

Diplomarbeit

Geschlechtsspezifische anatomische Unterschiede am menschlichen Kniegelenk: Beurteilung des Patellarsehnenquotienten

eingereicht von
Harald Kreuzthaler

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie

unter der Anleitung von

**Assoz. Prof. PD Dr. med. univ. Patrick Sadoghi
Dr. med. univ. Gloria Hohenberger
Dr. med. univ. Ines Vielgut**

Graz, 22.03.2018

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, keine anderen als die angegebenen Quellen verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche gekennzeichnet habe.

Graz, am 22.03.2018

Harald Kreuzthaler eh

Inhaltsverzeichnis

1 Abstract	3
1.1 Background	3
1.2 Material and methods	3
1.3 Results	4
1.4 Conclusion	4
2 Zusammenfassung	5
2.1 Hintergrund	5
2.2 Material und Methoden	5
2.3 Ergebnisse	6
2.4 Zusammenfassung	6
3 Einführung	7
4 Anatomie des Kniegelenks	9
4.1 Knöcherne Anteile	9
4.1.1 Das Femur	9
4.1.2 Die Patella	10
4.1.2.1 Anatomie	10
4.1.2.2 Funktion	10
4.1.3 Die Tibia	11

4.2	Muskuläre Anteile.....	12
4.2.1	Strecker des Kniegelenks	12
4.2.1.1	Musculus quadriceps femoris.....	12
4.2.1.1.1	Musculus rectus femoris	13
4.2.1.1.2	Musculus vastus medialis	13
4.2.1.1.3	Musculus vastus lateralis	13
4.2.1.1.4	Musculus vastus intermedius.....	14
4.2.2	Beuger des Kniegelenks.....	14
4.2.2.1	Musculus biceps femoris	14
4.2.2.2	Musculus gracilis.....	15
4.2.2.3	Musculus semitendinosus	15
4.2.2.4	Musculus semimembranosus.....	16
4.2.2.5	Musculus sartorius	17
4.2.2.6	Musculus popliteus.....	17
4.3	Ligamentäre Anteile	18
4.3.1	Ligamenta collateralia.....	18
4.3.1.1	Ligamentum collaterale tibiale.....	18
4.3.1.2	Ligamentum collaterale fibulare	19
4.3.1.3	Funktion	19
4.3.2	Ligamenta cruciata	20

4.3.2.1	Anatomie	20
4.3.2.2	Ligamentum cruciatum anterius	20
4.3.2.3	Ligamentum cruciatum posterius	20
4.3.2.4	Funktion der Kreuzbänder.....	21
4.3.3	Ligamentum popliteum obliquum	21
4.3.4	Ligamentum popliteum arcuatum.....	21
4.3.5	Longitudinale Retinacula patellae	24
4.3.6	Transversale Retinacula patellae.....	24
4.3.7	Menisci	24
4.3.7.1	Anatomie	24
4.3.7.2	Meniscus medialis.....	26
4.3.7.3	Meniscus lateralis.....	26
4.3.7.4	Funktion	26
4.4	Bursae und Recessus	27
4.4.1	Bursa suprapatellaris	27
4.4.2	Bursa musculi semimembranosi.....	27
4.4.3	Bursa subtendinea musculi gastrocnemii medialis	27
4.4.4	Bursa infrapatellaris (subcutanea, profunda)	28
4.4.5	Bursae preaepatellares (subcutanea, subfascialis, subtendinea)	28
4.4.6	Recessus subpopliteus	28

4.5	Capsula articularis.....	29
4.5.1	Stratum fibrosum	29
4.5.2	Stratum synoviale	29
4.6	Patellarsehne	30
4.6.1	Anatomie	30
4.6.2	Funktion.....	30
4.6.3	Patellarsehnenreflex.....	30
4.7	Blutversorgung des Kniegelenks.....	31
4.8	Bewegungen im Kniegelenk.....	31
4.8.1	Flexion	32
4.8.2	Extension.....	32
4.8.3	Rotation	32
4.8.3.1	Schlussrotation.....	33
5	Material und Methoden	34
5.1	Verwendete Extremitäten.....	34
5.2	Präparation und Datenerhebung	34
5.2.1	Vermessung der Patellarsehnenlänge.....	35
5.2.2	Vermessung der Femurlänge	35
5.2.3	Vermessung der Tibialänge	35
5.2.4	Messung des Q-Winkels.....	38

5.3	Datenanalyse	38
5.4	Literaturrecherche	39
6	Ergebnisse	40
6.1	Deskriptive Statistik.....	40
6.1.1	Korrelationen der Patellarsehnenlänge.....	44
6.1.2	Zusammenhang zwischen Q-Winkel und anderen Messgrößen	44
7	Diskussion.....	45
8	Literaturverzeichnis	49
9	Abbildungsverzeichnis.....	52
10	Tabellenverzeichnis	53

Abkürzungsverzeichnis

FL	Femurlänge/femoral length
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
TL	Tibiallänge/tibial length
TLL	Gesamte Beinlänge/total leg length
PTL	Patellarsehnenlänge/patellar tendon length
Q-Winkel/angle	Quadrizeps-Winkel/quadriceps-angle

Danksagung

Zu aller erst möchte ich mich bei Herrn Assoz. Prof. PD Dr.med.univ. Patrick Sadoghi für die Betreuung und die Hilfe bei der Findung des Themas recht herzlich bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr.med.univ. Gloria Hohenberger. Sie hatte für meine Anliegen stets ein offenes Ohr und half mir jederzeit mit fachlicher Kompetenz und Engagement bei der Lösung von Problemen. Es ist wirklich ein Privileg das ich sehr zu schätzen weiß, eine so engagierte und motivierte Betreuerin zu haben. Weiters möchte ich mich ganz besonders für die Anfertigung der Abbildungen bedanken.

Auch bei Frau Dr.med.univ. Ines Vielgut möchte ich mich recht herzlich für die Betreuung bedanken.

Ein weiterer Dank gilt Herrn Dr.med.univ. Manuel Dreu für die Hilfe bei der Datenerhebung am Institut für makroskopische und klinische Anatomie Graz.

Frau Sen.Scientist Dipl.-Ing. Dr. Regina Riedl gilt ein herzlicher Dank für die statistische Auswertung der Ergebnisse.

Besonders möchte ich mich auch bei meinen Eltern und bei meiner gesamten Familie bedanken, die mir in stressigen Zeiten immer den Rücken stärken und immer für mich da sind.

Ein weiterer Dank gilt den Personen, die ihre Körper der Wissenschaft zur Verfügung gestellt haben. Ohne diese wäre die Studie niemals möglich gewesen.

1 Abstract

1.1 Background

Two to three percent of all knee injuries are patellar dislocations. Patellar stability is mainly guaranteed by the patellar tendon. The intention of the study was to anatomically evaluate the patellar tendon length (PTL) with focus on gender differences and possible correlations with the total leg length (TLL) and the long bones of the lower extremity. The hypothesis was that there is a correlation between the patellar tendon length and patients' height and gender.

1.2 Material and methods

We had 50 pairs of lower extremities involved in our study. The TLL was measured between the medial malleolus and the apex of the greater trochanter. The femoral length (FL) was evaluated as the interval between the latter and the distal margin of the lateral epicondyle of the femur. The tibial length (TL) was measured from the distal apex of the medial malleolus to the proximal border of the medial condyle of the tibia. The PTL was measured from the apex of the patella to its proximal insertion point at the tibial tuberosity. We also measured the quadriceps(Q)-angle.

1.3 Results

The PTL was at a mean length of 4.29 cm (right side) and 4.20 (left side) in females and 4.42 cm (right) and 4.32 cm (left) in males. There were no differences regarding gender ($p = .412$). The left PTL was significantly shorter in both sexes ($p = .022$). The PTL correlated positively with FL, TL, and TLL in both sexes and sides. The Q-angle did not correlate significantly with PTL, TL, and body size.

1.4 Conclusion

Our study showed that the length of the patellar tendon significantly correlates with the height of the patients, but not with their gender. For that reason, it is necessary to consider the impact of a patient's anatomy and height when performing surgical interventions regarding patellofemoral instabilities. There is no need to take the gender into account.

2 Zusammenfassung

2.1 Hintergrund

Patellaluxationen betragen 2-3% aller Knieverletzungen. Die Patellarsehne trägt elementar zur Stabilität der Patella bei. Das Ziel dieser Studie war es, die Anatomie der Patella zu beleuchten und die Patellarsehnenlänge (PTL) in Bezug auf genderspezifische Unterschiede und mögliche Korrelationen mit anderen Größen, wie zum Beispiel der gesamten Beinlänge (TLL), der Femurlänge (FL) und der Tibialänge (TL), aufzuzeigen. Die Hypothese war, dass die PTL mit der Größe und dem Geschlecht der Patientinnen und Patienten korreliert.

2.2 Material und Methoden

Fünzig paarige untere Extremitäten, konserviert nach der Methode von Thiel, wurden in die Studie eingeschlossen. Die TLL wurde zwischen dem Malleolus medialis und der Spitze des Trochanter major femoris gemessen. Die FL wurde als Abstand zwischen der Spitze des Trochanter major femoris und dem Epicondylus lateralis femoris festgesetzt. Die TL wurde vom Malleolus medialis bis zu einer Markierung zwischen dem Meniscus medialis und der Facies articularis superior tibiae gemessen. Weiters wurde der Quadrizeps(Q)-Winkel bestimmt.

2.3 Ergebnisse

Die Länge der PTL belief sich in der weiblichen Gruppe auf einen Mittelwert von 4,29 cm rechts und 4,20 cm links. Bei den Männern betrug der Mittelwert rechts 4,42 cm und links 4,32 cm. Es konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich des Geschlechts festgestellt werden ($p= 0,412$). Die linke Patellarsehne war signifikant kürzer bei beiden Geschlechtern ($p= 0,022$), jedoch ohne klinische Relevanz. Die PTL korrelierte positiv mit FL, TL und der TLL bei beiden Geschlechtern. Für den Q-Winkel konnten keine signifikanten Zusammenhänge gefunden werden.

2.4 Zusammenfassung

Die Patellarsehnenlänge korreliert mit der Körperlänge unabhängig vom Geschlecht. Bei chirurgischen Eingriffen im Bereich des Patellofemoralgelenks sollte zukünftig der Anatomie und Größe der Patientin bzw. des Patienten mehr Beachtung geschenkt werden, auf das Geschlecht muss keine Rücksicht genommen werden.

