederkäuer in den gängigen Lehrbüchern (LIEBICH et al., 2019b; NICKEL et al., 2004b). SMUTS und BEZUIDENHOUT (1987g) beschreiben den proximalen Anteil der Fibula beim Dromedar als eine stumpfe Rauigkeit am Condylus lateralis tibiae. Diese Beschreibung trifft

auch am ehesten auf die untersuchten Knochen in dieser Studie zu, wobei diese Rauigkeit nicht deutlich von den Ursprüngen des *M. fibularis longus* und des *M. extensor digitorum lateralis* am *Condylus lateralis tibiae* abgrenzbar ist.

Das proximale Ende der Tibia sowie ihre Gelenkfläche weisen keine besonderen Merkmale im Vergleich zu anderen Haussäugetierarten auf. Eine vollständige Beschreibung nach der *Nomina Anatomica Veterinaria* von 2017 war in der vorliegenden Literatur nicht vorhanden und wurde durch diese Arbeit nachgeholt (siehe Abb. 18).

Die Kniescheibe ist von ihrer Form und ihrem Aufbau mit der eines Hundes (LIEBICH et al., 2019b) und des Lamas (MÁRQUEZ et al., 1994) vergleichbar.

Die Muskulatur am Kniegelenk ist ebenfalls wie bei anderen Haussäugetieren aufgebaut und angelegt und wurde bereits von DOS SANTOS ROMERO (2014) für das Alpaka beschrieben. Lediglich der mehrteilige Ansatz des *M. vastus intermedius*, wie in Abb. 20 dargestellt, erscheint in dieser Untersuchung auffällig. Der *M. vastus intermedius* ist selbst in anatomischen Lehrbüchern (LIEBICH et al., 2019b; SALOMON, 2020a; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), nicht so detailliert beschrieben. DOS SANTOS ROMERO (2014) beschreibt diesen mehrteiligen Ansatz für das Alpaka nicht. Ob diese Ausprägung eine besondere Funktion oder Vorteile hat und ausschließlich beim Alpaka vorkommt, ist nicht bekannt und bedarf weitergehender Untersuchungen.

Auf Grund seines zusammengesetzten inkongruenten Aufbaus, sind im Kniegelenk Extension- und die Flexionsbewegungen sowie in geringem Umfang auch Rotationsbewegungen möglich (WIELAND et al., 2018). Generell sind an der Bewegung des Kniegelenks neben der in Abschnitt 4.1.3 beschriebenen Muskulatur (*M. quadriceps femoris* und *M. popliteus*) v. a. auch die Hinterbackenmuskulatur maßgeblich beteiligt. Der *M. quadriceps femoris* streckt mit seinen vier Anteilen das Kniegelenk, während der *M. popliteus*, wie auch bei den anderen Haussäugetieren (LIEBICH et al., 2019b), für die Pronation und die Beugung des Kniegelenks zuständig ist.

Die Muskeln kaudal am Oberschenkel müssen an Hand ihrer Ansätze am Kniegelenk in einen kranialen und einen kaudalen Bereich unterteilt werden. Die kranialen Bereiche inserieren proximal am Kniegelenk und wirken somit in der Stützbeinphase als Strecker des Kniegelenks. Die kaudalen Bereiche inserieren im Gegensatz dazu distal des Kniegelenks und fungieren in der Stützbeinphase ebenfalls als Kniegelenksstrecker. In der Hangbeinphase hingegen arbeiten sie als Beuger des Kniegelenks (SALOMON, 2020a). Beim Alpaka fanden sich im Bereich der Hinterbackenmuskulatur vergleichbare Verhältnisse, wie sie SALOMON (2020a) für die Haussäugetiere beschrieben hat.

Die Bänder des Kniekehlgelenks sind in der Literatur über Lamas (CONSTANTINESCU et al., 2008b; MÁRQUEZ et al., 1994; VAN HOOGLMOED et al., 1998) unterschiedlich

beschrieben. Zum einen unterscheidet sich die Beschreibung der Meniskenbänder in ihrer Ausführlichkeit, zum anderen sind sich die Autoren über das Vorhandensein des Lig. collaterale laterale uneins. So wird von VAN HOOGMOED et al. (1998) beschrieben, dass dieses Band beim Lama nicht vorhanden ist, während es in den Abbildungen anderer Autoren (CONSTANTINESCU et al., 2008b; MÁRQUEZ et al., 1994) dargestellt ist. In der vorliegenden Untersuchung war es beim Alpaka vorhanden, auch wenn es nicht sehr kräftig ausgebildet war. Das Fehlen dieses Bandes könnte sich auf eine Literaturquelle über die Anatomie des Dromedars zurückführen lassen, in der ebenfalls von dem Fehlen des Lig. collaterale laterale berichtet wird (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c).

Der Verlauf der Kreuzbänder beim Lama ist hingegen quellenübergreifend identisch (MÁRQUEZ et al., 1994; PENTECOST et al., 2012; VAN HOOGMOED et al., 1998) und deckt sich mit den Befunden am Alpaka. Die kaudalen Kniekehlgelenksbänder dieser Untersuchung gleichen denen für das Lama beschriebenen Bandstrukturen (MÁRQUEZ et al., 1994).

Das in Abschnitt 4.1.3 beschriebene mehrschichtige Haltesystem des Kniescheibengelenks wurde in *Abb. 54* schematisch aufgearbeitet. Es ist in seiner Wirkung abaxial gerichtet und führt zu einer funktionellen Querverspannung, die dynamisch der physiologischen Gleitbewegung der Patella folgt. In der Literatur werden die medialen und lateralen Haltestrukturen der Patella von den Autoren klinischer Fallberichte meist allgemein als Retinaculum laterale und mediale bezeichnet (ABUJA et al., 2014; BIASUTTI et al., 2018; FURMAN et al., 2009). FOWLER (2010a) beschreibt die Verspannung der Patella beim Lama als einzigartig. Dieser Erläuterung nach bilden die Sehnen des M. vastus lateralis und des M. vastus medialis eine Platte, welche zum einen an der Patella und zum anderen an der Tuberositas tibiae ansetzt. Anstelle von einem oder mehreren Ligg. patellae gibt es eine Sehnenplatte, die sich aus einer Verbindung des M. quadriceps femoris und des M. biceps femoris zusammensetzt (FOWLER, 2010a). In den Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit wurden diese Strukturen genauer betrachtet. Aus dieser mehrschichtigen Verspannung des Kniescheibengelenks ergibt sich auf der lateralen Seite v. a. durch die mittlere Schicht in Form der Endsehnen des M. glutaebiceps in Verbindung mit der lateralen Endsehne des M. vastus intermedius eine Verspannung, die dem Lig. patellae laterale des Pferdes (LIEBICH et al., 2019b) ähnelt. Auf der medialen Seite zeigt sich eine ähnliche Verspannung v. a. durch die mediale Oberschenkelfaszie in Verbindung mit den Endsehnen des M. sartorius, des M. gracilis, des M. vastus intermedius und des M. semimembranosus. Auch diese könnte man mit dem Lig. patellae mediale des Pferdes (LIEBICH et al., 2019b) gleichsetzen, wenn auch ihre Ausprägung nicht ganz so deutlich ist. Das einheitliche Lig. patellae beim Alpaka entspricht dem des Lamas (MÁRQUEZ et al., 1994; VAN HOOGMOED et al., 1998), des Dromedars (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c) und des kleinen

Wiederkäuers (ALLEN et al., 1998; LIEBICH et al., 2019b). Nun könnte das als eigenständig beschriebene Lig. patellae in der Gesamtkonstruktion auch als Lig. patellae intermedium aufgefasst werden. Dabei ist zu beachten, dass es sich deutlich kräftiger als die beiden seitlichen Patellarbänder darstellt. Was ebenfalls gegen diese Einordnung spricht, ist die Form der Patella, welche der Patella des Hundes (NICKEL et al., 2004b) gleicht und keinen medialen Processus cartilagineus aufweist. Nur beim Rind und beim Pferd, bei denen ein dreigeteiltes Lig. patellae vorliegt, ist dieser Processus cartilagineus für die Fibrocartilago parapatellaris medialis ausgebildet (NICKEL et al., 2004b). Dieser Ansatzknorpel wurde beim Alpaka ebenfalls nicht gefunden. Daraus ergibt sich, unter Einbeziehung der Beschreibung von FOWLER (2010a) für das Lama, im Bereich des Kniescheibengelenks für die Neuweltkameliden, im Vergleich zu den Haussäugetieren, eine gesonderte Stellung. Ihre seitliche Verspannung ist komplexer als die des Fleischfressers und gleicht eher der von Rind und Pferd. Aber auf Grund der Form der Patella, der Stärke des Lig. patellae und des fehlenden Fibrocartilago parapatellaris medialis kann das Kniescheibengelenk der Neuweltkameliden auch nicht dem klassischen Aufbau von Rind und Pferd mit einem dreigeteilten Lig. patellae zugeordnet werden.

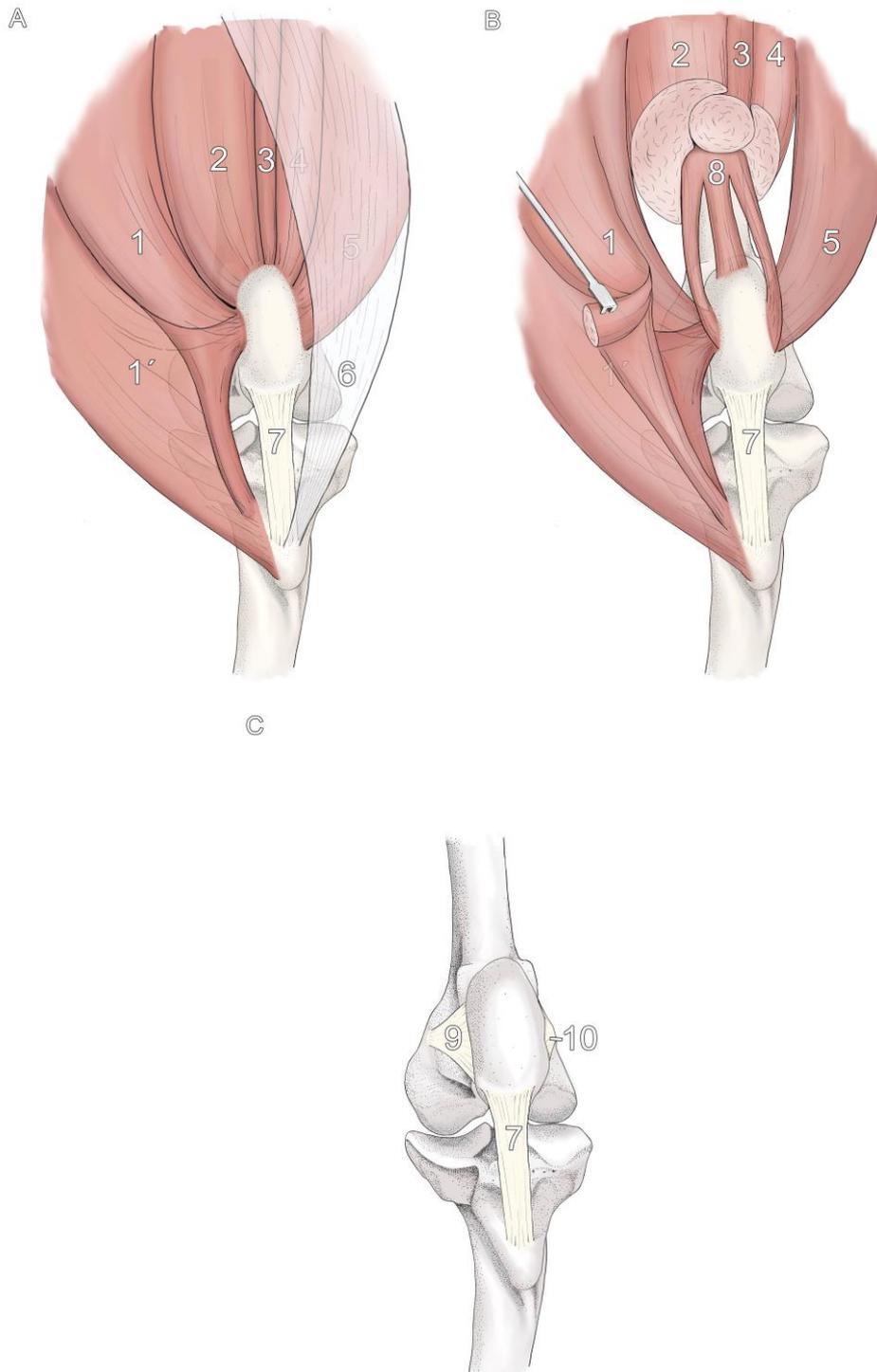


Abb. 54: Schemazeichnung der Verspannung der Patella am rechten Kniegelenk; Ansicht von proximal (Zeichnungen: Hannah Schmidt)

A – oberflächliche mittlere Schicht; B – tiefe mittlere Schicht; C – tiefe Schicht

1,1' – *M. gluteobiceps* (1 – seine kraniale Portion; 1' – seine kaudale Portion); 2 – *M. vastus lateralis*; 3 – *M. rectus femoris*; 4 – *M. vastus medialis*; 5 – *M. semimembranosus*; 6 – mediale Oberschenkelfaszie; 7 – *Lig. patellae*; 8 – *M. vastus intermedius*; 9 – *Lig. femoropatellare laterale*; 10 – *Lig. femoropatellare mediale*

5.2.3.2 Anatomische Schwachstellen und mögliche Prädispositionen für Erkrankungen am Kniegelenk beim Alpaka

In der Literatur zum Kniegelenk finden sich einige Fallberichte von Patellaluxationen bei Lamas und Alpakas (ABUJA et al., 2014; BIASUTTI et al., 2018; FURMAN et al., 2009; JOHN und VIEL, 2018; KANEPS et al., 1989; VAN HOOGMOED et al., 1998; ZANOLARI et al., 2002). Als Ursachen einer Luxation der Kniescheibe werden Muskel-, Band- oder Knochendefekte genannt, welche entweder angeboren oder traumatisch bedingt sind (DUNCANSON, 2012c; REED et al., 2014; VAN HOOGMOED et al., 1998). Traumata entstehen in diesem Zusammenhang v. a. durch Rankkämpfe in der Herde oder übermäßiges Beladen der Lasttiere (VAN HOOGMOED et al., 1998). Diese Ursachen scheinen auch angesichts der komplexen mehrschichtigen Verspannung der Patella am wahrscheinlichsten und plausibelsten. Es bedarf sehr umfangreicher weiterführender Untersuchungen, um eine mögliche genetisch bedingte Instabilität im Bereich des Halteapparats der Patella als Ursache für die angeborenen Fälle zweifelsfrei zu identifizieren. In den vorliegenden Fallberichten mit einer angeborenen Patellaluxation wurde von den Autoren von einer züchterischen Nutzung der behandelten Tiere abgeraten (JOHN und VIEL, 2018; KANEPS et al., 1989; ZANOLARI et al., 2002). In einem Fall regulierte sich die bei einem acht Tage alten Cria diagnostizierte beidseitige mediale Patellaluxation durch das Heranwachsen des Tieres von alleine (JOHN und VIEL, 2018). Eine mögliche Prädisposition bezüglich der Seite der Patellaluxation lässt sich auf Grund der geringen Fallzahlen nicht generell ausmachen und deckt sich auch mit den Erkenntnissen aus der Untersuchung von VAN HOOGMOED et al. (1998). Auch in den fünf Fallberichten (1 Lama, 4 Alpakas) in der Literatur war keine eindeutige Präferenz erkennbar. In der Präparation für diese Studie stellte sich die laterale Verspannung etwas stärker dar als die mediale Verspannung. Zu dieser Erkenntnis kommen auch ZANOLARI et al. (2002). Ob daraus aber eine stärkere Tendenz zur lateralen Patellaluxation abgeleitet werden kann, darf bezweifelt und maximal als ein möglicher Hinweis für weiterführende Forschung gewertet werden. Hier bedarf es weiterer Untersuchungen mit deutlich größeren Fallzahlen.

Neben der Patellaluxation nach lateral oder medial wird auch eine temporäre oder dauerhafte dorsale Fixation der Patella beschrieben (FOWLER, 2010e; KANEPS, 1996; ZANOLARI et al., 2002). FOWLER (2010e) sieht ein gedehntes Lig. patellae oder ein übermäßig geradestehender Unterschenkelknochen als Ursache. Die geänderte Winkelung des Schienbeins erklärt FOWLER (2010e) mit einem zuvor gedehnten oder gerissenen Lig. femoropatellare laterale oder mediale, was der Patella zu mehr Beweglichkeit nach dorsal verhilft. ZANOLARI et al. (2002) machen keine Angaben über ein gedehntes oder gerissenes Lig. patellae. In diesem Fallbericht über die chirurgische Korrektur eines Patella

Hochstandes schienen die seitlichen Haltebänder der Patella intakt, da eine manuelle Luxation der Patella nach lateral oder medial nicht möglich war (ZANOLARI et al., 2002). Die temporäre Verkeilung der Patella mit ihrer Apex in der „Fossa supratrochlearis“ oberhalb der Trochlea war hier auch der Grund für die anhaltende Lahmheit. Die „Fossa supratrochlearis“ stellte sich auch in der vorliegenden Studie als markante Struktur am Os femoris des Alpakas dar. Es erscheint logisch, dass sich die Patella bei zu viel Beweglichkeit dort festsetzen kann. Dieses Phänomen der Verlagerung der Patella nach dorsal wird bei Rindern als „Dislocatio patellae dorsalis“ beschrieben (DIRKSEN, 2006). Als Ursache bei Rindern nimmt man an, dass es sich am wahrscheinlichsten um einen geschwächten Halteapparat handelt, der möglicherweise eine rassespezifische genetische Komponente beinhaltet. Äußere Einflüsse und Traumata werden hingegen als weniger wahrscheinlich eingestuft (DIRKSEN, 2006). Die Angaben zur Ursache der „Dislocatio“ beim Alpaka bedürfen weiterer Untersuchungen.

5.2.3.3 Empfehlungen aus den Ergebnissen für die Gelenksinjektionen am Kniegelenk des Alpakas

Für die Punktion des Kniegelenks eignet sich ein Einstich lateral des Lig. patellae auf halber Höhe zwischen dem distalen Ende der Patella und der Extremitas proximalis der Tibia (*Abb. 55*), wie sie auch PENTECOST et al. (2012) in ihrer Veröffentlichung beschreiben. Wichtig ist hierbei v. a. eine ausreichend lange Kanüle von mind. 40 mm zu verwenden, um nicht versehentlich in den infrapatellaren Fettkörper zu injizieren (SEMEVOLOS und COPE, 2005). Diese eine Einstichstelle war ausreichend, um die komplette Gelenkhöhle mit allen drei Anteilen und den jeweiligen Aussackungen zu erreichen. Damit könnten vorherige Untersuchungen zum Lama (SEMEVOLOS und COPE, 2005), in denen festgestellt wurde, dass trotz unterschiedlicher Punktionsstelle (lateral bzw. medial des Lig. patellae) alle Gelenkhöhlenanteile injiziert waren, bestätigt und die Beschreibung von FOWLER (2010a) entkräftet werden. Dieser hatte beschrieben, dass das Kniegelenk von mehreren unterschiedlichen Einstichstellen, vergleichend mit dem Pferd, punktiert werden sollte, da eine Kommunikation der Kompartimente des Kniegelenks nicht sichergestellt sei. Auch die Arbeit zu Alpakas (PENTECOST et al., 2012) bestätigt diese Ergebnisse. Grundsätzlich dürfte es nach den Erkenntnissen von SEMEVOLOS und COPE (2005) keinen Unterschied machen, ob die Punktion des Kniegelenks lateral oder medial des Lig. patellae erfolgt. In dieser Studie erfolgte die Punktion bei allen untersuchten Kniegelenken lateral des Lig. patellae.

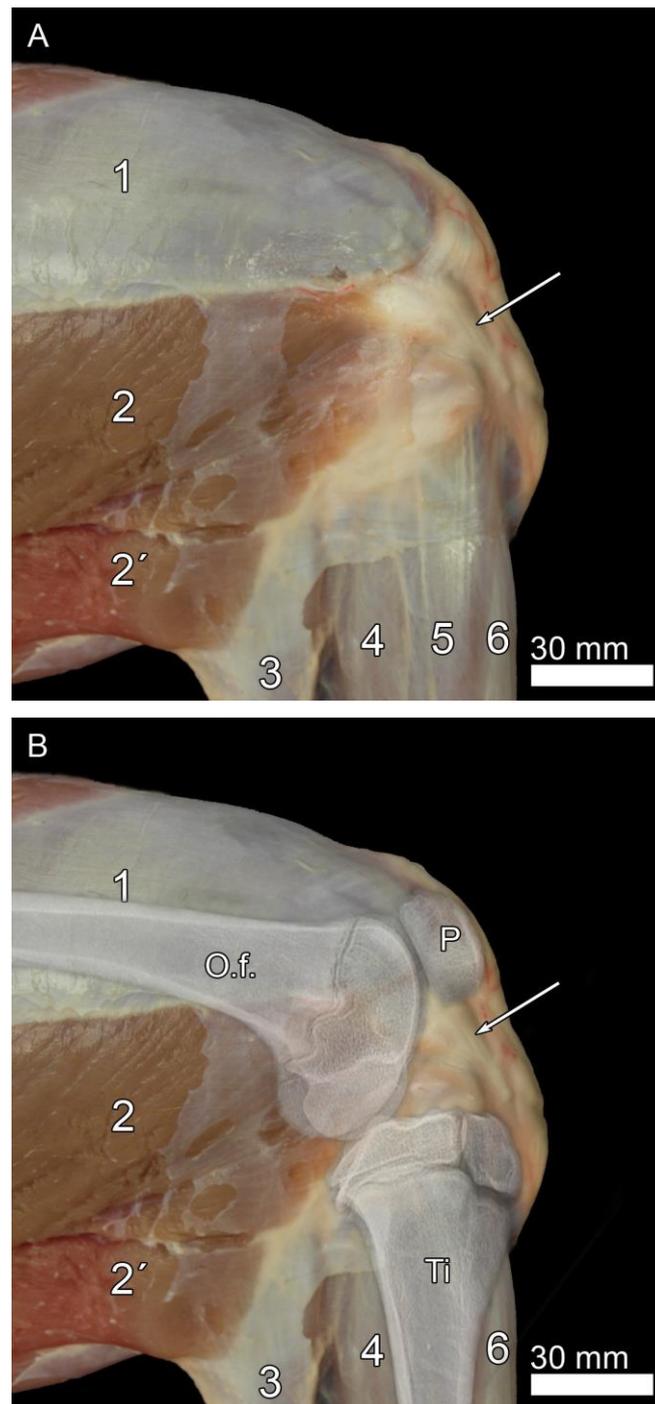


Abb. 55: Empfohlene Einstichstelle für die Punktion des Kniegelenks; Rechtes Kniegelenk eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes; Ansicht von lateral; A: Muskelpräparat; B: Muskelpräparat und korrelierende Röntgenaufnahme:

O.f. – Os femoris; P – Patella; Ti – Tibia

1 – M. vastus lateralis; 2,2' – M. glutaebiceps (2 – kraniale Portion; 2' – kaudale Portion); 3 – Caput laterale des M. gastrocnemius; 4 – M. flexor digitorum lateralis; 5 – M. extensor digitorum lateralis; 6 – M. fibularis tertius

Pfeil: empfohlene Einstichstelle

Sprunggelenk

5.2.3.4 Tierartlicher Vergleich der topografischen und funktionellen Anatomie des Sprunggelenks des Alpakas

Die Knochen des Unterschenkels, des Sprunggelenks und das proximale Ende der Mittelfußknochen zeigen im Wesentlichen die gleichen Merkmale wie bei anderen Haussäugetieren. DOS SANTOS ROMERO (2014) vergleicht in ihrer Arbeit die Knochen des Alpakas mit denen des Schafes. In dieser Gegenüberstellung zeigt sich, dass die Tibia von Alpakas etwas länger und kräftiger entwickelt ist als bei Schafen (DOS SANTOS ROMERO, 2014). Die Tibia der Alpakas gleicht in ihrem Aufbau und ihren Proportionen v. a. der der Wiederkäuer (LIEBICH et al., 2019b; NICKEL et al., 2004b). Zu den Darstellungen des Schienbeins bei nahe verwandten Lamas (GALOTTA et al., 1994b) und Dromedaren (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987g) zeigt sich kein Unterschied. Als distaler Anteil der Fibula ist beim Alpaka das eigenständige Os malleolare ausgebildet. Dieser Knochen wird auch in anderen Arbeiten zu Neuweltkameliden (AZZOPARDI, 2012; DOS SANTOS ROMERO, 2014; GALOTTA et al., 1994b; PACHECO TORRES et al., 1986) beschrieben. Es artikuliert mit der Tibia zum einen über eine Gelenkfläche lateral der Cochlea tibiae und zum anderen mit einem deutlich erkennbaren spitzen proximalen Fortsatz im Sulcus malleolaris, wie es auch von AZZOPARDI (2012) für das Alpaka beschrieben ist.