3 Einführung

Patellaluxationen machen 2-3% aller Knieverletzungen aus und gelten als die zweithäufigste Ursache von Gonarthrosen. [1, 2] Die Rezidivrate beträgt bei konservativer Behandlung 15-44%. [3]

Nach einer stattgehabten Patellaluxation können lediglich 55% der Patientinnen und Patienten ihre vor der Verletzung betriebenen sportlichen Aktivitäten wieder aufnehmen. [4] Verschiedenste Faktoren wie zum Beispiel eine Patella alta, eine abnormale Patella Morphologie, kondyläre Dysplasie, Trochleadysplasie, generelle Hyperlaxität, vergrößerte femorale Anteversion, Hypoplasie des Vastus medialis und ein vergrößerter Quadrizeps(Q)-Winkel in Kombination mit einer Lateralisierung der Tuberositas tibiae tragen zur erhöhten Gefahr bei, eine Patellaluxation zu erleiden. [2, 5] Längerfristig gesehen könnten diese Aspekte eine Rolle bei anteriorem Knieschmerz und Arthrose des Patellofemoralgelenks spielen. [2, 3]

Das Hochrisikoalter für Patellaluxationen liegt zwischen 10 und 17 Jahren. Frauen sind um 33% häufiger betroffen als Männer. [3, 6] Weiters lässt sich feststellen, dass Personen mit anamnestisch erhebbarer Patellarinstabilität häufiger weiblich sind und zu rezidivierenden Patellaluxationen neigen. [1] Diese Tatsache könnte auf genderspezifische Unterschiede in den Kontaktbereichen und mechanischen Druckunterschieden des Femoropatellargelenks zurückzuführen sein. [7] Die Biomechanik des Patellofemoralgelenks wird maßgeblich von der Patellarsehne beeinflusst. [8, 9] Gemeinsam mit der Quadrizepssehne bildet die Patellarsehne einen starken, nach posterior gerichteten Kraftvektor, der bei Flexion des Kniegelenks hauptverantwortlich für die patellare Stabilität ist. [4] Bislang gibt es keine Literatur, die sich mit genderspezifischen Unterschieden und Korrelationen der Patellarsehnenlänge mit anderen Größen der unteren Extremität detailliert beschäftigt. Das Wissen um eben Genanntes könnte sich als nützlich für sowohl

konservatives als auch operatives Vorgehen im Bereich des Patellofemoralgelenks erweisen.

Das Ziel dieser Studie war es, eine anatomische Aufarbeitung der Patellarsehne unter genauer Berücksichtigung der genderspezifischen Unterschiede und Korrelationen mit anderen Größen der unteren Extremität zu liefern.

Die Hypothese lautete, dass genderspezifische Unterschiede bezüglich Länge der Patellarsehne und Q-Winkel existieren, die einen Einfluss auf künftige Operationen im Bereich des Patellofemoralgelenks haben.

4 Anatomie des Kniegelenks

4.1 Knöcherne Anteile

Das Kniegelenk gilt als das größte und am komplexesten strukturierte Gelenk des menschlichen Körpers. Seine knöchernen Komponenten sind das Femur, die Tibia und die Patella. Es wird in drei Teilgelenke untergliedert, welche das mediale Femorotibialgelenk, das laterale Femorotibialgelenk und das Femoropatellargelenk sind. [10, 11, 12] Als mediales Femorotibialgelenk wird die Artikulation zwischen den medialen Kondylen von Femur und Tibia bezeichnet. Das laterale Femorotibialgelenk entsteht zwischen den lateralen Kondylen von Femur und Tibia. Zwischen der Patella und ihrer Führungsrinne im Femur befindet sich das Femoropatellargelenk. [11, 12]

4.1.1 Das Femur

Das Femur gilt mit 40-50 cm Länge als der größte, längste und stärkste Röhrenknochen des menschlichen Skeletts. [11, 12, 13]

An der Bildung des knöchernen Kniegelenks ist lediglich der distale Teil des Femurs beteiligt, welcher aus zwei Rollen oder Knorren besteht, welche jedoch nicht kreisförmig, sondern spiralig gekrümmt sind. Diese werden Condylus medialis und Condylus lateralis genannt. In deren Krümmungsmittelpunkt entspringt jeweils ein Knochenhöcker, der sogenannte Epicondylus medialis beziehungsweise lateralis. Diese dienen als Ursprung der Seitenbänder. Zwischen Condylus medialis und Condylus lateralis befindet sich die Fossa intercondylaris,

die proximal von der Linea intercondylaris begrenzt wird und die beiden Kreuzbänder aufnimmt. [11, 12, 13]

Das distale Ende des Femurs weist drei Gelenkflächen auf. An seiner Vorderseite befindet sich die überknorpelte Facies patellaris, eine asymmetrische, sattelförmig gebogene Fläche, welche das Gleiten der Patella am Femur ermöglicht. Gebildet wird diese durch das Zusammenlaufen der Femurcondylen. Zwei weitere Gelenkflächen zur Artikulation mit der Tibia befinden sich auf dem Condylus medialis und lateralis. [11, 12, 13]

4.1.2 Die Patella

4.1.2.1 Anatomie

Die Patella ist ein flacher Knochen, welcher im Querschnitt annähernd keilförmig imponiert. Während die Basis patellae nach proximal weist, ist der Apex patellae nach distal gerichtet. In die Ansatzsehne des Musculus quadriceps femoris eingelagert fungiert die Patella als Sesambein derselbigen. Die Rückseite der Patella, die sogenannte Facies articularis setzt sich aus einer größeren lateralen Gelenkfacette und einer kleineren medialen Gelenkfacette zusammen, welche durch eine abgeflachte Leiste getrennt werden. Die überknorpelte Facies articularis artikuliert mit der Facies patellaris des Femurs. [10, 11, 12, 13]

4.1.2.2 Funktion

Die Patella ist an der Bildung des Kniegelenks beteiligt, ohne direkten Einfluss auf die Gelenkmechanik zu nehmen. Da die Patella in den Streckapparat eingelagert ist, wird sie bei zunehmend gebeugtem Gelenk immer stärker an die femorale

Gelenkfläche gepresst. Bei gestrecktem oder nur leicht gebeugtem Knie wirkt der Druck auf das Femur eher tangential und ist somit gering. [10]

Durch den Knorpelüberzug der Patella wird die Reibung zwischen Sehne und Knochen verhindert. Weiters führt die Patella die Sehne durch das Gleiten in der Facies patellaris des Femurs und verhindert somit zusammen mit den Haltebändern deren seitliches Abgleiten. Durch das Abheben der Sehne durch die Patella wird auch das Drehmoment des Musculus quadriceps femoris erhöht. [10, 11, 12]

4.1.3 Die Tibia

Die Tibia fungiert als tragender Knochen des Unterschenkels. Die Länge dieses Röhrenknochens beträgt im Durchschnitt zwischen 30 und 40 cm. [10, 12]

Der proximale Teil der Tibia, das Caput tibiae, welches dem Corpus tibiae aufgesetzt ist verläuft seitlich in die Schienbeinknollen. Diese werden Condylus medialis und lateralis genannt und tragen die überknorpelten Gelenkflächen, die Facies articulares superiores, welche den Femurkondylen recht flach gegenüberstehen. Zwischen den Facies articulares superiores befindet sich die Eminentia intercondylaris mit zwei stumpfen Höckern, welche Tuberculum intercondylare mediale und Tuberculum intercondylare laterale genannt werden. Ventral und dorsal der Eminentia intercondylaris befinden sich die Area intercondylaris anterior und posterior, welche als aufgeraute Vertiefungen imponieren. Die Tuberositas tibiae befindet sich an der proximalen Vorderfläche der Tibia und läuft nach distal in die vordere Schienbeinkante aus. [11, 12]

4.2 Muskuläre Anteile

Die in die Bewegung des Kniegelenks involvierten Muskeln werden nach ihren Hauptbewegungen in Strecker und Beuger unterteilt. [10, 11, 12]

4.2.1 Strecker des Kniegelenks

4.2.1.1 *Musculus quadriceps femoris*

Der *Musculus quadriceps femoris* nimmt den größten Teil der Vorderseite des Oberschenkels ein. [10, 12] Er ist der einzige Strecker des Kniegelenks und besteht aus vier Köpfen. Diese ziehen mit einer gemeinsamen Sehne über die Patella und setzen über das *Ligamentum patellae* an der *Tuberositas tibiae* an. [10, 13]

Die Innervation des Muskels wird vom *Nervus femoralis* übernommen. [11, 12] Die Blutversorgung wird über die *Arteria circumflexa femoris lateralis* und die *Rami perforantes* der *Arteria profunda femoris* sichergestellt. [12]

Funktionell dient der *Musculus quadriceps femoris* der Extension im Kniegelenk und übernimmt somit die Funktion als Haltemuskel beim Gehen und Stehen. [10, 11, 12] Die Patella fungiert in die Sehne eingelagert als Sesambein. Sie vergrößert den Abstand zur transversalen Streckachse des Kniegelenks und sorgt so für eine Vergrößerung des Drehmoments. [10, 12] Durch den hohen Ursprung des *Musculus rectus femoris* wirkt er zusätzlich als Flexor im Hüftgelenk und zählt somit zu den zweigelenkigen Muskeln. [10, 12]

4.2.1.1.1 Musculus rectus femoris

Der Musculus rectus femoris besteht seinerseits wiederum aus zwei Köpfen, dem Caput rectum und dem Caput reflexum. Das Caput rectum hat seinen Ursprung an der Spina iliaca anterior inferior, wohingegen das Caput reflexum von der Fossa supraacetabularis entspringt. Der Ansatz des Muskels befindet sich im zentralen Teil der Basis patellae und in weiterer Folge über das Ligamentum patellae an der Tuberositas tibiae. [10, 11, 12, 13]

4.2.1.1.2 Musculus vastus medialis

Der Ursprung des Musculus vastus medialis erstreckt sich über die Linea intertrochanterica, das Labium mediale der Linea aspera femoris, die Linea supracondylaris medialis und die Sehnen der Musculi adductores longus und magnus. Der Muskel setzt am medialen Rand der Patella und weiterführend über das Ligamentum patellae an der Tuberositas tibiae an. [10, 11, 12, 13]

4.2.1.1.3 Musculus vastus lateralis

Die Ursprungspunkte des Musculus vastus lateralis befinden sich an der Linea intertrochanterica, dem Trochanter major, der Tuberositas glutea, dem Labium laterale der Linea aspera femoris und dem Septum intermusculare femoris laterale. Der Ansatz des Muskels findet sich am lateralen Rand der Patella, am Retinaculum patellae laterale und über das Ligamentum patellae an der Tuberositas tibiae. [10, 11, 12, 13]

4.2.1.1.4 *Musculus vastus intermedius*

Der Ursprung des *Musculus vastus intermedius* befindet sich an der Vorder- und Seitenfläche des Femurschaftes und dem *Septum intermusculare femoris laterale*. Distal spaltet sich der *Musculus articularis genu* von ihm ab, dessen Fasern die Kniegelenkkapsel straffen und somit ein Einklemmen bei Streckbewegungen verhindern. Dessen Ansatz befindet sich an der *Bursa suprapatellaris*. Der Ansatz der restlichen Fasern befindet sich am lateralen Rand der Patella und mittels des *Ligamentum patellae* an der *Tuberositas tibiae*. [10, 11, 12, 13]