Die Tarsalknochen stellen beim Alpaka sechs einzelne Knochen dar (AZZOPARDI, 2012; DOS SANTOS ROMERO, 2014) und sind mit denen des Dromedars (HAGAG et al., 2013a; b; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987g) vergleichbar. DOS SANTOS ROMERO (2014) beschreibt das Fehlen eines Os tarsale primum sowie das Os tarsale secundum et tertium als zwei eigenständige Knochen. In der vorliegenden Untersuchung zeigte sich jedoch eher das Bild von Rindern und kleinen Wiederkäuern, wonach das Os tarsale primum vorhanden ist und das Os tarsale secundum und tertium miteinander zu einem einheitlichen Knochen verschmolzen ist (NICKEL et al., 2004b; POPESKO, 2011). Das Alpaka unterscheidet sich aber auch wieder von den Wiederkäuern (LIEBICH et al., 2019b), da das Os tarsi centrale als eigenständiger Knochen ausgebildet und nicht mit dem Os tarsale quartum verschmolzen ist, so wie es auch für Hund, Schwein und Pferd beschrieben ist (LIEBICH et al., 2019b). Die Verschmelzung zum Os tarsale secundum et tertium und das separate Os tarsi centrale werden für das Alpaka auch von AZZOPARDI (2012) und für das Dromedar (HAGAG et al., 2013a; b; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987g) beschrieben.

Der komplexe Aufbau des Tarsalgelenks beschränkt die Beweglichkeit v. a. auf die Beugung und Streckung. Dreh- und Seitwärtsbewegungen sind nur in geringem Umfang möglich. Für das Pferd wird durch die spezielle Anordnung der Bänder eine federnde Wirkung des

Sprunggelenks beschrieben, die bei den anderen Haussäugetieren nicht so stark ausgeprägt ist (NICKEL et al., 2004b). Für die Beugung des Tarsus sind beim Alpaka, wie bei den Haussäugetieren auch (LIEBICH et al., 2019b), der *M. tibialis cranialis*, der *M. fibularis tertius* und der *M. fibularis longus* zuständig. Der *M. tibialis cranialis* weist dabei keinen zweigeteilten Ansatz auf, wie er für das Pferd mit der typischen zusätzlichen „Spatsehne“ beschrieben ist (LIEBICH et al., 2019b). Der *M. fibularis tertius* wird für das Pferd als ein kräftiger rein sehniger Strang (*Tendo femorotarseus*) beschrieben (LIEBICH et al., 2019b), während dieser beim Alpaka hingegen einen deutlichen Muskelbauch besitzt, wie er auch beim Wiederkäuer (LIEBICH et al., 2019b) ausgebildet ist. Der beim Pferd besonders ausgeprägte *M. fibularis tertius* ist an der Spannsägenkonstruktion beteiligt und stellt damit funktionelle Verbindung zwischen Knie- und Sprunggelenk her (LIEBICH et al., 2019b), die beim Alpaka in dieser ausgeprägten Form nicht vorhanden ist. Gleichwohl gibt es auch beim Alpaka funktionell eine Spannsägenkonstruktion, da der Ursprung ebenfalls am *Os femoris* liegt. Der Ansatz des *M. fibularis tertius* des Alpakas ist einheitlich auf der Dorsalseite am *Os tarsale II et III* sowie am proximalen Ende des *Os metatarsale III et IV* und weist keine zusätzliche Abspaltung auf, welche beim Dromedar über die Sehne des *M. extensor digitorum longus* zum *Os tarsale quartum* zieht (HAGAG et al., 2013b; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e). Der *M. fibularis longus* entspricht dem des Dromedars (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e) und des Wiederkäuers (LIEBICH et al., 2019b).

Durch das Fehlen eines *M. soleus* beim Alpaka, wie es auch CONSTANTINESCU et al. (2008b) für das Lama angibt, bleibt nur der *M. gastrocnemius* für die Streckung des Sprunggelenks. Dieser zeigt mit seiner Ausbildung eines *Caput laterale* und eines *Caput mediale* keinen prinzipiellen Unterschied zu anderen Haussäugetieren (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Ebenso erhält der *M. gastrocnemius* beim Alpaka jeweils einen Fersenbeinstrang vom *M. glutaebiceps* und vom *M. semitendinosus*. Dadurch werden die den *Tendo gastrocnemius* bildenden Endsehnen des *Caput laterale* und *Caput mediale* durch die beiden Fersenbeinstränge der Muskulatur kaudal am Oberschenkel bei der Bildung der Achillessehne unterstützt. An ihrem Ansatz am *Tuber calcanei* werden sie von einer *Bursa subtendinea calcanea* unterlagert. Dieser Befund stimmt mit dem Dromedar überein (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987e).

Der Bandapparat auf der lateralen und medialen Seite wird bei den untersuchten Alpakagliedmaßen in dieser Studie jeweils durch die *Ligg. collateralia tarsi longum* und *breve* gebildet. Die kurzen Kollateralbänder des Tarsus bestehen aus zwei Anteilen, sowohl lateral (*Pars tibio calcanea* und *Pars calcaneometatarsae*) als auch medial (*Pars tibiotalaris* und *Pars tibio calcanea*). Sie unterscheiden sich, ebenso wie die langen Kollateralbänder, in ihrer

Form und in ihrem Verlauf nicht von denen des Dromedars (HAGAG et al., 2013a; b; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c).

HAGAG et al. (2013a) beschreiben in ihrer Arbeit ein zweigeteiltes Lig. plantare longum mit einem lateralen und einem medialen Schenkel. Der mediale Schenkel umhüllt dabei teilweise die oberflächliche Beugesehne und fixiert diese somit in ihrer Lage plantar des Tarsus. SMUTS und BEZUIDENHOUT (1987c) machen die gleichen Erläuterungen in ihrem Werk über die Anatomie des Dromedars. In der vorliegenden Studie konnte die gleiche Ausbildung des Lig. plantare longum an der Beckengliedmaße des Alpakas nachvollzogen werden.

Das fächerförmige Lig. tarsi dorsale, welches bei den Haussäugetieren am medialen Bandhöcker des Talus entspringt und in seinem schrägen Verlauf an mehreren Tarsalknochen (Os tarsi centrale und Os tarsale tertium) anheftet, ehe es am Metatarsus inseriert (LIEBICH et al., 2019b), konnte an den untersuchten Alpakas ebenfalls in vergleichbarer Ausführung gefunden werden.

5.2.3.5 Empfehlungen aus den Ergebnissen für die Gelenksinjektionen am Sprunggelenk des Alpakas

In einer Arbeit zur Kommunikation der Gelenkhöhlen der Gliedmaßen am Lama von SEMEVOLOS und COPE (2005) zeigte sich, dass in nur etwa einem Viertel der untersuchten Sprunggelenke eine Kommunikation aller vier Kompartimente vorhanden war. Daraus ergab sich die Empfehlung, das Tarsalgelenk von mehreren Stellen aus zu punktieren, um zuverlässig alle Kompartimente zu erreichen. Für die Articulatio tarsocruralis zeigte sich, dass der Einstich sowohl lateral als auch medial der Strecksehnen erfolgen kann. Die proximalen Intertarsalgelenke punktierten SEMEVOLOS und COPE (2005) etwas weiter distal in der Verbindung zwischen dem Talus und dem Os tarsi centrale. Für die distalen Intertarsalgelenke wurde medial zwischen dem Os tarsi centrale und dem Os tarsale II et III eingestochen. Die Punktion der Articulatio tarsometatarsae erfolgte lateral zwischen dem Os tarsale IV und dem Os metatarsale IV (SEMEVOLOS und COPE, 2005). Ausgehend von diesen Angaben für das Lama erfolgte die Injektion der gelben bzw. grünen Latexmilch in die einzelnen Tarsalgelenke beim Alpaka (*Abb. 56*). Dabei ist zu beachten, dass der Recessus dorsalis mehrere Milliliter Flüssigkeit fassen kann und durch eine zu starke Füllung ggf. das Erreichen der einzelnen Etagen erschwert wird.

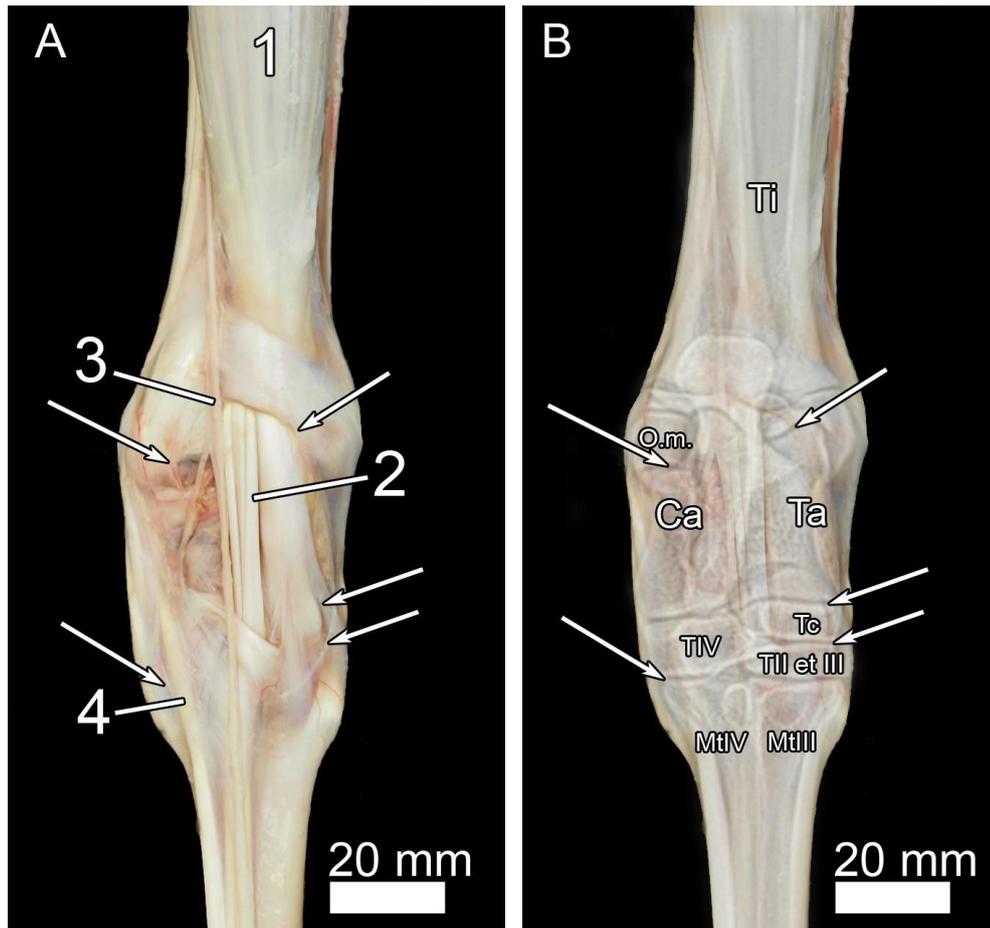


Abb. 56: Empfohlene Einstichstellen für die Punktion des Sprunggelenks; Rechtes Sprunggelenk eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes; Ansicht von dorsal; A: Muskelpräparat; B: Muskelpräparat und korrelierende Röntgenaufnahme:

Ca – Calcaneus; MtIII – Os metatarsale tertium; MtIV – Os metatarsale quartum; O.m. – Os malleolare; Ta – Talus; Tc – Os tarsi centrale; Ti – Tibia; TII et III – Os tarsale secundum et tertium; TIV – Os tarsale quartum

1 – *M. fibularis tertius*; 2 – Endsehnen des *M. extensor digitorum longus*; 3 – *V. plantaris lateralis*; 4 – Endsehne des *M. extensor digitorum lateralis*

Pfeile: empfohlene Einstichstellen

5.2.4 Fesselgelenke sowie Zehenmittel- und Zehenendgelenke

5.2.4.1 Besonderheiten und tierartlicher Vergleich der topografischen und funktionellen Anatomie der Fesselgelenke sowie Zehenmittel- und Zehenendgelenke des Alpakas

Die Anatomie des Fußes von Dromedaren (ABU-SEIDA et al., 2012; ALSAFY et al., 2018; EL-SHAFFEY und KASSAB, 2013; EL-SHAFFEY und SAYED-AHMED, 2012; NOURINEZHAD et al., 2011; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c) und von Neuweltkameliden (AULT und ANDERSON, 2003; CONSTANTINESCU et al., 2008a; b; GALOTTA et al., 1994b; GÖTZ, 2019; KÖNIG et al., 2015; SCHRAML et al., 2021) ist bereits Bestandteil mehrerer Veröffentlichungen. In den Lehrbüchern zur Anatomie der Haussäugetiere erfolgt i. d. R. der Hinweis, dass sich die Anatomie der Zehengelenke der Beckengliedmaße im Wesentlichen nicht von der Anatomie der Zehengelenke an der Schultergliedmaße unterscheidet. Dabei wird auf das entsprechende Kapitel zur Schultergliedmaße verwiesen (LIEBICH et al., 2019b; NICKEL et al., 2004b; SALOMON, 2020a). Während ALSAFY et al. (2018), EL-SHAFFEY und KASSAB (2013) gezielt an den Zehengelenken der Beckengliedmaße beim Dromedar arbeiteten, verwendeten ABU-SEIDA et al. (2012) und NOURINEZHAD et al. (2011) in ihren Untersuchungen sowohl Füße der Schultergliedmaße als auch der Beckengliedmaße. Dabei zeigten sich, abgesehen vom Querschnitt des M. interosseus medius, keine Unterschiede im Aufbau der Zehengelenke an Schulter- und Beckengliedmaße (NOURINEZHAD et al., 2011). Diese Aussage deckt sich auch mit Untersuchungen am Halteapparat und der Zehenbeugemuskeln beim Lama (CONSTANTINESCU et al., 2008a; b), bei denen sich auch eine große Ähnlichkeit im Bereich des Fesselgelenks zeigten (CONSTANTINESCU et al., 2008b). Gleiches gilt auch, wenn man die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung mit der Arbeit von GÖTZ (2019) vergleicht. Der Aufbau der Zehengelenke an der Beckengliedmaße des Alpakas zeigt keine wesentlichen Unterschiede zu den Zehengelenken an der Schultergliedmaße des Alpakas (GÖTZ, 2019). Zu beachten ist die von der Schultergliedmaße abweichende Nomenklatur:

- an den Zehenstreckern
 - o M. extensor digitorum communis an der Schultergliedmaße und
 - o M. extensor digitorum longus an der Beckengliedmaße,
- der M. flexor digitorum profundus
 - o setzt sich an der Schultergliedmaße aus dem Caput humerale, dem Caput radiale und dem Caput ulnare zusammen und
 - o setzt sich an der Beckengliedmaße aus dem M. flexor digitorum lateralis, dem M. flexor digitorum medialis und dem M. tibialis caudalis zusammen,

- das Lig. anulare palmare der Schultergliedmaße wird zum Lig. anulare plantare an der Beckengliedmaße und
- ebenso wird aus dem Lig. palmare das Lig. plantare.

Die einzigen kleinen Unterschiede zu den Zehengelenken der Schultergliedmaße beim Alpaka zeigen sich in der Ausbildung des Lig. accessorium. Das von GÖTZ (2019) für das Alpaka beschriebene Lig. accessorium zur tiefen Beugesehne an der Schultergliedmaße, war an der Beckengliedmaße nicht zu finden. Diese Beobachtung deckt sich mit den Befunden von CONSTANTINESCU et al. (2008b) und von SCHRAML et al. (2021), in denen ebenfalls über das Fehlen eines Lig. accessorium, wie es beim Pferd vorkommt, berichtet wird.

CONSTANTINESCU et al. (2008b) beschreiben für das Lama an der Beckengliedmaße paarig angelegte Mm. lumbricales. In einer anderen Untersuchung über die Zehengelenke aller vier Arten Neuweltkameliden vergleichend zeigte sich bei der Mehrheit der Tiere ein einfach ausgebildeter M. lumbricalis manus / pedis. Lediglich bei vier Füßen wurde paarig angelegte Mm. lumbricales gefunden, was die Autoren auf eine regional besondere Genetik dieser Tiere zurückführen (SCHRAML et al., 2021). In dieser Untersuchung an vier Fesselgelenken zeigte sich dieser zarte Muskel als einzelner Muskelbauch, der sich axial an der vierten Zehe mit der Sehne des langen Zehenstreckers verbindet.

Insgesamt bezeichnen CONSTANTINESCU et al. (2008b) den Halteapparat des Fußes von Lamas als speziell für die Bedürfnisse dieser Tiere angepasst, welcher sich aufgrund der unterschiedlichen Zehenwinkelung nicht unmittelbar mit dem von Pferden oder von Wiederkäuern vergleichen lässt. Diese für das Lama beschriebenen anatomischen Gegebenheiten waren ebenso am Fuß des Alpakas zu finden.

5.2.4.2 Empfehlungen aus den Ergebnissen für Gelenkinjektionen an den Fesselgelenken sowie den Zehenmittel- und Zehenendgelenken des Alpakas

Das Fesselgelenk besteht bei den Lamas (REED et al., 2014) und bei den Dromedaren (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987c) aus einer Gelenkhöhle, für jede Zehe. In der Arbeit von SEMEVOLOS und COPE (2005) zeigten sich 98 % der untersuchten Fesselgelenke an der Beckengliedmaße als eigenständige Gelenkhöhlen und nicht miteinander kommunizierend. Die Punktion der proximalen Zehengelenke erfolgte sowohl an der Schultergliedmaße als auch an der Beckengliedmaße in gebeugter Stellung von dorsal (SEMEVOLOS und COPE, 2005). GÖTZ (2019) injizierte das Fesselgelenk an der Schultergliedmaße des Alpakas ebenfalls von dorsal durch die Strecksehne hindurch, bei maximaler Beugung des Gelenkes. Diese Punktionsstelle bewährte sich ebenso in dieser

Untersuchung an den Fesselgelenken der Beckengliedmaßen. Wie auch in der Arbeit von GÖTZ (2019) wurde nur das laterale Fesselgelenk mit Latexmilch gefüllt. Bei den vier injizierten Zehengrundgelenken in der vorliegenden Arbeit zeigte sich keine Kommunikation zwischen dem lateralen und dem medialen Gelenk.

Die mittleren und distalen Zehengelenke der Beckengliedmaße wurden in dieser Untersuchung ebenfalls nach den Empfehlungen von GÖTZ (2019) punktiert. An der Schultergliedmaße von vier Alpakas erfolgte die Punktion jeweils lateral oder medial der Strecksehnen, da bei einem Einstich von palmar das Sohlenhorn sehr hinderlich wäre und darüber hinaus wichtige Leitungsbahnen zur Versorgung der Zehen axial und abaxial an diesen verlaufen (GÖTZ, 2019). Gleiches trifft ebenso auf die Zehen der Beckengliedmaße zu, weshalb die Empfehlungen von GÖTZ (2019) auch für die Punktion der Zehen der Beckengliedmaße des Alpakas Anwendung finden (*Abb. 57*).



Abb. 57: Empfohlene Einstichstellen für die Punktion der Zehengelenke an der rechten Schultergliedmaße einer ein Tag alten Huacaya-Stute; Ansicht von dorsal (GÖTZ, 2019):

A: Präparat, B: Präparat und korrelierende Röntgenaufnahme:

McIV – Os metacarpale IV; McIII – Os metacarpale III; PI – Phalanx proximalis; PII – Phalanx media; PIII – Phalanx distalis

1 – Strecksehne des *M. extensor digitorum communis*; 2 – Strecksehne des *M. extensor digitorum lateralis*

Pfeile: empfohlene Einstichstellen

5.2.5 Leitungsbahnen der Beckengliedmaße

Der Verlauf der Leitungsbahnen ist für den praktizierenden Tierarzt sehr wichtig, u. a. für die Planung und Durchführung von chirurgischen Eingriffen oder auch schon für die Beurteilung des Ausmaßes einer Verletzung. Beispielsweise liegen die A. und V. femoralis kaudomedial des Os femoris und können durch Frakturen leicht mit verletzt sein (FOWLER, 2010g). Bei Operationen am Hüftgelenk ist z. B. auf den Verlauf des N. ischiadicus zu achten, um diesen nicht zu schädigen (SALOMON, 2020b). Nervenlähmungen müssen differenzialdiagnostisch immer mitberücksichtigt werden. So führt eine Lähmung des N. femoralis u. a. zum Ausfall des M. quadriceps femoris und zeigt sich durch ein instabiles Knie, wodurch der gesamte Bewegungsablauf der Beckengliedmaße gestört ist. Dieses Krankheitsbild kann beim Pferd beispielsweise durch unsachgemäße Zwangsmaßnahmen entstehen (KÖNIG et al., 2019a). Schweregeburten oder unsachgemäße Geburtshilfe können eine Lähmung des N. obturatorius nach sich ziehen (SALOMON, 2020b).

In dieser Untersuchung gleichen die Befunde des Plexus lumbosacralis den Beschreibungen für das Alpaka (CÁRDENAS et al., 1998) und für das Dromedar (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987f). Auch zu anderen Haussäugetieren (KÖNIG et al., 2019a; NICKEL et al., 2004a; SALOMON, 2020b) zeigen sich keine nennenswerten anatomischen Unterschiede. Die Aufzweigungen im distalen Bereich der Beckengliedmaße sind mit denen der Wiederkäuer vergleichbar (NICKEL et al., 2004a). Während der Präparation der Äste des N. fibularis superficialis zur Versorgung des Zehenrückens zeigten sich diese in ihrem Verlauf auffallend dünn und zart. Sie waren ab dem mittleren Drittel des Metatarsus makroskopisch nur noch sehr schwer nachvollziehbar. Die auf der Plantarseite gelegenen Äste des N. tibialis zeigten sich hingegen kräftiger und waren bis zu den Zehen gut zu verfolgen. Ein vergleichbares Bild zeigte sich auch in der Arbeit von GÖTZ (2019) an der Schultergliedmaße des Alpakas. Das reduzierte Vorkommen von Blut- und Nervenbahnen auf der Dorsalseite der Zehen könnte demnach eine Folge der Anpassung an die langen, dünnen Gliedmaßen und die Lebensweise der Alpakas als Lauf- und Fluchttier sein (GÖTZ, 2019). Für das Pferd und das Rind wird eine ähnliche Lage der Leitungsbahnen mit der Hauptversorgung von plantar beschrieben (REESE et al., 2020).

Die arterielle Blutversorgung der Beckengliedmaße wurde für das Alpaka (ANGULO et al., 2013) und für das Lama (GRAZIOTTI et al., 1997a; GRAZIOTTI et al., 2003; GRAZIOTTI et al., 1997b; GRAZIOTTI et al., 1998; GRAZIOTTI et al., 2000) bereits in mehreren Werken eingehend untersucht. Auch in der vorliegenden Untersuchung entsprang der Truncus pudendoepigastricus eigenständig aus der A. iliaca externa, so wie es gelegentlich auch beim Pferd der Fall sein kann (WAIBL et al., 2005a). Eine A. profunda femoris, wie sie

SMUTS und BEZUIDENHOUT (1987b) für das Dromedar beschreiben, konnte bei den in dieser Studie untersuchten Alpakas nicht gefunden werden. Stattdessen entspringt die *A. circumflexa femoris medialis* als erster Ast aus der *A. femoralis*, wie es bereits GRAZIOTTI et al. (1997b) für das Lama und ANGULO et al. (2013) für das Alpaka beschrieben haben.

Das von GRAZIOTTI et al. (1999) beschriebene Venensystem des Lamas mit seiner venösen Erweiterung in der Regio poplitea konnte beim Alpaka ebenfalls nachvollzogen werden. Dieser ausgeprägte „Sinus popliteus“ zeigte sich v. a. mit der Injektion von blauer Latexmilch (Abb. 50). Eine so deutlich erkennbare Ausbuchtung in dieser Region ist bei keinem der Haussäugetiere beschrieben (KÖNIG et al., 2019b). Seine Lage unmittelbar distal des *M. gastrocnemius* und des *M. flexor digitorum superficialis* lässt vermuten, dass durch Kontraktion der ihn direkt umgebenden kräftigen Muskeln eine Pumpwirkung das venöse Blut weiter proximal fließen lässt. Diese unterstützende Kraft der Skelettmuskulatur auf die Venen, insbesondere an den Gliedmaßen, kommt durch den Verlauf der Venen im interstitiellen und intramuskulären Bindegewebe zustande (SCHUMMER und HABERMEHL, 2005). Für das Pferd werden vergleichbare Venenausbuchtungen im Bereich des Kopfes bedeckt vom *M. masseter* beschrieben. Hier sind die *V. transversa faciei*, die *V. profunda faciei* und *V. buccalis* jeweils zu einem dem Namen der Vene entsprechenden Sinus erweitert (WAIBL et al., 2005b). Die von GRAZIOTTI et al. (1999) für das Lama beschriebene tiefe Vene entlang des Oberschenkelbeins konnte bei den untersuchten Alpakas in dieser Studie ebenfalls nachvollzogen werden (Abb. 51). Warum Lamas und Alpakas eine so komplexe Aufzweigung ihrer *V. saphena* am Unterschenkel und in den Folgegefäßen am Oberschenkel zeigen Bedarf weiterer Untersuchungen.

6 Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit war es die topografische Anatomie der Beckengliedmaße des Alpakas übersichtlich darzustellen. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf den Aufbau der Gelenke und die Leitungsbahnen der Beckengliedmaße gelegt.

Insgesamt wurden 16 Beckengliedmaßen (links: n=4, rechts: n=12) von 12 Tieren untersucht. Die Tiere wurden euthanasiert oder verendeten auf Grund von Krankheiten, die keinen Einfluss auf die Anatomie der Beckengliedmaße hatten. Sie wurden nach ihrem Tod dem Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie der Ludwig-Maximilians-Universität in München für diese Untersuchung zur Verfügung gestellt. Diese Tiere umfassten acht adulte (12-20 Jahre) und vier juvenile (ein Tag bis zehn Monate).