4.2.2 **Beuger des Kniegelenks**

4.2.2.1 *Musculus biceps femoris*

Der *Musculus biceps femoris* ist ein zweiköpfiger Muskel, bestehend aus dem *Caput longum* und dem *Caput breve*. [10, 12, 13] Das *Caput longum* entspringt vom *Tuber ischiadicum* mittels einer mit dem *Musculus semitendinosus* gemeinsamen Ursprungssehne und dem *Ligamentum sacrotuberale*. Das *Caput breve* entspringt am mittleren Drittel des *Labium laterale* der *Linea aspera femoris* und dem *Septum intermusculare femoris laterale*. [12] Die kräftige Endsehne des Muskels verläuft lateral am Kniegelenk vorbei und setzt am *Caput fibulae* an. [10, 12, 13]

Während das *Caput longum* vom *Nervus tibialis* innerviert wird, wird das *Caput breve* vom *Nervus peroneus communis* neural versorgt. Die Blutversorgung des Muskels wird über die *Arteria circumflexa femoris medialis* und die *Rami perforantes* der *Arteria profunda femoris* sowie der *Arteria poplitea* gewährleistet. [12]

Funktionell dient der *Musculus biceps femoris* als zweigelenkiger Muskel der Streckung im Hüftgelenk und der Beugung im Kniegelenk, sowie der

Außenrotation des Unterschenkels bei gebeugtem Knie. [10, 11, 12, 13] Er ist der einzige Außenrotator des Kniegelenks. [10]

4.2.2.2 *Musculus gracilis*

Der *Musculus gracilis* hat seinen Ursprung am *Ramus inferior ossis pubis* und dem *Ramus ossis ischii*. Er setzt über den *Pes anserinus superficialis* an der medialen Fläche des *Condylus medialis tibiae* an. Als mittlere Schicht des *Pes anserinus superficialis* ist die Sehne des *Musculus gracilis* durch die *Bursa subtendinea muscoli sartorii* von der Sehne des *Musculus sartorius* getrennt. [10, 11, 12, 13]

Die Innervierung des Muskels wird vom *Nervus obturatorius* übernommen, die Blutversorgung erfolgt über die *Arteria obturatoria*. [12]

Der zweigelenkige Muskel bewirkt bei gestrecktem Knie Adduktion und Beugung im Hüftgelenk. Im Kniegelenk wirkt er als Beuger und Innenrotator. [10, 11, 12, 13]

4.2.2.3 *Musculus semitendinosus*

Der Ursprung des *Musculus semitendinosus* befindet sich am *Tuber ischiadicum*. Er teilt sich eine gemeinsame Ursprungssehne mit dem *Caput longum musculus bicipitis femoris*. Über den *Pes anserinus superficialis*, dessen tiefste Schicht er bildet, setzt er an der medialen Fläche des *Condylus medialis tibiae* an. Die Ansatzsehne überkreuzt weiters das *Ligamentum collaterale tibiale*. Sie gleitet in der *Bursa anserina*. [10, 11, 12, 13]

Innerviert wird der *Musculus semitendinosus* vom *Nervus tibialis*. Die Blutversorgung wird von den *Arteria perforantes* der *Arteria profunda femoris* übernommen. [12]

Als zweigelenkiger Muskel bewirkt er eine Streckung im Hüftgelenk, eine Beugung im Kniegelenk und eine Innenrotation des Unterschenkels bei gebeugtem Knie. [10, 11, 12, 13]

4.2.2.4 *Musculus semimembranosus*

Der *Musculus semimembranosus* entspringt am *Tuber ischiadicum*. Seine Ansatzsehne besteht zumeist aus fünf Teilen. Der Hauptanteil der Sehne setzt über den *Pes anserinus profundus* an der Rückfläche des *Condylus medialis tibiae*, auch *Tuberculum tendinis* genannt, an. Der mediale Seitenstrang hat seinen Ansatz in einer Grube an der medialen Fläche des *Condylus medialis tibiae* und wird vom *Ligamentum collaterale tibiale* überzogen. Zum *Margo medialis tibiae* absteigend befindet sich hier noch ein Sehnenfächer. Der mittlere Sehnenstrang strahlt in das *Ligamentum popliteum obliquum* ein, der laterale Sehnenstrang in die Faszie des *Musculus popliteus*. In ca. 7% der Fälle entsteht durch einen sechsten Sehnenstrang, der den *Musculus semimembranosus* mit dem *Caput mediale* des *Musculus gastrocnemius* verbindet, eine dreigelenkige Muskelkette. [10, 11, 12, 13]

Der *Nervus tibialis* stellt die nervale Versorgung des Muskels. Die *Arteria perforantes* der *Arteria profunda femoris* übernehmen die Blutversorgung. [12]

Der *Musculus semimembranosus* gilt als zweigelenkiger Muskel und bewirkt eine Extension im Hüftgelenk, eine Flexion im Kniegelenk und bei gebeugtem Knie eine Innenrotation des Unterschenkels. [10, 11, 12, 13]

4.2.2.5 *Musculus sartorius*

Der *Musculus sartorius* ist ein parallelfaseriger Muskel mit sehr langen Muskelfasern. Sein Ursprung befindet sich an der Spina iliaca anterior superior und sein Ansatz findet sich mittels des Pes anserinus superficialis an der medialen Fläche des Condylus medialis tibiae. Die Sehne bildet den oberflächlichsten Anteil des Pes anserinus superficialis, der weiters von den Sehnen des *Musculus gracilis* und des *Musculus semimembranosus* gebildet wird. Die Sehne des *Musculus sartorius* überdeckt die soeben genannten Muskeln. Zwischen der Sehne des *Musculus sartorius* und des *Musculus gracilis* befindet sich die Bursa subtendinea musculi sartorii. [10, 11, 12, 13]

Der Name des Muskels leitet sich vom lateinischen Wort „sartor“ ab, was „Schneider“ bedeutet. Dem zugrunde liegt die Vorstellung, dass Schneider ihre Arbeit im so genannten „Schneidersitz“ verrichten. Für die Einnahme eben dieser Position dient der *Musculus sartorius*.

Die Innervation des Muskels wird von der oberflächlichen Portion des Nervus femoralis übernommen. Die Blutversorgung gewährleistet die Arteria femoralis. Als zweigelenkiger Muskel bewirkt er eine Beugung, Außenrotation und Abduktion im Hüftgelenk und eine Beugung und Innenrotation im Kniegelenk. [10, 12, 13]

4.2.2.6 *Musculus popliteus*

Der Ursprung des *Musculus popliteus* befindet sich an der Facies posterior tibiae, proximal der Linea musculi solei. Der Ansatz befindet sich über dem Sulcus popliteus an der lateralen Fläche des Condylus lateralis femoris. [10, 12, 13]

Innerviert wird der *Musculus popliteus* vom Nervus tibialis. Die Arteria poplitea übernimmt die Blutversorgung. [12]

Der Muskel dient der Flexion und Außenrotation des Femurs am Standbein. Er wirkt somit der Schlussrotation entgegen und leitet bei extendiertem Knie die Beugung ein. Unter dem Musculus popliteus liegt der mit der Gelenkhöhle kommunizierende Recessus subpopliteus. [10, 12, 13] Eine weitere Funktion dieses kurzen Muskels ist die Sicherung des Kniegelenks bei zunehmender Streckung. [10]

4.3 Ligamentäre Anteile

4.3.1 Ligamenta collateralia

4.3.1.1 *Ligamentum collaterale tibiale*

Der Ursprung des Ligamentum collaterale tibiale, auch mediales Seitenband genannt, befindet sich am Epicondylus medialis femoris. Breit ausgedehnt zieht es nach ventral und dorsal und setzt unterhalb des Tibiakopfplateaus an der Facies medialis tibiae an. [11, 12, 13] Es stellt einen verstärkten Anteil der Gelenkkapsel dar. Es werden zwei Faserbündel des medialen Seitenbandes unterschieden, ein anteriores parallelfaseriges und ein posteriores fächerförmiges. Erstgenanntes wird vom Meniscus medialis durch einen Spalt, in dem sich meist eine kleine Bursa befindet, getrennt. Das posteriore Faserbündel hingegen ist mit dem Meniscus medialis verwachsen. [12, 13] Weiters stellt das Ligament einen verstärkten Anteil der Kapsel dar. [13]

Bei zunehmender Beugung des Kniegelenks entspannt sich das posteriore Faserbündel des Ligaments und ermöglicht so die aktive Rotation im Kniegelenk. [12]

4.3.1.2 Ligamentum collaterale fibulare

Als beinahe runder Strang zieht das Ligamentum collaterale fibulare, auch laterales Seitenband genannt, vom lateralen Epicondylus des Femurs diskret nach hinten geneigt zum Caput fibulae. Hierbei zeigt sich der allseits scharf abgrenzbare Strang lediglich durch lockeres Bindegewebe mit der darunter liegenden Gelenkkapsel in Verbindung. Zusammen mit dem „short posterior genual ligament“, auch laterales Kapselband genannt, stabilisiert es das Kniegelenk in Streckstellung. [11, 12, 13]

Eingebettet in die Synovialmembran unterkreuzt das Ligament die Sehne des Musculus popliteus. Weiters überkreuzt das Ligamentum collaterale fibulare ein Gefäßnervenbündel, welches zwischen ihm und der Capsula fibrosa verläuft [12, 13]

4.3.1.3 Funktion

Die Seitenbänder schützen vor allem das gestreckte Knie, da sie in diesem Zustand straff gespannt sind. Weiters wird das Kniegelenk durch die Ligamenta collateralia vor Überstreckung geschützt. [10, 12]

Das mediale Seitenband gilt als Verstärkungszug der Kapsel und ist als solches auch mit dem medialen Meniscus verwachsen wodurch dessen Beweglichkeit eingeschränkt wird. [10, 12, 13]

Bei zunehmender Beugung des Kniegelenks erschlaffen die Seitenbänder und ermöglichen somit die aktive Rotation im Kniegelenk, die bei gestrecktem Kniegelenk nicht möglich ist. [10, 12]

4.3.2 Ligamenta cruciata

4.3.2.1 Anatomie

Extraartikulär jedoch intrakapsulär befinden sich die Kreuzbänder, von dorsal eingewandert, zwischen Stratum synoviale und Stratum fibrosum der Gelenkscapsel. [11, 12, 13] Sie schützen das Kniegelenk vor ungewollten und übergroßen Translations- und Rotationsbewegungen und sichern somit die Bewegungsabläufe im Kniegelenk. Die Kreuzbänder sind bei jeder Stellung des Kniegelenks zumindest teilweise gespannt. [10]

4.3.2.2 Ligamentum cruciatum anterius

Das Ligamentum cruciatum anterius, auch vorderes Kreuzband genannt, verläuft von der Area intercondylaris anterior der Tibia zur hinteren Innenfläche des Condylus lateralis femoris. [10, 11, 12] Seine drei Faserbündel sind ineinander derartig verdreht, dass die am Oberschenkel am meisten dorsal gelegenen Fasern des Bandes an der Tibia am meisten ventral zu liegen kommen. [11, 12, 13] Die eben beschriebenen Faserbündel des Ligamentum cruciatum anterius werden als anteromediales, intermediäres und posterolaterales Faserbündel bezeichnet. [12]

4.3.2.3 Ligamentum cruciatum posterius

Das hintere Kreuzband gilt als das stärkere der beiden Kreuzbänder. Es entspringt von der Area intercondylaris posterior und der Rückfläche der Tibia und strahlt dann fächerartig in die Innenfläche des medialen Femurcondylus, weit vorne an der der Incisura intercondyloidea zugekehrten Fläche ein. Beim Ligamentum cruciatum posterius werden zwei Faserbündel unterschieden, ein anterolaterales und ein posteromediales Bündel. [12, 13]

4.3.2.4 Funktion der Kreuzbänder

Die Aufgaben der Kreuzbänder sind eine Sicherung des Kniegelenks vor allem in der Sagittalebene, aber auch in der Frontal- und Horizontalebene. Sie verhindern, dass Tibia und Femur gegeneinander verschoben werden können. Bei einer Ruptur oder Insuffizienz dieser Bänder kommt es zum sogenannten „Schubladenphänomen“. [10, 11, 12]

4.3.3 Ligamentum popliteum obliquum

Als Teil der Ansatzsehne des Musculus semimembranosus verstärkt das schräg von distal medial nach proximal lateral ziehende Band die dorsale Kapselwand. [12, 13]

4.3.4 Ligamentum popliteum arcuatum

Durch das Ligamentum popliteum arcuatum wird die Hinterwand der Kapsel dorsal verstärkt. Die Fasern des Bandes verlaufen bogenförmig zur Spitze des Caput fibulae. Das „short posterior genual ligament“ spaltet sich von diesem Band ab und zieht dann zum Epicondylus lateralis femoris. Dieses verläuft parallel zum Ligamentum collaterale fibulare, jedoch innerhalb der Capsula fibrosa. Falls in diesem ein Sesambein angelegt ist, wird es als Ligamentum fabellofibulare bezeichnet. [12, 13]

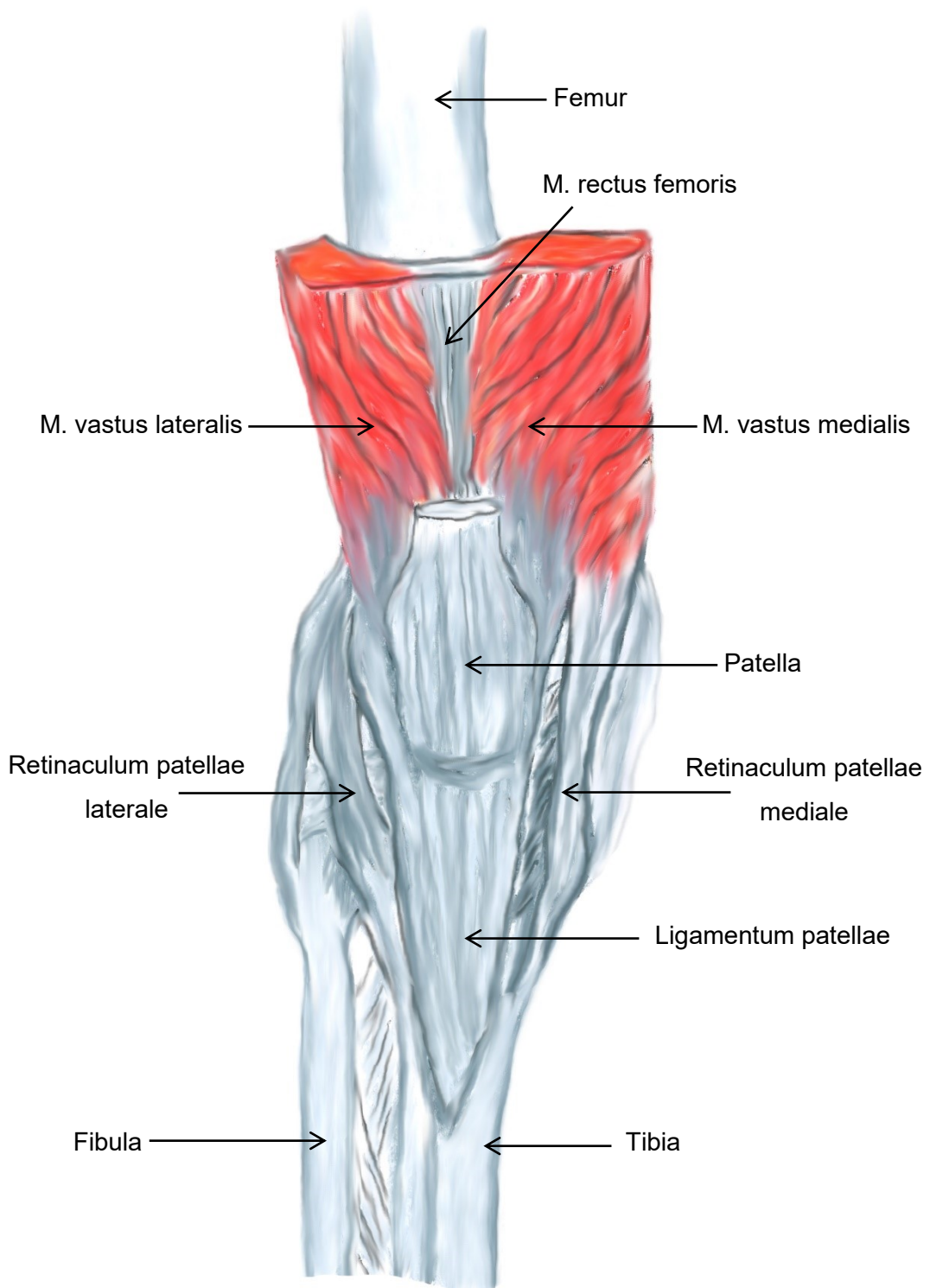


Abbildung 1: Ventrale Ansicht des Kniegelenks

© Gloria Hohenberger

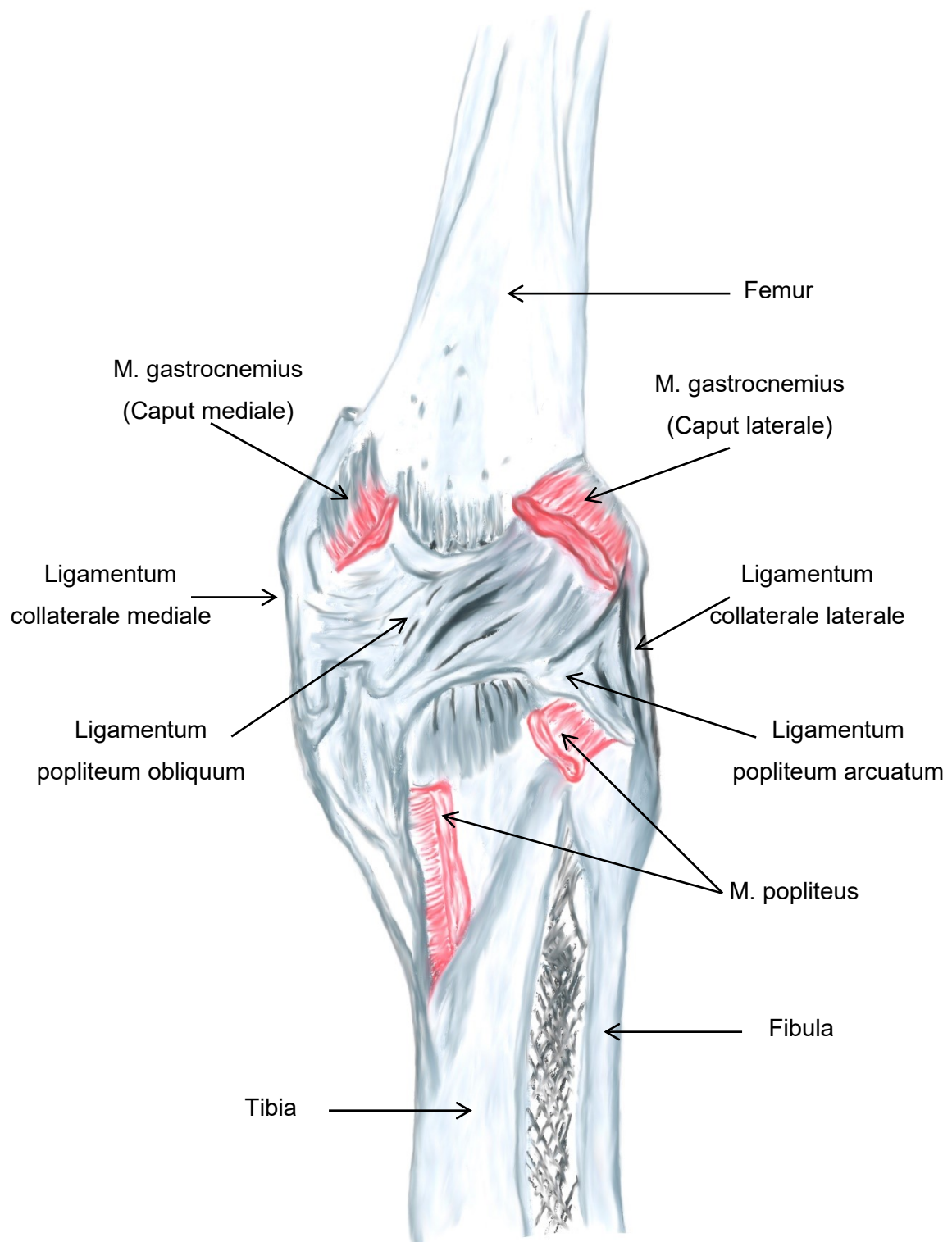


Abbildung 2: Kniegelenk von dorsal

© Gloria Hohenberger

4.3.5 Longitudinale Retinacula patellae

Das Retinaculum patellae mediale und das Retinaculum patellae laterale verstärken die Kapsel des Kniegelenks seitlich. Sie gelten als Reservestreckapparat des Kniegelenks, da sie aus den Fasern des Musculus quadriceps femoris hervorgehen und zur Tuberositas tibiae ziehen. Bei den longitudinalen Retinacula der Patella werden oberflächliche patellotibiale und tiefe patellofemorale Züge unterschieden. [12]