Die topografische Anatomie wurde an 10 Gliedmaßen von 8 Tieren studiert. Hierfür wurden zum Teil spezielle Untersuchungsmethoden angewandt, wie die Injektion von farbiger Latexmilch in den arteriellen (n=8) und venösen (n=4) Blutgefäßbaum. Zur Demonstration der Gelenkhöhlen und -aussackungen wurden diese an Hüft-, Knie-, Tarsal- und Zehengelenken (n=6) mit farbiger Latexmilch gefüllt. Außerdem wurden zur Darstellung einerseits des Skeletts, andererseits des topografischen Zusammenhangs der knöchernen Strukturen mit den Gefäßen Röntgenbilder angefertigt (n=8), letztere mit Positivkontrast (Bariumsulfat). Von vier Beckengliedmaßen wurden transversale Kryoschnitte erstellt. Für die Darstellung der knöchernen Strukturen wurden 3 Präparate mazeriert.

Die Ergebnisse dieser Studie stellen einen detaillierten Überblick über die Topografie der Beckengliedmaße des Alpakas dar. Am Kniegelenk wird die besondere Verspannung der Patella aufgezeigt, welche v. a. durch den M. glutaebiceps, den M. semimembranosus und die mediale Oberschenkelfaszie zu Stande kommt. Darüber hinaus zeigte sich ein dreigeteilter Ansatz des M. vastus intermedius, der bei den Haussäugetieren so nicht beschrieben ist.

Des Weiteren zeigte sich eine ungewöhnliche Aufzweigung der Venen medial am Oberschenkel und eine deutlich erweiterte V. poplitea zu einem Sinus popliteus in der Kniekehle. Medial am Oberschenkel war bei den untersuchten Tieren eine zusätzliche tiefe Vene parallel zur V. femoralis zu finden, welche sich aus der Verbindungsstelle der V. poplitea mit der V. saphena ergab und kurz vor der Mündung der V. circumflexa femoris medialis wieder in die V. femoralis mündete.

Es lassen sich, wie zu erwarten, viele Übereinstimmungen mit anderen Kameliden finden. Zudem besteht stellenweise eine große Ähnlichkeit zur Anatomie des Pferdes und teilweise auch zur Anatomie der Wiederkäuer, welche sich durch ähnliches Verhalten und vergleichbare Fortbewegung erklären lässt.

Die klinisch-angewandte Beschreibung der Gelenke liefert einen wichtigen Beitrag für die praktische Tiermedizin.

7 Summary

Title: Topographic and clinically applied anatomy of the pelvic limb of the alpaca (*Vicugna pacos*)

The aim of this study was to present clearly the topographical anatomy of the pelvic limb of the alpaca. Particular attention was paid to the structure of the joints, the blood vessels and the nerves of the pelvic limb.

A total of sixteen pelvic limbs (left: n=4, right: n=12) from twelve animals were examined. The animals were euthanized or died due to diseases that did not affect the anatomy of the pelvic limb. After their death, they were donated to the Chair of Anatomy, Histology and Embryology at Ludwig-Maximilians-University in Munich for this study. These animals included eight adults (12-20 years) and four juveniles (one day to ten months).

Topographic anatomy was studied on ten limbs from eight animals. Special examination methods were used in some cases for this purpose, such as injection of colored latex milk into the arterial (n=8) and venous (n=4) vascular tree. To demonstrate the joint cavities and recessus, these were filled with colored latex milk at the hip, stifle, tarsal, and digital joints (n=6). In addition, radiographs were obtained to visualize the skeleton on the one hand and the topographic relationship of the bony structures with the vessels on the other hand (n=8), latter with positive contrast (barium sulfate). Transverse cryosections were obtained from four pelvic limbs. To get a view of the osseous structures, three specimens were macerated.

The results of this study present a detailed overview of the topography of the pelvic limb of the alpaca. At the stifle joint, the particular fixation of the patella is shown, which is mainly caused by the insertings of the gluteoabiceps muscle, the semimembranosus muscle and the medial femoral fascia. In addition, a tripartite attachment of the vastus intermedius muscle was seen, which is not described in this way in domestic mammals.

Furthermore, an unusual branching of the veins medial to the thigh and a clearly dilated popliteal vein forming a popliteal sinus in the popliteal fossa were present. Medially on the thigh, an additional deep vein parallel to the femoral vein was found in the animals examined, arising from the junction of the popliteal vein with the saphenous vein and rejoining the femoral vein just before its confluence of the circumflex femoral vein medially.

Many similarities with other camelids can be found, as might be expected. In addition, there is a great similarity to the equine anatomy and partly to the anatomy of ruminants, which can be explained by similar behavior and comparable locomotion.

The clinically-applied description of the joints provides an important contribution to practical veterinary medicine.

8 Literaturverzeichnis

- 1 Aba, M. A., Bianchi, C. und Cavilla, V. (2010): South American Camelids. In: V. V. Tynes, Behavior of Exotic Pets. Wiley-Blackwell, Oxford (United Kingdom): S. 157-167.
- 2 Abu-Seida, A. M., Mostafa, A. M. und Tolba, A. R. (2012): Anatomical and Ultrasonographical Studies on Tendons and Digital Cushions of normal Phalangeal Region in Camels (*Camelus dromedarius*). J Camel Pract Res 10(2): 169-175.
- 3 Abuja, G. A., Kowaleski, M. P. und García-López, J. M. (2014): Management of bilateral patellar luxation in an alpaca. Vet Surg 43(4): 459-464.
- 4 Allen, M. J., Houlton, J. E. F. und Adams, S. B. (1998): The Surgical Anatomy of the Stifle Joint in Sheep. Vet Surg 27: 596-605.
- 5 Alsafy, M. A. M., El-Gendy, S. A. und Kamal, B. (2018): Morphological, radiographic and computed tomographic evaluation of the metatarsophalangeal joint of the one-humped camel. Anat Histol Embryol 47(6): 537-543.
- 6 Anderson, D. E. und McLaughlin, R. M. (1997): Fascia lata autograft for treatment of congenital cranial cruciate ligament deficiency in a llama. J Am Vet Med Assoc 210(6): 811-3.
- 7 Angulo, J. A., Sato, A. S., Navarete, M. Z. und Cisneros, J. S. (2013): Irrigación arterial del miembro pélvico de la alpaca (*Vicugna pacos*). Rev Inv Vet Perú 24 (1): 1-15.
- 8 Ault, J. S. und Anderson, D. E. (2003, 11.12.2003): Structure and Maintenance of the Foot of South American Camelids. Retrieved 24.03.2021, from <http://www.rmla.com/html/-foot.htm>.
- 9 Azzopardi, M. (2012): Contribution à l'ostéologie et à l'imagerie médicale de l'alpaga (*Vicugna pacos*). Ecole nationale Veterinaire de Toulouse, Toulouse (France).
- 10 Bartlett, G. R., Dart, A. J. und Dart, C. M. (2003): Surgical repair of a coxofemoral luxation in an alpaca. Aust Vet J 81(5): 271-272.
- 11 Biasutti, S. A., Dart, A. J., Cross, J., Dart, C. M., Uquillas, E. und Jeffcott, L. B. (2018): Imbrication of the medial retinaculum to repair a bilateral traumatic lateral patellar luxation in an alpaca (*Vicugna pacos*). N Z Vet J 66(1): 48-49.
- 12 Binder, E. (2014): Untersuchung der Stressbelastung von Alpakahengsten in Einzel- versus Gruppenhaltung. Ludwig-Maximilians-Universität, Diss. med. vet., München (Germany).

- 13 Böger, M. und Finkenzeller, K. (2016): Einleitung und Grundsätze. In: Neuweltkameliden-Kompass. Verein der Züchter, Halter und Freunde von Neuweltkameliden e.V. - LAMAS-Verlag, Berchtesgaden (Germany): S. 8-15.
- 14 Cárdenas, M., Montoya, L., Medina, C. und Vilca, M. (1998): Anatomía Neurovascular del Abdomen de la Alpaca. Rev Inv Pec IVITA (Perú) 9 (2): 41-47.
- 15 Constantinescu, G. M., Reed, S. K. und Constantinescu, I. A. (2008a): The Suspensory Apparatus and Digital Flexor Muscles of the Llama (*Lama glama*) 1. The Thoracic Limb / El Aparato Suspensorio y los Músculos Flexores Digitales de la Llama (*Lama glama*) 1. El Miembro Torácico. Int J Morphol 26(3): 543-550.
- 16 Constantinescu, G. M., Reed, S. K. und Constantinescu, I. A. (2008b): The Suspensory Apparatus and Digital Flexor Muscles of the Llama (*Lama glama*) 2. The Pelvic Limb / El Aparato Suspensorio y los Músculos Flexores Digitales de la Llama (*Lama glama*) 2. El Miembro Pélvico. Int J Morphol 26(3): 551-556.
- 17 Dirksen, G. (2006): Krankheiten der Bewegungsorgane. In: G. Dirksen, H.-D. Gründer und M. Stöber, Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. Parey Verlag, Stuttgart (Germany). 5. Auflage: S. 753-1030.
- 18 Dos Santos Romero, D. L. (2014): Osteología y miología de los miembros torácico y pelviano de la alpaca (*Vicugna pacos*). Universidad de la República, Montevideo (Uruguay).
- 19 Duncanson, G. R. (2012a): Animal Husbandry. In: G. R. Duncanson, Veterinary Treatment of Llamas and Alpacas. CABI, Oxfordshire (United Kingdom): S. 1-12.
- 20 Duncanson, G. R. (2012b): Medicine and Surgery of the Locomotory System. In: G. R. Duncanson, Veterinary Treatment of Llamas and Alpacas. CABI, Oxfordshire (United Kingdom): S. 153-156.
- 21 Duncanson, G. R. (2012c): Medicine and Surgery of the Neurological System In: G. R. Duncanson, Veterinary Treatment of Llamas and Alpacas. CABI, Oxfordshire (United Kingdom): S. 145-152.
- 22 Ehlert, A., Ferguson, J. und Gerlach, K. (2011): Magnetic Resonance Imaging and Cross-Sectional Anatomy of the Normal Bovine Tarsus. Anat Histol Embrol 40: 234-240.
- 23 El-Shafey, A. und Kassab, A. (2013): Computed Tomography and Cross-Sectional Anatomy of the Metatarsus and Digits of the One-humped Camel (*Camelus dromedarius*) and Buffalo (*Bos bubalis*). Anat Histol Embryol 42(2): 130-137.

- 24 El-Shafey, A. und Sayed-Ahmed, A. (2012): Computed Tomography and Cross Sectional Anatomy of the Metacarpus and Digits of the One-humped Camel and Egyptian Water Buffalo. *Int J Morphol* 30: 473-482.
- 25 Fahlberg, A. (2008): Die Anatomie des Rindes im Röntgen- und Schnittbild - Hintergliedmaße. VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken (Germany).
- 26 FAO (2018, 04.03.2020): FAOSTAT Live Animals. Retrieved 24.03.2021, from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA>.
- 27 Fernández, D., Tabacchi, L., Sandoval, N., Perales, R. und Santillán, G. (1999): Caracterización de la Estructura Histológica de los Órganos Linfoides en Alpaca (*Lama pacos*). *Rev Inv Vet Perú* 10(2): 1-10.
- 28 Fowler, M. E. (1998): General Biology and Evolution. In: M. E. Fowler, *Medicine and Surgery of South American Camelids: llama, alpaca, vicuna, guanaco*. Iowa State University Press, Ames (IO) (USA). 2. Edition: S. 1-11.
- 29 Fowler, M. E. (2008): Behavioral Clues for Detection of Illness in Wild Animals: Models in Camelids and Elephants. In: M. E. Fowler und R. E. Miller, *Zoo and Wild Animal Medicine current therapy*. Saunders Elsevier, St. Louis (MO) (USA). 6. Edition: S. 33-49.
- 30 Fowler, M. E. (2010a): Clinical Diagnosis: Examination and Procedures. In: M. E. Fowler, *Medicine and Surgery of Camelids*. Blackwell Publishing, Ltd., Ames (IO) (USA). 3. Edition: S. 89-109.
- 31 Fowler, M. E. (2010b): Conformation and Gaits. In: M. E. Fowler, *Medicine and Surgery of Camelids*. Blackwell Publishing, Ltd., Ames (IO) (USA). 3. Edition: S. 587-602.
- 32 Fowler, M. E. (2010c): General Biology and Evolutions. In: M. E. Fowler, *Medicine and Surgery of Camelids*. Blackwell Publishing, Ltd., Ames (IO) (USA). 3. Edition: S. 3-16.
- 33 Fowler, M. E. (2010d): Hemic and Lymphatic Systems. In: M. E. Fowler, *Medicine and Surgery of Camelids*. Blackwell Publishing, Ltd., Ames (IO) (USA). 3. Edition: S. 407-422.
- 34 Fowler, M. E. (2010e): Musculoskeletal System. In: M. E. Fowler, *Medicine and Surgery of Camelids*. Blackwell Publishing, Ltd., Ames (IO) (USA). 3. Edition: S. 311-337.
- 35 Fowler, M. E. (2010f): Nervous System. In: M. E. Fowler, *Medicine and Surgery of Camelids*. Blackwell Publishing, Ltd., Ames (IO) (USA). 3. Edition: S. 499-505.
- 36 Fowler, M. E. (2010g): Surgery. In: M. E. Fowler, *Medicine and Surgery of Camelids*. Blackwell Publishing, Ltd., Ames (IO) (USA). 3. Edition: S. 129-171.