4.3.6 Transversale Retinacula patellae

Diese verlaufen als Verstärkungszüge der Kapsel lateral von der Patella zur tiefen Schicht des Tractus iliotibialis. Während diese regelmäßig vorkommen, tritt lediglich in 30% der Fälle ein mediales transversales Retinaculum auf, welches vom medialen Rand der Patella zum Epicondylus medialis femoris läuft. [12]

4.3.7 Menisci

4.3.7.1 Anatomie

Bei den Menisci handelt es sich um C- förmige bzw. halbmondförmige Scheiben aus Faserknorpel, die zueinander offen und keilförmig zwischen den femoralen und den tibialen Gelenkflächen eingelassen sind. [10, 12, 13]

Die beiden Gelenkzwischenscheiben sind über kurze, straffe Bänder befestigt. Diese Bänder ziehen zwischen den Enden der Menisci zur Area intercondylaris anterior und posterior. [12] Die breiten Außenkanten der Menisci sind seitlich mit der Gelenkkapsel des Kniegelenks verwachsen. [12, 13] Das Ligamentum

menisconfemorale posterius nach Wrisberg zieht vom Hinterrand des lateralen Meniscus zur femoralen Ansatzzone des Ligamentum cruciatum posterius. Bei etwa 70% der Menschen ist das Ligamentum menisconfemorale anterius nach Humphry angelegt. Dieses kleine fibröse Band erstreckt sich, falls vorhanden, vom posterioren Teil des Meniscus lateralis zum Ligamentum cruciatum anterius. [14]

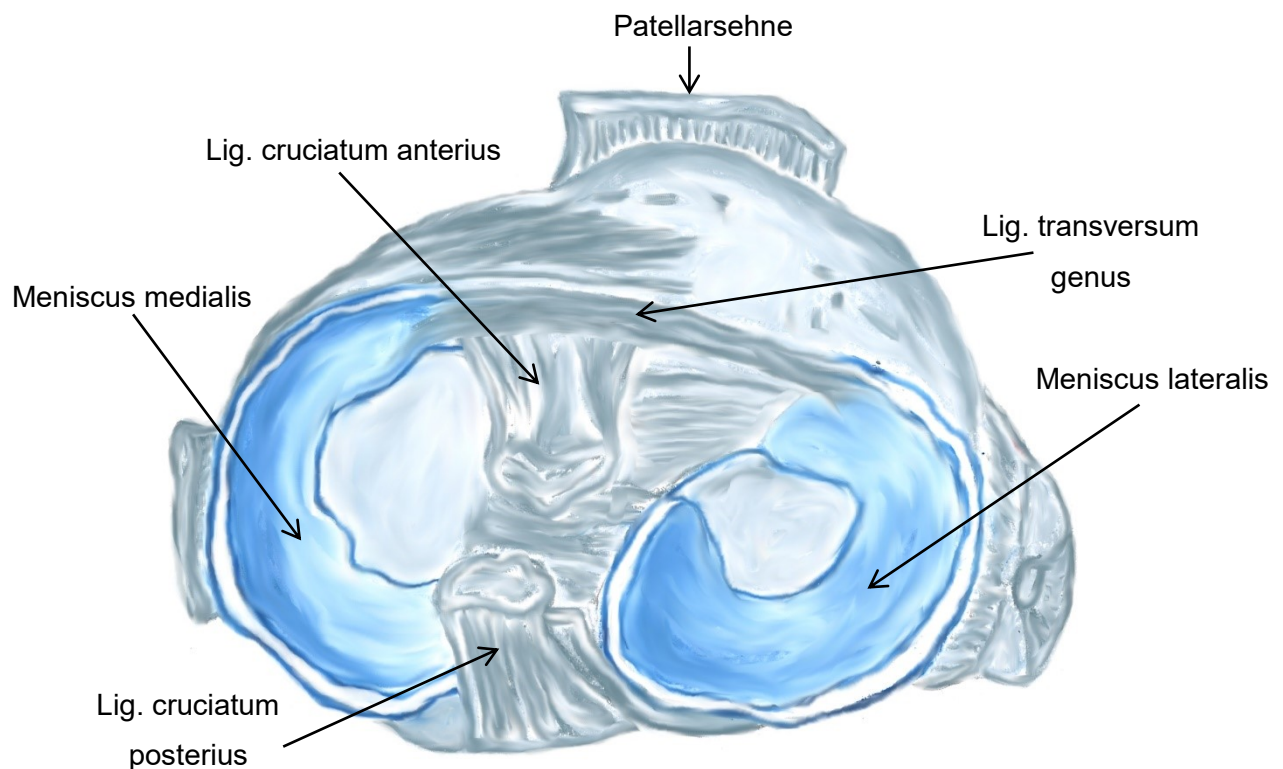


Abbildung 3: Menisci

© Gloria Hohenberger

Weiters ist eine Verheftung beider Menisci mit der Patella über inkonstante meniscopatellare Bänder möglich. [12] Das quer durch das Corpus adiposum infrapatellare verlaufende Ligamentum transversum genus verbindet die Vorderhörner der beiden Menisci. [12, 13]

Die Blutversorgung der Gelenkzwischen­scheiben übernimmt ein perimeniskales Randnetz, welches sich aus der Arteria media genua verzweigt. Der gefäßfreie zentrale Teil wird durch die Synovia versorgt. Des Weiteren befinden sich in den Menisci zahlreiche sensible Nervenendigungen. [12]

4.3.7.2 *Meniscus medialis*

Der Meniscus medialis imponiert sichelförmig und mit einem größeren Radius gekrümmt, als der Meniscus lateralis. [12, 13] Er steht im Kontakt mit dem hinteren Teil des Ligamentum collaterale tibiale. [10, 12, 13]

4.3.7.3 *Meniscus lateralis*

Der Meniscus lateralis hat eine annähernd kreisförmige Form und der Krümmungsradius ist kleiner als jener des medialen Meniskus. [12, 13]

4.3.7.4 *Funktion*

Als Hilfseinrichtungen des Kniegelenks gelten die Menisci, welche die Inkongruenz zwischen den Gelenkskörpern funktionell verbessern und die Auflagefläche der Femurkondylen vergrößern. [10] Sie ermöglichen durch ihre Beweglichkeit und ihre Fähigkeit am Tibiakopf zu gleiten als transportable Gelenkpfannen die Rotation im Kniegelenk. [10, 11, 12]

Beim Beugen und Strecken des Kniegelenks vollzieht das Femur eine kombinierte Gleit- und Rollbewegung auf den Facies articulares superiores. Bei zunehmender Beugung des Kniegelenks werden die Menisci um teils mehr als einen Zentimeter über die Kanten der Tibiakondylen hinaus nach dorsal gedrängt. [10, 15] Bei Streckung bewegen sie sich wieder nach ventral.

Appel und Stang-Voss [10] beschreiben die Verdrängung der Menisci bei Rotationsbewegungen des Kniegelenks als analog den Verschiebungen des medialen und lateralen Femurkondylus. Bei Außenrotation des Unterschenkels wird der laterale Meniskus auf der Tibia nach ventral gedrängt, der mediale Meniskus nach dorsal. Die Bewegungen der Menisci bei der Innenrotation verlaufen genau umgekehrt. [11]

4.4 Bursae und Recessus

4.4.1 Bursa suprapatellaris

Die Bursa suprapatellaris liegt proximal der Patella. [12, 13] Sie wird von der Quadrizepssehne bedeckt und steht meist in Verbindung zur Gelenkhöhle. Der Musculus articularis genu spannt ihre Wand. Eine Trennung in ein größeres mediales und ein kleineres laterales Kompartiment durch ein sagittal eingestelltes Septum ist möglich. [12]

4.4.2 Bursa musculi semimembranosi

Die Bursa musculi semimembranosi befindet sich unter der Ansatzsehne des Musculus semimembranosus. Sie kommuniziert mit der Gelenkhöhle. [12]

4.4.3 Bursa subtendinea musculi gastrocnemii medialis

Es besteht die Möglichkeit, dass die Bursa subtendinea musculi gastrocnemii medialis mit dem Gelenk kommuniziert. [12]

4.4.4 Bursa infrapatellaris (subcutanea, profunda)

Die Bursa infrapatellaris liegt zwischen der Haut und dem Ligamentum patellae (Bursa infrapatellaris subcutanea) beziehungsweise zwischen Ligamentum patellae und Tibia sowie dem Corpus adiposum infrapatellare (Bursa infrapatellaris profunda). Es besteht keine Verbindung zum Kniegelenk. [12, 13]

4.4.5 Bursae preaepatellares (subcutanea, subfascialis, subtendinea)

Hier gibt es keine Kommunikation zwischen den Bursae und der Gelenkhöhle. [11, 12, 13] Sie fungieren als Verschiebeeinrichtungen der Haut gegen die Patella. [11, 12, 13]

4.4.6 Recessus subpopliteus

Der Recessus subpopliteus liegt zwischen der Gelenkkapsel und der Ursprungssehne des Musculus popliteus. In 28% der Fälle kommuniziert er mit der Articulatio tibiofibularis. Eine Verbindung mit der Gelenkhöhle ist so gut wie immer vorhanden. [12]

4.5 Capsula articularis

4.5.1 Stratum fibrosum

Das Stratum fibrosum der Gelenkkapsel ist an der Tibia circa einen Zentimeter unterhalb der Knorpelränder fixiert. Die Femurkondylen werden von ihm seitlich umlaufen. Nach ventral zeigt sie Verwachsungen mit der Quadrizepssehne und der Patella und ist nicht eindeutig abgrenzbar. Dorsal reicht sie bis zur Linea intercondylaris. [12, 13]

4.5.2 Stratum synoviale

Das Stratum synoviale der Gelenkkapsel zeigt ventral, medial und lateral des Caput tibiae eine Befestigung an der Knorpel-Knochen-Grenze. Nach dorsal reicht sie zwischen die beiden Gelenkfacetten der Facies articularis superior der Tibia. Hierbei umläuft sie die Area intercondylaris anterior und bedingt somit die extraartikuläre, jedoch intrakapsuläre Lage der Kreuzbänder. [11, 12, 13]

Das Stratum synoviale ist in der Fossa intercondylaris, an den dorsalen und lateralen Knorpelrändern der Kondylen und am Rand der Facies patellaris am Femur fixiert. Weiters geht es proximal und ventral in die Bursa suprapatellaris über. Das unterhalb der Kniescheibe liegende Corpus adiposum infrapatellare, auch Hoffa-Fettkörper genannt, wird vom Stratum synoviale bedeckt. Distal setzt die innere Schicht der Gelenkkapsel an der Area intercondylaris anterior an. Dorsal befinden sich mit Fettgewebe aufgefüllte Öffnungen, welche den Durchtritt der Kreuzbänder und der das distale Femur versorgenden Gefäße gewährleisten. [12]

4.6 Patellarsehne

4.6.1 Anatomie

Das Ligamentum patellae wird von den Ansatzsehnen des Musculus quadriceps femoris gebildet. Es zieht mit seinen oberflächlichen Fasern über die Patella hinweg. Distal verbinden sich diese oberflächlichen Fasern mit tiefen Fasern, welche den Apex patellae mit der Tuberositas tibiae verbinden. [11, 12, 13]

4.6.2 Funktion

Das Ligamentum patellae ist ein Teil des Streckapparates des Kniegelenks. [10, 12, 13] Gemeinsam mit der Patella, die sich als Sesambein in die Quadrizepssehne eingelagert befindet, vergrößert das Ligamentum patellae das Drehmoment des Kniegelenks. [12]

4.6.3 Patellarsehnenreflex

Hierbei handelt es sich um eine Testung der Segmente L2-L4 und den am häufigsten geprüften Reflex. Ausgelöst wird er, indem der Patientin bzw. dem Patienten bei überschlagenen Beinen distal der Kniescheibe ein Reiz mit einem Reflexhammer gesetzt wird. Als Resultat ist eine kurze Streckbewegung des Unterschenkels zu beobachten. [10, 11]

4.7 Blutversorgung des Kniegelenks

Die großen Gefäße verlaufen beim Kniegelenk, wie bei allen anderen großen Gelenken über die Beugefläche. [16]

Die arterielle Versorgung des Kniegelenks wird über das Rete articulare genus gewährleistet. Dieses Netz wird von mehreren Gefäßen gespeist. Die Arteria femoralis entlässt über die Arteria descendens genus Rami articulares, die im Rete articulare genus münden. Der Ramus descendens der Arteria circumflexa femoris lateralis endet ebenso darin. Beteiligt am arteriellen Netz des Knies sind ebenso die Arteria superior lateralis, die Arteria medialis genus, die Arteria inferior lateralis und die Arteria medialis genus, welche aus der Arteria poplitea entspringen. Weiters speisen die Arteriae reccurrentes tibialis anterior und posterior, Äste der Arteria tibialis anterior, das Rete articulare genus. Auch die Arteriae perforantes, Endäste der Arteria profunda femoris, stehen distal mit dem Netz in Verbindung. [12]

4.8 Bewegungen im Kniegelenk

Das Femorotibialgelenk gilt als Trochoginglymus, auch Drehschaniergelenk genannt. [13, 17] In der Sagittalebene ist eine Streckung und Beugung des Gelenks möglich. Dies entspricht annähernd einer Scharniergelenksbewegung. [13, 17, 18]

Um eine longitudinale Achse finden Rotationsbewegungen statt. Dies erinnert funktionell an ein Trochoidgelenk, auch Radgelenk genannt. [13, 17]

4.8.1 Flexion

Zwischen der Achse des Femurs bzw. der Tibia und der Nullgerade bildet sich bei Flexion des Kniegelenks ein Beugewinkel. Die aktive Beugung des Kniegelenks ist bei gestrecktem Hüftgelenk bis zu 120°-125° möglich. [12, 17] Bei gebeugtem Kniegelenk lässt sich dieser Winkel auf 140° steigern. Dies ist durch die Vordehnung der ischiokruralen Muskulatur zu erklären. Durch eben diese Vordehnung bzw. Verlängerung lässt sich die aktive Insuffizienz überwinden und somit der Beugungswinkel vergrößern. [17]

Passiv lässt sich das Kniegelenk bis zu 160° beugen. Weichteile hemmen ab diesem Winkel eine weitere Bewegung. [12, 17]

4.8.2 Extension

Die aktive Extension im Kniegelenk ist beim Erwachsenen bis zu einem Winkel von 180° und somit bis zur Neutral-Null-Stellung möglich. Passiv lässt sich dieser Winkel noch um 5- 10° vergrößern. [12, 17]

Winkel über eben genannte Werte hinaus deuten auf Pathologien hin. [12]

4.8.3 Rotation

Für eine Rotation zwischen Femur und Tibia ist ein gebeugtes Kniegelenk Voraussetzung, da nur in dieser Position die Seitenbänder und die Kapsel entspannt sind. Des Weiteren ermöglicht eine gebeugte Position eine Optimierung des Drehmoments. [17]

Eine Innenrotation im Kniegelenk ist bis zu 10° möglich. Die Außenrotation kann in einem Bewegungsumfang von 30-40° stattfinden. [12, 17]

4.8.3.1 Schlussrotation

Bei der Endphase der Extension kommt es zwangsläufig zur so genannten Schlussrotation. Diese entspricht einer Innenrotation des Femurs um die fixierte Tibia von 5- 10°. [12] Diese wird zum einen durch den Zug des Ligamentum cruciatum anterius, der während der Extension aufgebaut wird, und zum anderen durch die Gestalt der Gelenkkörper erzwungen. [12, 17] Hierbei zeigt sich ebenso eine erzwungene Innenrotation im Hüftgelenk, die auch gut tastbar ist. [10]

Die Seitenbänder werden durch diese Rotation unter Spannung gebracht. Man spricht von einer stabilen Stellung. Um eine Beugung des Kniegelenks aus dieser Position zu erreichen, ist wiederum eine Innenrotation von 5-10° nötig. [17]

5 Material und Methoden

5.1 Verwendete Extremitäten

Insgesamt wurden 100 untere Extremitäten in die Studie inkludiert. Diese wurden vom Institut für makroskopische und klinische Anatomie der Medizinischen Universität Graz zur Verfügung gestellt. Die Konservierung der Extremitäten erfolgte mittels der Methode nach Walter Thiel. Bei dieser Methode werden höchste Standards der Konservierung von Leichen und Umweltfreundlichkeit miteinander verknüpft. Größe, Transparenz und Konsistenz des Gewebes bleiben gut erhalten und der Formaldehydanteil der Luft liegt dabei unter der Grenze des Messbaren. [19]

Das Alter der zugehörigen Körperspenderinnen und Körperspender lag zwischen 31 und 95 Jahren. Das Verhältnis von weiblichen zu männlichen Präparaten betrug 1:1.

Vor Durchführung der Präparation und Datenerhebung wurden die Präparate sortiert und auf mögliche Ausschlusskriterien untersucht. Als diese wurden Anzeichen von Interventionen sowie Malformationen und konservativ behandelte Frakturen in der Knieregion definiert.

5.2 Präparation und Datenerhebung

Die Messgrößen wurden in Zentimetern und Graden mithilfe eines Maßbandes und einem Messschieber vermessen.

5.2.1 Vermessung der Patellarsehnenlänge

Hierbei wurden zunächst Haut und Subkutis an der gesamten Extremität entfernt. Der Musculus quadriceps femoris wurde mittels einer annähernd kreisförmigen Umschneidung der Patella von dieser getrennt. In weiterer Folge wurde das sich unter dem Ligamentum patellae befindliche infrapatellare Fettgewebe entfernt, das Ligament bis zu seinen proximalsten Ansatzfasern an der Tuberositas tibiae verfolgt und mit einem kleinen Schnitt an eben jener Stelle markiert. Das Abtrennen des Ligamentum patellae stellte den nächsten Schritt dar. Abschließend wurde die Patellarsehnenlänge (PTL) vom Apex patellae bis zur zuvor gesetzten Markierung an den proximalsten Ansatzfasern gemessen.

5.2.2 Vermessung der Femurlänge

Bei der Messung der FL wurde mit einer Nadel der proximalste Teil des Trochanter major femoris markiert. Eine zweite Nadel wurde am distalsten Punkt des Epicondylus lateralis femoris platziert. Der Abstand wurde als FL definiert und vermessen.

5.2.3 Vermessung der Tibiallänge

Hierbei wurde zunächst der distalste Teil des Malleolus medialis mit einer Nadel markiert. Weiters wurde eine Nadel zwischen dem Meniscus medialis und der medialen Facies articularis superioris tibiae platziert. Der Abstand dieser beiden Nadeln wurde als TL vermessen.

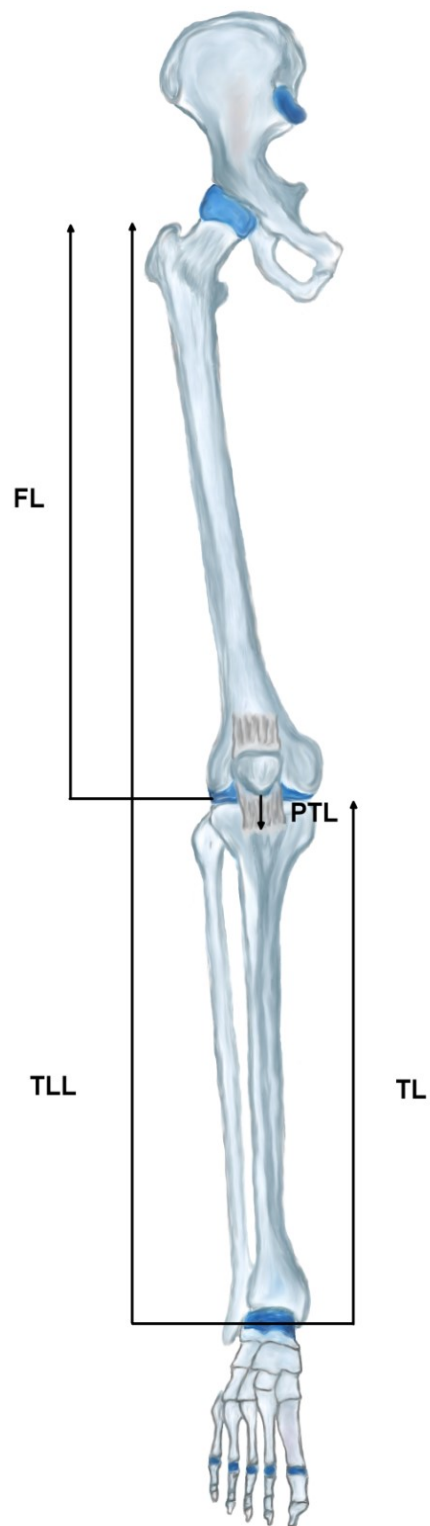


Abbildung 4: Vermessungsschema

© Gloria Hohenberger



Knie von ventral



Inzision der Patella



Präparation der Patellarsehne



Abgelöste Patellarsehne

Abbildung 5: Präparation der Patellarsehne

© Gloria Hohenberger

5.2.4 Messung des Q-Winkels

Die Messung des Q-Winkels erfolgte an 20 Extremitäten. Hierbei wurde dieser als der Winkel zwischen einer Linie von der Spina iliaca anterior superior zur Tuberositas tibiae und einer weiteren Linie durch die Femurachse mit Verlängerung auf die Tuberositas tibiae vermessen.