- 37 Friker, J., Zeiler, E. und McDaniel, B. J. (2007): Vom Formalin zum Salz - Entwicklung und Einführung einer Konservierungslösung auf Salzbasis für anatomische Unterrichtspräparate. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere* 35: 243-248.
- 38 Furman, S. M., Fortier, L. A., Schnabel, L. V. und Krotscheck, U. (2009): Trochlear block recession in an alpaca with traumatic lateral patellar luxation. *Vet Surg* 38(3): 421-425.
- 39 Galotta, D. R., Arzone, C. A. und Romero, J. M. (1994a): Miologia. In: J. M. Galotta und S. G. Márquez, *Excorta Anatómica Camelidae*. Fundación Camélidos Sudamericanos, Buenos Aires (Argentina): S. 31-36.
- 40 Galotta, D. R., Galotta, J. M. und Stöver, E. (1994b): Osteologia. In: J. M. Galotta und S. G. Márquez, *Excorta Anatómica Camelidae*. Fundación Camélidos Sudamericanos, Buenos Aires (Argentina): S. 10-20.
- 41 Gauly, M. (2019a): Verhalten und Umgang. In: M. Gauly, J. Vaughan und C. Cebra, *Neuweltkameliden - Haltung, Zucht, Erkrankungen*. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart (Germany). 4. aktualisierte und erweiterte Auflage: S. 68-82.
- 42 Gauly, M. (2019b): Zoologie, Domestikation und Verbreitung von Neuweltkameliden. In: M. Gauly, J. Vaughan und C. Cebra, *Neuweltkameliden - Haltung, Zucht, Erkrankungen* Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart (Germany). 4. aktualisierte und erweiterte Auflage: S. 13-18.
- 43 Gauly, M., Timm, K. e. und Smith, B. e. (2019): Anatomie und Physiologie. In: M. Gauly, J. Vaughan und C. Cebra, *Neuweltkameliden - Haltung, Zucht, Erkrankungen*. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart (Germany). 4. aktualisierte und erweiterte Auflage: S. 19-33.
- 44 Götz, A. L. (2019): Topografische und klinisch-angewandte Anatomie der Schultergliedmaße des Alpakas (*Vicugna pacos*). Ludwig-Maximilians-Universität, Diss. med. vet., München (Germany).
- 45 Graziotti, G., Ríos, C., Rodríguez Menéndez, J. und Victoria, C. L. (1997a): XXIst Congress of the European Association of Veterinary Anatomists: Basic Scheme of the Arteries of the Pelvic Limb in the Llama. *Anat Histol Embrol* 26(3): 237-268.
- 46 Graziotti, G. H., Menéndez, J. M. R., Victorica, C. L., Solveyra, G. F. F. und Ríos, C. M. (2003): Systematic study of the internal iliac artery in llama (*Lama glama*). *Ann Anat* 185: 461-463.
- 47 Graziotti, G. H., Ríos, C. M., Rodríguez Menéndez, J. M. und Victoria, C. L. (1997b): La irrigacion arterial del muslo de la llama (*Lama glama*) *Rev Chilena Anat* 15 (1).

- 48 Graziotti, G. H., Ríos, C. M., Rodríguez Menéndez, J. M. und Victoria, C. L. (1998): Irrigacion de la rodilla y pierna de la llama (*Lama glama*). Rev Chilena Anat 16 (1).
- 49 Graziotti, G. H., Ríos, C. M., Rodríguez Menéndez, J. M. und Victoria, C. L. (1999): Non satellite veins in the pelvic limb of the llama (*Lama glama*). Anat Rec 256: 99-103.
- 50 Graziotti, G. H., Ríos, C. M., Rodríguez Menéndez, J. M. und Victoria, C. L. (2000): Arteries of the Hindfoot of the Llama (*Lama glama*). Anat Histol Embrol 29: 273-276.
- 51 Guidicelli, B. und Gunsser, I. (2017): LAREU Llama & Alpaca Registries Europe. Retrieved 24.03.2021, from http://www.lareu.org/index_DE.html.
- 52 Gunsser, I. (2009): Probleme bei Haltung und Transport von Lamas und Alpakas. Dtsch Tierarztl Wochenschr 116:3: 121-124.
- 53 Hagag, U., Brehm, W., Ramadan, R. O., Al Mubarak, A., El Nahas, A. und Gerlach, K. (2013a): Computed Tomography and Cross-sectional Anatomy of the Normal Dromedary Camel Tarsus (One Humped Camel). Anat Histol Embryol 42(4): 266-274.
- 54 Hagag, U., Brehm, W., Ramadan, R. O., Al Mubarak, A., El Nahas, A. und Gerlach, K. (2013b): Normal Radiographic and Ultrasonographic Appearance of the Adult Dromedary Camel Tarsus (One Humped Camel). Anat Histol Embryol 42(5): 344-354.
- 55 Janis, C. M., Theodor, J. M. und Boisvert, B. (2002): Locomotor Evolution in Camels Revisited: A Quantitative Analysis of Pedal Anatomy and the Acquisition of the Pacing Gait. J Vertebr Paleontol 22(1): 110-121.
- 56 John, E. E. und Viel, L. (2018): Spontaneous resolution of bilateral congenital patellar luxation in an alpaca cria. Can Vet J 59(5): 518-520.
- 57 Johnson, L. W. (2006): The Llama and Alpaca (*Lama glama* and *Lama pacos*). In: T. O. McCracken, R. A. Kainer und T. L. Spurgeon, Spurgeon's color atlas of large animal anatomy: the essentials. Blackwell Publishing, Ames (IO) (USA): S. 89-107.
- 58 Kadwell, M., Fernandez, M., Stanley, H. F., Baldi, R., Wheeler, J. C., Rosadio, R. und Bruford, M. W. (2001): Genetic analysis reveals the wild ancestors of the llama and the alpaca. Proc R Soc Lond 268(1485): 2575-2584.
- 59 Kaneps, A. J. (1996): Orthopedic Conditions of Small Ruminants - Llama, Sheep, Goat, and Deer. Vet Clin North Am Food Anim Pract 12(1): 211-231.
- 60 Kaneps, A. J., Riebold, T. W., Schmotzer, W. B., Watrous, B. J. und Huber, M. J. (1989): Surgical correction of congenital medial patellar luxation in a llama. J Am Vet Med Assoc 194(4): 547-8.

- 61 Klimek, J. und Reppert, E. (2018): The Clinical Anatomy of Llamas and Alpacas. In: B. Singh, Dyce, Sack and Wensing's Textbook of Veterinary Anatomy. Elsevier, St. Louis (MO) (USA): S. 800-831.
- 62 König, H. E., Liebich, H.-G., Mülling, C. und Seeger, J. (2019a): Nervensystem (Systema nervosum). In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haustiere - Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis. Georg Thieme Verlag, Stuttgart (Germany). 7. Auflage: S. 513-582.
- 63 König, H. E., Liebich, H.-G. und Ruberte, J. (2019b): Organe des Herz-Kreislauf-Systems (Systema cardiovasculare). In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haustiere - Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis. Georg Thieme Verlag, Stuttgart (Germany). 7. Auflage: S. 469-498.
- 64 König, H. E., Skewes, O., Helmreich, M. und Böck, P. (2015): Macroscopic and Histological Investigation of Guanaco Footpads (*Lama guanicoe*, Müller 1776). J Morphol 276: 331-341.
- 65 Lesbre, F. X. (1903a): Recherches anatomiques sur les camélidés: anatomie du chameau a deux bosses différences entre les deux chameaux et les lamas. In: H. Georg, Archives du Muséum d'histoire naturelle de Lyon. Libraire de la faculté de médecine et de la faculté droit, Lyon (France). 8: S. 11-196.
- 66 Lesbre, F. X. (1903b): Troisième partie différences entre les chameaux et les lamas - muscles. In: H. Georg, Archives du Muséum d'histoire naturelle de Lyon: Recherches anatomiques sur les Camélidés. Anatomie du chameau à deux bosses. Différences entre les deux espèces de chameaux. Différences entre les chameaux et les lamas. Libraire de la faculté de médecine et de la faculté droit, Lyon (France). 8: S. 181-186.
- 67 Liebich, H.-G., Forstenpointner, G. und König, H. E. (2019a): Einführung und allgemeine Anatomie. In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haustiere - Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart (Germany). 7. Auflage: S. 21-72.
- 68 Liebich, H.-G., König, H. E. und Maierl, J. (2019b): Hinter- oder Beckengliedmaßen (Membra pelvina). In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haustiere - Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart (Germany). 7. Auflage: S. 241-307.
- 69 Marín, J. C., Zapata, B., Gonzalez, B. A., Bonacic, C., Wheeler, J. C., Casey, C., Bufford, M., Palma, R. E., Poulin, E., Alliende, M. A. und Spotorno, Á. E. (2007): Sistemática, taxonomía y domesticación de alpacas y llamas: nueva evidencia cromosómica y molecular. Rev Chilena Histo Nat 80: 121-140.
- 70 Márquez, S. G., Galotta, J. M. und Graziotti, G. (1994): Artrologia. In: J. M. Galotta und S. G. Márquez, Excerta Anatómica Camelidae. Fundación Camélidos Sudamericanos, Buenos Aires (Argentina): S. 21-30.
- 71 Marriott, M. R., Dart, A. J., Macpherson, C. und Hodgson, D. R. (1999): Repair of cranial cruciate ligament rupture in an alpaca. Aust Vet J 77(10): 654-655.

- 72 NAV (2017): Nomina Anatomica Veterinaria. Hannover (Germany), Ghent (Belgium), Columbia (USA), Rio de Janeiro (Brasil), Editorial Committee. 6th Edition: 160.
- 73 Newman, K. D. und Anderson, D. E. (2006): Fracture management in llamas and alpacas. *Small Rumin Res* 61: 241-258.
- 74 Nickel, R., Schummer, A. und Seiferle, E. (2004a): Nervensystem. In, *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere - Band IV Nervensystem, Sinnersorgane, Endokrine Drüsen*. Parey Verlag, Berlin (Germany). 4., unveränderte Auflage: S. 2-385.
- 75 Nickel, R., Schummer, A., Wille, K.-H. und Wilkens, H. (2004b): Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem. In: R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle, *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere - Band I Bewegungsapparat*. Parey Verlag, Stuttgart (Germany). 8., unveränderte Auflage: S. 15-272.
- 76 Nourinezhad, J., Mazaheri, Y. und Mahababy, M. K. (2011): Gross Anatomy of the Ligaments of Fetlock Joint in Dromedary Camel. *J Camel Pract Res* 18: 197-202.
- 77 O'Brien, H. D. (2017): Cranial arterial patterns of the alpaca (*Camelidae: Vicugna pacos*). *R Soc Open Sci* 4(160967).
- 78 Ortved, K. F., Krotscheck, U., Collins, S. A., Rawlinson, J. J. und Dyce, J. (2009): Cementless Total Hip Replacement in an Alpaca. *Vet Surg* 38(5): 583-587.
- 79 Pacheco Torres, V. R., Altamirano Enciso, A. und Guerra Porras, E. (1986): The Osteology of South American Camelids. Institute of Archaeology - University of California, Los Angeles (CA) (USA).
- 80 Pentecost, R. L., Niehaus, A. J. und Santschi, E. (2012): Arthroscopic approach and intraarticular anatomy of the stifle in South American camelids. *Vet Surg* 41(4): 458-64.
- 81 Perez, W. und König, H. E. (2016): Lamas und Alpakas in Uruguay. *LAMAS Frühjahr 2016*: 23-25.
- 82 Pfau, T., Hinton, E., Whitehead, C., Wiktorowicz-Conroy, A. und Hutchinson, J. R. (2011): Temporal gait parameters in the alpaca and the evolution of pacing and trotting locomotion in the Camelidae. *J Zool* 283(2011): 193-202.
- 83 Piechocki, R. und Altner, H.-J. (1998a): Grundsätze und Verfahren beim Sammeln von Wirbeltieren. In, *Makroskopische Präparationstechnik - Teil I Wirbeltiere*. Gustav Fischer Verlag, Jena (Germany). 5. überarbeitete und aktualisierte Auflage: S. 15-41.