5.3 Datenanalyse

Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS (Version 24.0; IBM Corp, Armonk, NY, USA). Für die deskriptive Darstellung der Werte wurden Mittelwerte, Standardabweichung (SD), Median, Minimum (min) und Maximum (max) berechnet. Um mögliche geschlechts- und seitenspezifische Unterschiede bezüglich der Länge des Ligamentum patellae zu evaluieren, wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholungen (repeated measurement ANOVA) durchgeführt. Diese beinhaltete Körperseite (links/rechts) als „within-subject“ Effekt und Geschlecht (männlich/weiblich) als „between-subject“ Effekt. Zur Analyse von Zusammenhängen zwischen Bandlänge, FL, TL, TLL, Körpergröße und Q-Winkel wurden der Pearson- und der Spearman-Korrelationskoeffizient (für den Q-Winkel) für Seite und Geschlecht berechnet. Ein p-Wert < 0,05 wurde als statistisch signifikant betrachtet. Als Training wurde die Intrarater- und Interrater-Reliabilität für zwei Untersucher für wiederholte Tibialängen-Vermessungen an zehn Präparaten mittels Intraclass-Korrelationskoeffizienten (ICC) berechnet. Hierbei lagen alle ICC-Werte über 0.99.

5.4 Literaturrecherche

Die für diese Arbeit verwendete Literatur wurde durch Recherche in der Bibliothek des Instituts für Anatomie Graz bezogen. Weiters wurden geläufige Internetsuchmaschinen wie PubMed und Google Scholar auf adäquate Quellen durchsucht.

6 Ergebnisse

6.1 Deskriptive Statistik

Eine deskriptive Aufarbeitung der vermessenen Größen für das gesamte Kollektiv und im genderspezifischen Unterschied findet sich in Tabelle 1 und 2.

Bei einer Fallzahl von 50 betrug der Mittelwert der Länge des Ligamentum patellae rechts 4,35 cm (SD 0,51) und links 4,26 cm (SD 0,55). Bei einer Standardabweichung von 2,64 cm betrug die FL rechts 43,39 cm und links 43,36 cm (SD 2,76). Die Länge der Tibia betrug rechts 36,89 cm (SD 2,86) und links 36,91 cm (SD 2,81). Die TLL betrug rechts 82,08 cm (SD 5,59) und links 82,11 (SD 5,71)

Die Fallzahl bei der Messung des Q-Winkels betrug 20. Hier lagen die Werte rechts bei 11,77° (SD 1,42) und links bei 12,01° (SD 1,26).

Bei Frauen betrug der Mittelwert der Länge des Ligamentum patellae rechts 4,29 cm und links 4,20 cm. Der Mittelwert der FL betrug rechts 41,94 cm und links 41,75 cm. Für die TL ergab sich rechts ein Mittelwert von 35,21 cm und links von 35,34 cm. Der Mittelwert der TLL betrug bei Frauen rechts 78,59 cm und links 78,67 cm.

Bei den Männern betrug der Mittelwert der Länge des Ligamentum patellae rechts 4,42 cm und links 4,32 cm. Die FL rechts ergab einen Mittelwert von 44,84 cm, die FL links einen von 44,97 cm. Der Mittelwert der TL betrug rechts 38,56 cm und links 38,47 cm. Der Mittelwert der TLL belief sich bei Männern rechts auf 85,57 cm und links auf 85,56 cm.

Die Länge des Ligamentum patellae unterschied sich statistisch signifikant bezüglich Seite ($p = 0,022$). Hinsichtlich des Geschlechts ergab die Analyse der Patellarsehnenlänge keinen statistisch signifikanten Unterschied. ($p = 0,412$).

Variable	rechts						links					
	n	Mittelwert	SD	Median	Min	Max	n	Mittelwert	SD	Median	Min	Max
PTL	50	4.35	0.51	4.35	3.30	5.40	50	4.26	0.55	4.30	2.80	5.40
FL	50	43.39	2.64	43.15	38.70	49.50	50	43.36	2.76	43.30	37.90	49.10
TL	50	36.89	2.86	36.90	32.00	42.40	50	36.91	2.81	37.10	32.20	42.70
TLL	50	82.08	5.59	81.90	71.90	93.80	50	82.11	5.71	82.70	71.60	93.90
Q-Winkel	20	11.77	1.42	12.00	10.00	14.00	20	12.01	1.26	12.00	10.00	14.00

Tabelle 1: Deskriptive Auswertung für das gesamte Kollektiv

		rechts						links					
		n	Mittelwert	SD	Median	Min	Max	n	Mittelwert	SD	Median	Min	Max
PTL	F	25	4.29	0.49	4.30	3.30	5.30	25	4.20	0.55	4.30	2.80	5.00
	M	25	4.42	0.53	4.40	3.30	5.40	25	4.32	0.55	4.30	3.10	5.40
FL	F	25	41.94	1.73	41.90	38.70	45.70	25	41.75	2.02	41.80	37.90	46.20
	M	25	44.84	2.61	44.90	39.80	49.50	25	44.97	2.46	44.70	39.40	49.10
TL	F	25	35.21	2.26	34.80	32.00	40.10	25	35.34	2.18	34.80	32.20	39.90
	M	25	38.56	2.40	38.80	33.60	42.40	25	38.47	2.51	39.00	33.50	42.70
TLL	F	25	78.59	3.68	78.00	71.90	86.70	25	78.67	4.00	77.60	71.60	87.10
	M	25	85.57	4.98	86.60	74.00	93.80	25	85.56	5.08	86.00	73.60	93.90
Q-Winkel	F	10	11.54	1.38	11.50	10.00	14.00	10	12.25	1.23	12.25	11.00	14.00
	M	10	12.00	1.49	12.00	10.00	14.00	10	11.77	1.30	12.00	10.00	14.00

Tabelle 2: Geschlechtsspezifische Auswertung

6.1.1 Korrelationen der Patellarsehnenlänge

		FL	p-Wert	TL	p-Wert	TLL	p-Wert
PTL weiblich	rechts	.415*	0.039	0.303	0.140	0.370	0.069
	links	.550**	0.004	0.357	0.080	.405*	0.045
		FL	p-Wert	TL	p-Wert	TLL	p-Wert
PTL männlich	rechts	.414*	0.040	.402*	0.046	.436*	0.030
	links	.404*	0.045	.417*	0.038	.416*	0.038

Tabelle 3: Detaillierte Korrelationen der Patellarsehnenlänge

Eine positive Korrelation zwischen der Länge des Ligamentum patellae und den Längen von Femur, Tibia und der Beinlänge gesamt war rechts und links erkennbar.

6.1.2 Zusammenhang zwischen Q-Winkel und anderen Messgrößen

Für das weibliche Kollektiv wurde ein mittlerer Q-Winkel von 11,54° (rechts) beziehungsweise 12,25° (links) ermittelt. Bei den Männern ergaben sich für den Mittelwert des Q-Winkels rechts 12,00° und links 11,77°.

Es bestand keine statistisch relevante Korrelation zwischen dem Q-Winkel und den restlichen gemessenen Werten.

7 Diskussion

Das Ziel dieser Studie war es, die Anatomie der Patellarsehne zu beleuchten und die Patellarsehnenlänge in Bezug auf genderspezifische Unterschiede und mögliche Korrelationen mit anderen Größen, wie zum Beispiel der gesamten Beinlänge, der Femurlänge und der Tibiallänge, aufzuzeigen. Die Hypothese war, dass die Patellarsehnenlänge mit der Größe und dem Geschlecht der Patientinnen und Patienten korreliert. Diese Erkenntnis hätte einen Einfluss auf künftige Operationen im Bereich des Patellofemoralgelenks.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Patellarsehnenlänge signifikant mit der Körpergröße, jedoch nicht mit dem Geschlecht korreliert.

Das Patellofemoralgelenk stellt eine komplexe Konstruktion dar, deren Stabilität durch aktive, passive und statische Strukturen gewährleistet ist. Diese Stabilität ist bei der physiologischen Kniebewegung sichergestellt, wird sie jedoch durch Traumata oder anatomische Variationen gestört, kann dies zu Patellaluxationen führen. [1, 6, 20] Zu den stabilisierenden Strukturen der Patella zählen die Sehne des Musculus quadriceps femoris und die Patellarsehne. Auch die Morphologie des distalen Femur unterstützt deren Stabilität. Diese Stabilisatoren bilden während der Flexion des Kniegelenks einen posterioren Kraftvektor, welcher die Fixierung der Patella in deren Gleitlager sicherstellt. [4] Weiters fungiert der mediale Anteil des Ligamentum patellae als essentieller Stabilisator, welcher beinahe 60% des seitlichen Halts bei 0°- 30° gebeugtem Knie bietet. [4, 21] Anatomische Faktoren, welche zu patellärer Instabilität beitragen sind ein vergrößerter Q-Winkel, eine verlängerte Distanz zwischen der Tuberositas tibiae und der Trochlea sowie Dysplasien im Bereich der Trochlea. [22, 23] Weiters zeigen sich bei Zustand nach Patellaluxationen im Großteil der Fälle Verletzungen des medialen Anteils der Patellarsehne. [6, 20, 24]

Patellaluxationen und Pathologien des Patellofemoralgelenks betreffen häufiger das weibliche Geschlecht. [3, 6] Balcarek et al. verglichen MRT Bilder von Kniegelenken von 100 Patientinnen und Patienten nach Patellaluxation mit einer Kontrollgruppe von 157 Patientinnen und Patienten. Die Autoren fanden eine statistisch signifikant vergrößerte Distanz zwischen der Tuberositas tibiae und der Trochlea sowie einen erhöhten Anteil dysplastischer Trochleae bei Frauen, welche eine Patellaluxation erlitten hatten. [6]

Die Biomechanik und somit auch die Stabilität des Patellofemoralgelenks werden hauptsächlich von der Patellarsehne bestimmt. [4] Neyret et al. verglichen die Patellarsehnenlänge von 42 Kniegelenken mit stattgehabten Patellaluxationen mit 51 Kontrollpatientinnen und -patienten mittels röntgenologischer und magnetresonanztomographischer Untersuchung. Hierbei zeigte sich die Patellarsehnenlänge signifikant länger bei Patientinnen und Patienten nach Patellaluxation (Röntgen: 53 mm; MRT: 52 mm). Die Werte bei der Kontrollgruppe ergaben Längen von 46 mm bei der Röntgenuntersuchung sowie 44 mm bei der MRT Untersuchung. [25]

In der vorliegenden Studie betrug der Mittelwert der Patellarsehnenlänge bei den Frauen 4,29 cm (rechts) beziehungsweise 4,20 cm (links). Bei den Männern lag der Mittelwert rechts bei 4,42 cm und links bei 4,32 cm. Diese Werte sind vergleichbar mit den Resultaten von Andrikoula et al., welche einen Mittelwert der Patellarsehnenlänge von 4,3 cm erhielten. Deren Werte wurden an fresh-frozen Kadavern erhoben. [26] Basso et al. erhielten einen an 22 Extremitäten gemessenen Mittelwert von 6,4 cm für die Patellarsehnenlänge. Hierbei wurde allerdings vom Apex patellae bis zum distalen Ansatz der Ligamentum patellae an der Tibia gemessen. [27]