-
- 84 Piechocki, R. und Altner, H.-J. (1998b): Herstellung von Gefäßpräparaten. In, Makroskopische Präparationstechnik - Teil I Wirbeltiere. Gustav Fischer Verlag, Jena (Germany). 5. überarbeitete und aktualisierte Auflage: S. 350-390.
- 85 Popesko, P. (2011): Band III: Becken und Gliedmaßen In: P. Popesko, Atlas der topografischen Anatomie der Hautiere. Enke Verlag, Stuttgart (Germany). 7. unveränderte Auflage: S. 1-205.
- 86 Rappersberger, G. (2018a): Einleitung. In, Lamas und Alpakas - Haltung, Zucht und Nutzungsformen. Eugen Ulmer KG, Stuttgart (Germany). 3. Auflage: S. 7-33.
- 87 Rappersberger, G. (2018b): Training. In, Lamas und Alpakas - Haltung, Zucht und Nutzungsformen. Eugen Ulmer KG, Stuttgart (Germany). 3. überarbeitete Auflage: S. 112-141.
- 88 Ray, W. M., Gustafson, S. B. und Huber, M. J. (2004): Tibial plateau leveling osteotomy in a llama with a ruptured cranial cruciate ligament. J Am Vet Med Assoc 225(11): 1739-42, 1702.
- 89 Reed, S. K., Semevolos, S. A., Newman, K. D. und Anderson, D. E. (2014): Musculoskeletal Surgery. In: C. Cebra, D. E. Anderson, A. Tibary, R. J. Van Saun und L. W. Johnson, Llama and Alpaca Care: Medicine, Surgery, Reproduction, Nutrition, and Herd Health Elsevier, St. Louis (MO) USA. 1. Edition: S. 669-690.
- 90 Reed, S. K., Semevolos, S. A., Rist, P. K. und Valentine, B. A. (2007): Morphologic and biochemical characterization of hyperextension of the metacarpophalangeal and metatarsophalangeal joints in llamas. Am J Vet Res 68(8): 879-885.
- 91 Reese, S., Budras, K.-D., Mülling, C., Bragulla, H., Hagen, J., Witter, K. und König, H. E. (2020): Allgemeine Körperdecke (Integumentum commune). In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haustiere - Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart (Germany). 7. Auflage: S. 629-680.
- 92 Rousseau, M., Anderson, D. E., Niehaus, A. J., Miesner, M. D. und Nichols, S. (2013): Osseous sequestration in alpacas and llamas: 36 cases (1999–2010). J Am Vet Med Assoc 243(3): 430-436.
- 93 Ruch, H. (2019): Interview zu den Bestandszahlen von Alpakas in Deutschland (mündliche Mitteilung). L. Degen.
- 94 Salomon, F.-V. (2020a): Bewegungsapparat. In: F.-V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, Anatomie für die Tiermedizin. Georg Thieme Verlag, Stuttgart (Germany). 4. Auflage: S. 36-249.

-
- 95 Salomon, F.-V. (2020b): Nervensystem, Systema nervosum. In: F.-V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, Anatomie für die Tiermedizin. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart (Germany). 4. Auflage: S. 487-598.
- 96 Schraml, S., Barrios Santos, W. A., Mülling, C., Bässler, C. und Hagen, J. (2021): Comparative anatomic and morphometric examination of the interosseous muscle, sesamoid ligaments and flexor tendons of the fetlock in South American camelids. *Anat Histol Embryol* 00: 1-12.
- 97 Schulz, K. L., Roush, J. K., Anderson, D. E. und Hoots, E. (2009): Total Hip Replacement in an Alpaca Using a Cementless Implant. *Vet Surg* 38(1): 92-95.
- 98 Schulz, K. S. (2011): Gelenkerkrankungen. In: T. W. Fossum, Chirurgie der Kleintiere. Elsevier, München (Germany). 2. Auflage: S. 1199-1376.
- 99 Schummer, A. und Habermehl, K.-H. (2005): Blutgefäßsystem. In: R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band III - Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane. Parey Verlag, Stuttgart (Germany). 4., unveränderte Auflage: S. 1-17.
- 100 Seiferle, E. und Frewein, J. (2004): Aktiver Bewegungsapparat, Muskelsystem, Myologia. In: R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere - Band I Bewegungsapparat. Parey Verlag, Stuttgart (Germany). 8., unveränderte Auflage: S. 273-585.
- 101 Semevolos, S. A. und Cope, R. B. (2005): Determination of the anatomic communications among compartments within the carpus, metacarpophalangeal and metatarsophalangeal joints, stifle joint, and tarsus in llama. *Am J Vet Res* 66(8): 1437-1440.
- 102 Smuts, M. M. S. und Bezuidenhout, A. J. (1987a): Anatomy of the Dromedary. Oxford University Press, Oxford (United Kingdom).
- 103 Smuts, M. M. S. und Bezuidenhout, A. J. (1987b): The Heart and the Arteries. In: M. M. S. Smuts und A. J. Bezuidenhout, Anatomy of the Dromedary. Oxford University Press, Oxford (United Kingdom): S. 142-167.
- 104 Smuts, M. M. S. und Bezuidenhout, A. J. (1987c): The Joints and Ligaments. In: M. M. S. Smuts und A. J. Bezuidenhout, Anatomy of the Dromedary. Oxford University Press, Oxford (United Kingdom): S. 48-58.
- 105 Smuts, M. M. S. und Bezuidenhout, A. J. (1987d): The Lymphatic System. In: M. M. S. Smuts und A. J. Bezuidenhout, Anatomy of the Dromedary. Oxford University Press, Oxford (United Kingdom): S. 178-181.
- 106 Smuts, M. M. S. und Bezuidenhout, A. J. (1987e): The Muscular System. In: M. M. S. Smuts und A. J. Bezuidenhout, Anatomy of the Dromedary. Oxford University Press, Oxford (United Kingdom): S. 59-104.

- 107 Smuts, M. M. S. und Bezuidenhout, A. J. (1987f): The Nervous System. In: M. M. S. Smuts und A. J. Bezuidenhout, *Anatomy of the Dromedary*. Oxford University Press, Oxford (United Kingdom): S. 182-220.
- 108 Smuts, M. M. S. und Bezuidenhout, A. J. (1987g): The Skeleton. In: M. M. S. Smuts und A. J. Bezuidenhout, *Anatomy of the Dromedary*. Oxford University Press, Oxford (United Kingdom): S. 1-47.
- 109 Smuts, M. M. S. und Bezuidenhout, A. J. (1987h): The Venous System. In: M. M. S. Smuts und A. J. Bezuidenhout, *Anatomy of the Dromedary*. Oxford University Press, Oxford (United Kingdom): S. 168-177.
- 110 Stud, A. S. und Baycherlier, P. (2007): A new Angle on Alpaca Conformation. *Alpacas Aust Autumn* 2007(52): 24-27.
- 111 Van der Sluijs, L. (2001): Locomotion and energetics of llamas and alpacas under free-ranging conditions. Georg-August-Universität, Göttingen (Germany).
- 112 Van der Sluijs, L., Gerken, M. und Preuschoft, H. (2010): Comparative analysis of walking gaits in South American camelids. *J Zool* 282: 291-299.
- 113 Van Hoogmoed, L., Snyder, J. R. und Vasseur, P. (1998): Surgical repair of patellar luxation in llamas: 7 cases (1980-1996). *J Am Vet Med Assoc* 212(6): 860-5.
- 114 Waibl, H., Wilkens, H. und Münster, W. (2005a): Arterien, Arteriae. In: R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle, *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere - Band III Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane*. Parey Verlag, Berlin (Germany). 4. unveränderte Auflage: S. 74-188.
- 115 Waibl, H., Wilkens, H. und Münster, W. (2005b): Venen, Venae. In: R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle, *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere - Band III Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane*. Parey Verlag, Berlin (Germany). 4. unveränderte Auflage: S. 189-275.
- 116 Walters, A. L., Semevolos, S. A. und Baker, R. E. (2016): Goniometric evaluation of standing extension and maximum flexion joint angles of llamas and alpacas. *Am J Vet Res* 77(9): 1000-4.
- 117 Waringo, P. (2018): Untersuchung der systematischen Anatomie der Wirbelsäule und Wirbelsäulenmuskulatur des Alpakas (*Vicugna pacos*). Ludwig-Maximilians-Universität, München (Germany).
- 118 Wheeler, J. C. (1995): Evolution and present situation of the South American Camelidae. *Biol J Linn Soc Lond* 54(3): 271-295.
- 119 Wheeler, J. C. (2012): South American camelids: past, present and future. *J Camelid Sci* 5(1): 1-24.

-
- 120 Wheeler, J. C., Chikhi, L. und Bruford, M. W. (2006): Genetic analysis of the origins of domestic south american camelids. In: M. A. Zeder, D. Bardley, E. Emshwiller und B. D. Smith, Documenting Domestication: New Genetic and Archaeological Paradigms. University of California Press, Oakland (Canada). 1st Edition: S. 329-341.
- 121 Wieland, M., Schebsdat, C. und Rentsch, J. (2018): Beckengliedmaße. In: M. Wieland, C. Schebsdat und J. Rentsch, Bewegungsapparat Pferd - Praxisbezogene Anatomie und Biomechanik. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart (Germany). 2., aktualisierte Auflage: S. 104-146.
- 122 Wittek, K., Bockstahler, B., Vannini, R., Reicher, B. M., M. und Maierl, J. (2019): Behandlungspläne. In: B. Bockstahler, K. Wittek, D. Levine, J. Maierl und D. Millis, Physikalische Medizin, Rehabilitation und Sportmedizin auf den Punkt gebracht - Ein Leitfaden für die Kleintierpraxis. VBS GmbH, Babenhausen (Germany). 1. Auflage: S. 381-602.
- 123 Zanolari, P., Gauly, M. und Cebra, C. (2019): Krankheiten. In: M. Gauly, J. Vaughan und C. Cebra, Neuweltkameliden - Haltung, Zucht, Erkrankungen. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart (Germany). 4. aktualisierte und erweiterte Auflage: S. 134-222.
- 124 Zanolari, P., Tschudi, M., Rytz, U. und Steiner, A. (2002): Treatment of temporary upward fixation of the patella in an alpaca by abrasion trochleoplasty and imbrication of the medial retinacular fascia. Vet Rec 150: 752-4.
- 125 Zanolari, P., Zulauf, M., Nitzl, D., Ueltschi, G. und Steiner, A. (2003): Offene Schrägfraktur von Metatarsus III/IV und interne Fixation bei einem Alpaka. Schweiz Arch Tierh 145(8): 378-385.

9 Abbildungsverzeichnis

<i>Abb. 1: Klassifizierung des Alpakas und der Neuweltkameliden (modifiziert nach BÖGER und FINKENZELLER (2016) und FOWLER (2010c)).</i>	4
<i>Abb. 2: Schemazeichnung der rechten Beckengliedmaße eines Alpakas (modifiziert nach JOHNSON (2006)).</i>	8
<i>Abb. 3: Schemazeichnung der besonderen Venen beim Lama nach Graziotti (modifiziert nach GRAZIOTTI et al. (1999)).</i>	46
<i>Abb. 4: Schematische Darstellung des physiologischen Exterieurs des Alpakas an Hand dreier Rechtecke (FOWLER, 2010b).</i>	48
<i>Abb. 5: Schematische Darstellung der optimale Proportionen und der Gelenkwinkelungen des Alpakas (STUD und BAYCHERLIER, 2007).</i>	50
<i>Abb. 6: lateromediale Röntgenaufnahme der mit Latexmilch und BaSO₄ injizierten Arterien des linken Oberschenkels eines 17 Jahre alten Huacaya-Hengstes.</i>	61
<i>Abb. 7: Ventrodorsale Röntgenaufnahme der Kreuz-Darmbein-Gelenke eines 19 Tage alten Huacaya-Hengstes (A) und eines 14 Jahre alten Huacaya-Wallachs (B), Beckenhöhlenorgane entfernt.</i>	63
<i>Abb. 8: Ventrodorsale Röntgenaufnahme des rechten Kreuz-Darmbein-Gelenks eines 19 Tage alten Huacaya-Hengstes (A) und eines 14 Jahre alten Huacaya-Wallachs (B), Beckenhöhlenorgane entfernt (Ausschnitt aus Abb. 6).</i>	64
<i>Abb. 9: Knöcherne Grundlage des rechten Iliosakralgelenks einer 4 Jahre alten Huacaya-Stute.</i>	65
<i>Abb. 10: Gliedmaßen-Querschnitt des rechten Kreuz-Darmbeingelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs, Ansicht von kranial.</i>	67
<i>Abb. 11: Mediolaterale Röntgenaufnahme des linken Hüftgelenks eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes mit Wachstumsfugen (A) und einer 13 Jahre alten Huacaya-Stute (B, leicht verkippt), Beckenhöhlenorgane entfernt.</i>	68
<i>Abb. 12: Knöcherne Grundlage des rechten Hüftgelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs.</i>	70
<i>Abb. 13: Muskulatur des rechten Oberschenkels eines 19 Tage alten Huacaya-Hengstes; Ansicht von lateral (Fascia lata und Fersenstrang des M. glutaebiceps entfernt).</i>	73
<i>Abb. 14: Muskulatur am rechten Oberschenkel eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes; Ansicht von medial (mediale Oberschenkelfaszie teilweise entfernt).</i>	74

<i>Abb. 15: Acetabulum des rechten Hüftgelenks einer 16 Jahre alten Suri-Stute; Ansicht von ventrolateral:</i>	76
<i>Abb. 16: Gliedmaßen-Querschnitt des rechten Hüftgelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs Ansicht von distal:</i>	78
<i>Abb. 17: Mediolaterale Röntgenaufnahme des linken Kniegelenks eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes mit Wachstumsfugen (A) und einer 16 Jahre alten Suri-Stute (B):</i> ..	79
<i>Abb. 18: Knöcherne Grundlage des rechten Kniekehlgelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs:</i>	81
<i>Abb. 19: Rechte Patella eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs:</i>	82
<i>Abb. 20: M. quadriceps femoris des rechten Oberschenkels einer 16 Jahre alten Suri-Stute, Ansicht von kranial, M. vastus lateralis, M. rectus femoris u. M. vastus medialis des M. quadriceps femoris durchtrennt und abgeklappt; M. glutaebiceps und M. semimembranosus teilweise entfernt:</i>	83
<i>Abb. 21: Rechtes Kniegelenk eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs, Ansicht von kranial (gemeinsame Ursprungssehne des M. extensor digitorum longus und M. fibularis tertius durchtrennt und abgeklappt bzw. aus Sulcus extensorius entfernt; Patella mit Lig. patellae nach distal umgeklappt):</i>	85
<i>Abb. 22: Distaler Abschnitt des rechten Kniegelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs:</i>	86
<i>Abb. 23: Kaudale Ansicht eines rechten Kniegelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs (M. gastrocnemius durchtrennt; M. popliteus durchtrennt und nach proximal geklappt, Reste gelber Latexmilch von der Gelenksinjektion):</i>	87
<i>Abb. 24: Laterale Ansicht des rechten Kniegelenks einer 1 Tag alten Huacaya-Stute, Endsehne des M. glutaebiceps gefenstertert:</i>	88
<i>Abb. 25: Rechtes Kniegelenk eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes; Ansicht von kraniomedial:</i>	89
<i>Abb. 26: Rechtes Kniegelenk eines ca. 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs, Ansicht von lateral, M. glutaebiceps durchtrennt und nach kranial geklappt, Lig. collaterale laterale entfernt, Gelenkhöhle mit gelber Latexmilch gefüllt, Arterien mit roter Latexmilch injiziert:</i>	91
<i>Abb. 27: Gliedmaßen-Querschnitt des linken proximalen Kniegelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs, Ansicht von proximal:</i>	93

- Abb. 28: Mittelfuß- und Zehenknochen der rechten Beckengliedmaße eines 18 Jahre alten Suri-Hengstes, Ansicht von dorsal:..... 94
- Abb. 29: Dorsoplantare Röntgenaufnahme des linken Tarsalgelenks eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes mit Wachstumsfugen (A) und einer 13 Jahre alten Huacaya-Stute (B):..... 95
- Abb. 30: Knochen des rechten Tarsalgelenks eines ca. 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs, Ansicht von lateral (A), kranial (B), medial (C) und kaudal (D):..... 97
- Abb. 31: Rechtes Tarsalgelenk einer 19 Tage alten Huacaya-Stute; Ansicht von dorsal:..... 98
- Abb. 32: Muskulatur des rechten Unterschenkels einer 19 Tage alten Huacaya-Stute, Ansicht von lateral; Fersenstrang des *M. glutaebiceps* entfernt:..... 99
- Abb. 33: Rechtes Tarsalgelenk einer 19 Tage alten Huacaya-Stute, Ansicht von lateral:... 100
- Abb. 34: Rechtes Tarsalgelenk einer 16 Jahre alten Suri-Stute; Ansicht von medial; Gefäße, proximaler und distaler Recessus des Tarsalgelenks mit Latexmilch gefüllt (*M. quadratus plantae* und Erweiterung des medialen Schenkels des *Lig. plantare longum* entfernt): 101
- Abb. 35: Gliedmaßen-Querschnitt des rechten proximalen Tarsalgelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs Ansicht von proximal: 103
- Abb. 36: Aufsicht auf die *Facies articularis tarsea* des *Os metatarsale III et IV* der rechten Gliedmaße eines 18 Jahre alten Suri-Hengstes: 104
- Abb. 37: Knöcherne Grundlage der rechten Zehengrundgelenke eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs: 105
- Abb. 38: *M. flexor digitorum superficialis* an der rechten Beckengliedmaße eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes; Ansicht von lateral (*M. glutaebiceps* und *M. gastrocnemius* entfernt):..... 107
- Abb. 39: *M. flexor digitorum profundus* an der rechten Beckengliedmaße eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes; Ansicht von kaudal (*M. gastrocnemius* und *M. flexor digitorum superficialis* entfernt): 108
- Abb. 40: Rechtes Tarsalgelenk einer 20 Jahre alten Huacaya-Stute; Ansicht von plantomedial; Gefäße und Gelenkhöhle des Tarsalgelenks mit Latexmilch gefüllt (oberflächliche Beugesehne und medialer Schenkel des *Lig. plantare longum* entfernt): 109
- Abb. 41: Rechtes Fesselgelenk einer 1 Tag alten Huacaya-Stute; Ansicht von plantar:..... 110
- Abb. 42: Rechtes Fesselgelenk einer 16 Jahre alten Suri-Stute; Ansicht von plantar (Gelenk überstreckt; *M. interosseus* vom Metatarsus abgelöst und nach distal umgeklappt):... 112

- Abb. 43: Gliedmaßen-Querschnitt des rechten proximalen Fesselgelenks eines 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs; Ansicht von proximal: 114
- Abb. 44: Dorsoplantare Röntgenaufnahme der rechten Zehengelenke eines 1 Tag alten Huacaya-Hengstes mit Wachstumsfugen (A) und eines 14 Jahre alten Huacaya-Wallachs (B):..... 115
- Abb. 45: Plexus lumbosacralis (ohne Nn. iliohypogastrici cranialis et caudalis, N. ilioinguinalis und N. genitofemoralis) der rechten Beckengliedmaße eines ca. 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs, Ansicht von medial:..... 117
- Abb. 46: N. ischiadicus der rechten Beckengliedmaße eines ca. 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs, Ansicht von lateral; Glutäalanteil des M. glutaebiceps (M. gluteus superficialis) durchtrennt und abgeklappt; M. gluteus medius, M. tensor fasciae latae, Bizepsanteil des M. glutaebiceps (M. biceps femoris) und M. semitendinosus bis auf Stümpfe entfernt:..... 120
- Abb. 47: Arterienbaum der rechten Beckengliedmaße einer 1 Tag alten Huacaya-Stute, Ansicht von medial: 124
- Abb. 48: Arterien proximal am Oberschenkel eines ca. 17 Jahre alten Huacaya-Wallachs, Ansicht von medial, mediale Oberschenkelmuskeln bis auf Stümpfe entfernt:..... 125
- Abb. 49: Schemazeichnung der Arterien der rechten Beckengliedmaße; Ansicht von medial: 128
- Abb. 50: Venen am Unterschenkel einer 20 Jahre alten Huacaya-Stute; Ansicht von medial (mediale Oberschenkelmuskulatur, Hinterbackenmuskulatur, M. quadriceps bis auf Anteile des M. vastus medialis und das Caput mediale des M. gastrocnemius entfernt): 131
- Abb. 51: Venen am Oberschenkel einer 20 Jahre alten Huacaya-Stute; Ansicht von medial; Gefäße mit Latexmilch gefüllt (mediale Oberschenkelmuskulatur, Hinterbackenmuskulatur, M. quadriceps bis auf Anteile des M. vastus medialis und das Caput mediale des M. gastrocnemius entfernt): 132
- Abb. 52: Schemazeichnung der Venen der rechten Beckengliedmaße; Ansicht von medial: 133
- Abb. 53: Empfohlene Einstichstelle für die Punktion des Hüftgelenks; Rechtes Hüftgelenk eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes; Ansicht von lateral; A: Muskelpräparat; B: Muskelpräparat mit korrelierender Röntgenaufnahme: 145
- Abb. 54: Schemazeichnung der Verspannung der Patella am rechten Kniegelenk; Ansicht von proximal (Zeichnungen: Hannah Schmidt) 150

-
- Abb. 55: Empfohlene Einstichstelle für die Punktion des Kniegelenks; Rechtes Kniegelenk eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes; Ansicht von lateral; A: Muskelpräparat; B: Muskelpräparat und korrelierende Röntgenaufnahme:..... 153*
- Abb. 56: Empfohlene Einstichstellen für die Punktion des Sprunggelenks; Rechtes Sprunggelenk eines 3 Monate alten Huacaya-Hengstes; Ansicht von dorsal; A: Muskelpräparat; B: Muskelpräparat und korrelierende Röntgenaufnahme:..... 157*
- Abb. 57: Empfohlene Einstichstellen für die Punktion der Zehengelenke an der rechten Schultergliedmaße einer ein Tag alten Huacaya-Stute; Ansicht von dorsal (GÖTZ, 2019):
..... 161*

10 Tabellenverzeichnis

<i>Tab. 1: Liste der verwendeten Tiere (n=12)</i>	<i>55</i>
<i>Tab. 2: Latexmilchmengen in den Arterien (n=8) * = zusätzlich BaSO₄.....</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 3: Latexmilchmengen in den Venen (n=4) * = zusätzlich BaSO₄.....</i>	<i>58</i>
<i>Tab. 4: Latexmilchmengen zur Darstellung der Gelenkaussackungen (n = 6).....</i>	<i>59</i>
<i>Tab. 5: Projektionsrichtungen der einzelnen Röntgenaufnahmen</i>	<i>60</i>
<i>Tab. 6: Lagerung bei den Röntgenaufnahmen.....</i>	<i>60</i>

11 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei all jenen bedanken, die bei der Entstehung dieser Arbeit mitgewirkt und mich unterstützt haben.

Als erstes möchte ich mich bei meinem Doktorvater Prof. Dr. Johann Maierl für die Überlassung dieses interessanten Dissertationsthemas bedanken. Seine umfangreiche Betreuung in Kombination mit fachlicher Kompetenz, Ratschlägen und Denkanstößen während dieser Zeit waren immer wieder eine große Hilfe und haben mich bei der Bearbeitung dieses Themas stets weitergebracht.

Ein besonderer Dank gilt ebenfalls den Mitarbeitern des Lehrstuhls für Anatomie, Histologie und Embryologie, die mir mit Tipps und guten Ratschlägen zur Seite gestanden haben. Besonders möchte ich an dieser Stelle Silvia Mitterer und Sigfried Hecher hervorheben, die immer ein offenes Ohr hatten und mit Fragen rund um die praktische Arbeit an den Präparaten stets geholfen haben. Silvia Mitterer gilt ein zusätzlicher Dank für das Korrekturlesen. An dieser Stelle auch Danke an Hannah Schmidt, die mir geduldig die Schemazeichnungen für das Kniegelenk erstellt hat.

Weiterhin möchte ich mich bei Dr. Ilona Gunsser sowie den Mitarbeitern der Klinik für Wiederkäuer der LMU in Oberschleißheim für die Vermittlung verstorbener Alpakas und die Herstellung der Kontakte zu den Tierbesitzern bedanken. Vielen Dank an alle Tierbesitzer, die uns ihre Tiere überlassen haben und dadurch erst diese Studie und die meiner Mitdoktoranden ermöglicht haben.

Dr. Ilona Gunsser gilt zudem ein besonderer Dank, da sie uns Doktoranden sehr geholfen hat, unsere Arbeiten mit der tierärztlichen Praxis zu verbinden und uns immer wieder mit Anregungen und Erfahrungen aus der Praxis in Bezug auf Neuweltkameliden zur Seite stand. Vielen lieben Dank für die Besuche auf den Höfen und die anregenden Gespräche.

Bedanken möchte ich auch bei der chirurgischen Abteilung der Pferdlinik der LMU München, insbesondere bei Tobias Geiger und Kerstin Ackermann, die mir bei der Anfertigung der Röntgenaufnahmen geholfen haben.

Meinen Mitdoktoranden Henrike Stein, Lisa Degen, Annika Götz und Victoria Hautmann danke ich herzlichst für die unzähligen gemeinsamen Stunden beim Präparieren und für die

gegenseitige Hilfe. Ihr wart stets für mich da und wir haben uns gegenseitig und gemeinsam durch die Doktorandenzeit getragen.

Meinen Freunden und meiner Familie möchte ich für die vielen Gespräche, aufmunternden Worte und den Beistand während der gesamten Zeit herzlichst danken. Besonders hervorheben möchte ich an dieser Stelle Oliver Eitschberger und Kim Seesemann, die mich zusätzlich noch durch Korrekturlesen sehr unterstützt haben.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinem wundervollen Freund Daniel Hundhammer bedanken, der immer geduldig für mich da ist, mich unterstützt und stets in meinem Vorhaben bestärkt hat.