Die statistische Analyse der vorliegenden Studie zeigte keinen Unterschied der Patellarsehnenlänge in Bezug auf das Geschlecht. Yoo et al. fanden in ihrer Studie mit 173 inkludierten Extremitäten genderbezogen einen statistisch signifikanten Unterschied, jedoch mit der Einschränkung, dass hierbei das

Verhältnis von Männern zu Frauen mit 142:30 sehr unausgeglichen war. Weiters ist die Vermessung mittels MRT, welche in der Studie von Yoo et al. angewandt wurde, mehr gebiased als das Vorgehen in der hier vorliegenden Studie. [28]

Die Patellarsehnenlänge korrelierte in vorliegender Studie bei Männern beidseitig positiv mit der Femurlänge, der Tibiallänge und der gesamten Beinlänge. Bei den Frauen gab es auf der linken Seite eine positive Korrelation der Patellarsehnenlänge mit der Femurlänge und der gesamten Beinlänge. Auf der rechten Seite korrelierte die Patellarsehnenlänge bei Frauen positiv mit der Femurlänge. Bei Yoo et al. korrelierte die Patellarsehnenlänge nur schwach mit Gewicht, Größe und Body-Mass-Index der Patientinnen und Patienten. [28]

Moderne chirurgische Eingriffe setzen sich eine individuelle Behandlung abhängig von den anatomischen Gegebenheiten von Patientinnen und Patienten zum Ziel. [29] Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass es notwendig ist den Körpertyp und die Größe der Patientin beziehungsweise des Patienten zu berücksichtigen, das Geschlecht jedoch hat keinen Einfluss auf die Patellarsehnenlänge.

Als Limitation der vorliegenden Studie gilt die Tatsache, dass die Spenderinnen und Spender hauptsächlich kaukasische Frauen und Männer aus der Steiermark waren. Hier könnte ein Selektions-Bias vorliegen, sodass unsere Resultate nicht für Menschen aus anderen Regionen dieser Erde zutreffend sind. Hervorzuheben ist die für derartige Studien einzigartige Anzahl der Präparate.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass keine relevanten genderspezifischen Unterschiede in Bezug auf die Patellarsehnenlänge feststellbar waren. Die Patellarsehne zeigte sich bei beiden Geschlechtern links signifikant kürzer als rechts. Dies hat allerdings aufgrund der geringen Längenunterschiede keine klinische Relevanz. Die Sehne korreliert bei den Frauen links mit der Femurlänge und der gesamten Beinlänge. Bei den rechten weiblichen Extremitäten gab es eine positive Korrelation der Patellarsehne mit der Femurlänge. Bei Männern fand sich sowohl rechts, als auch links eine Korrelation der Patellarsehne mit der

Femurlänge, der Tibiallänge und der gesamten Beinlänge. Im Rahmen von chirurgischen Interventionen bei Patellofemoralgelenksinstabilitäten sollte nicht das Geschlecht, sehr wohl jedoch die Körpergröße der Patientinnen und Patienten berücksichtigt werden.

8 Literaturverzeichnis

- 1 Balcarek P, Jung K, Ammon J, Walde TA, Frosch S, Schüttrumpf JP, Stürmer KM, Frosch KH. Anatomy of lateral patellar instability: trochlear dysplasia and tibial tubercle-trochlear groove distance is more pronounced in women who dislocate the patella. *Am J Sports Med.* 2010 Nov;38(11):2320-7.
- 2 Stefancin JJ, Parker RD. First-time traumatic patellar dislocation: a systematic review. *Clin Orthop Relat Res.* 2007 Feb;455:93-101.
- 3 Fithian DC, Paxton EW, Stone ML, Silva P, Davis DK, Elias DA, White LM. Epidemiology and natural history of acute patellar dislocation. *Am J Sports Med.* 2004 Jul-Aug;32(5):1114-21.
- 4 Colvin AC, West RV. Patellar instability. *J Bone Joint Surg Am.* 2008 Dec;90(12):2751-62.
- 5 Tecklenburg K, Dejour D, Hoser C, Fink C. Bony and cartilaginous anatomy of the patellofemoral joint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006 Mar;14(3):235-40.
- 6 Balcarek P, Jung K, Frosch KH, Stürmer KM. Value of the tibial tuberosity-trochlear groove distance in patellar instability in the young athlete. *Am J Sports Med.* 2011 Aug;39(8):1756-61.
- 7 Csintalan RP, Schulz MM, Woo J, McMahon PJ, Lee TQ. Gender differences in patellofemoral joint biomechanics. *Clin Orthop Relat Res.* 2002 Sep;(402):260-9.
- 8 Tuncyurek O, Ozkol M, Ozic U, Pabuscu Y. The role of patellar tendon morphometry on anterior knee pain. *Surg Radiol Anat.* 2010 Jul;32(6):539-43.
- 9 van Eijden TM, Kouwenhoven E, Weijs WA. Mechanics of the patellar articulation. Effects of patellar ligament length studied with a mathematical model. *Acta Orthop Scand.* 1987 Oct;58(5):560-6.

- 10 Appel H.-J., Stang-Voss C. Funktionelle Anatomie: Grundlagen sportlicher Leistung und Bewegung. 4. Auflage. Köln: Springer Medizin Verlag Heidelberg; 2008: 81f, 83f, 84, 85f, 86f, 88, 90, 113
- 11 Lippert H. Lehrbuch Anatomie. 7. Auflage. Hannover: Urban & Fischer Verlag; 2006: 144, 787, 788f, 789, 790, 792ff
- 12 Anderhuber F, Pera F, Streicher J. Waldeyer: Anatomie des Menschen. Berlin, Boston: Walter de Gruyter; 2012: 306ff., 322f, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330f, 347, 350ff, 352, 353, 360, 368, 371, 389
- 13 Tandler J. Lehrbuch der systematischen Anatomie: 4. Band: Nervensystem und Sinnesorgane. Leipzig: Verlag von F.C.W. Vogel; 1929: 170, 240f, 242, 244f, 245f, 248f, 422ff, 430, 437f
- 14 Drake RL, Vogl AW, Mitchell AWM. Dorland's/ Gray's Pocket Atlas of Anatomy. 1. Auflage. Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier; 2009: 242
- 15 Putz R, Pabst R. Sobotta: Anatomie des Menschen. 22. Auflage. München: Urban & Fischer Verlag; 2007: 547
- 16 Braus H. Anatomie des Menschen Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte. 4. Band. Berlin: Verlag von Julius Springer; 1940: 207
- 17 Benninghoff A, Drenckhahn D. Anatomie: Makroskopische Anatomie, Histologie, Embryologie, Zellbiologie. 16. Auflage. München: Urban & Fischer Verlag; 2003: 372, 373
- 18 Calais-Germain B. Anatomie der Bewegung: Technik und Funktion des Körpers. 1. Ausgabe. Wiesbaden: marixverlag GmbH; 2005: 208
- 19 Die Konservierung ganzer Leichen in natürlichen Farben. In: *Annales of Anatomy*. Bd. 174 (1992), H. 3, S. 185–195, doi:10.1016/S0940-9602(11)80346-8
- 20 Panni AS, Cerciello S, Maffulli N, Di Cesare M, Servien E, Neyret P. Patellar shape can be a predisposing factor in patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011 Apr;19(4):663-70.
- 21 Amis AA. Current concepts on anatomy and biomechanics of patellar stability. *Sports Med Arthrosc*. 2007 Jun;15(2):48-56.

- 22 Cooney AD, Kazi Z, Caplan N, Newby M, St Clair Gibson A, Kader DF. The relationship between quadriceps angle and tibial tuberosity-trochlear groove distance in patients with patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012 Dec;20(12):2399-404.
- 23 Sadoghi P, Camp CL, Stuart MJ, Krych AJ, Levy BA, Bond JR, Collins MS, Dahm DL. The tibial tubercle-trochlear groove distance: letter to the editor. *Am J Sports Med.* 2013 Nov;41(11):NP51-2.
- 24 Monk AP, Doll HA, Gibbons CL, Ostlere S, Beard DJ, Gill HS, Murray DW. The patho-anatomy of patellofemoral subluxation. *J Bone Joint Surg Br.* 2011 Oct;93(10):1341-7.
- 25 Neyret P, Robinson AH, Le Coultre B, Lapra C, Chambat P. Patellar tendon length--the factor in patellar instability? *Knee.* 2002 Feb;9(1):3-6.
- 26 Andrikoula S, Tokis A, Vasiliadis HS, Georgoulis A. The extensor mechanism of the knee joint: an anatomical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006 Mar;14(3):214-20.
- 27 Basso O, Johnson DP, Amis AA. The anatomy of the patellar tendon. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2001;9(1):2-5.
- 28 Yoo JH, Yi SR, Kim JH. The geometry of patella and patellar tendon measured on knee MRI. *Surg Radiol Anat.* 2007 Dec;29(8):623-8.
- 29 Kastner N, Aigner BA, Meikl T, Friesenbichler J, Wolf M, Glehr M, Gruber G, Leithner A, Sadoghi P. Gender-specific outcome after implantation of low-contact-stress mobile-bearing total knee arthroplasty with a minimum follow-up of ten years. *Int Orthop.* 2014 Dec;38(12):2489-93.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Ventrale Ansicht des Kniegelenks	Seite 22
Abbildung 2:	Kniegelenk von dorsal	Seite 23
Abbildung 3:	Menisci	Seite 25
Abbildung 4:	Vermessungsschema	Seite 36
Abbildung 5:	Präparation der Patellarsehne	Seite 37

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Deskriptive Auswertung für das gesamte Kollektiv	Seite 42
Tabelle 2:	Geschlechtsspezifische Auswertung	Seite 43
Tabelle 3:	Detaillierte Korrelationen der Patellarsehnenlänge	Seite 44

Curriculum Vitae

Harald Kreuzthaler

Adresse	Loheweg 4 8811 Scheifling
Geburtstag	27.03.1993
Geburtsort	Friesach
Nationalität	Österreich
E- Mail	harald.kreuzthaler@stud.medunigraz.at harald.kreuzthaler@aon.at

Ausbildung

1999 - 2003	Volksschule Scheifling (Österreich)
2003 - 2007	Hauptschule Scheifling (Österreich)
2007 - 2011	BORG Murau, Murau (Österreich)
09/2011 - 03/2012	Grundwehrdienst bei der österreichischen Garde, Wien (Österreich)

2012 - 2013 Chemiestudium an der Technischen Universität Graz,
Graz (Österreich)

Seit 2013 Studium der Humanmedizin an der Medizinischen
Universität Graz, Graz (Österreich)

Famulaturen und Praktika

10/2014 **Orthopädie und Orthopädische Chirurgie**

LKH Stolzalpe, Stolzalpe (Österreich)

- 4 Wochen

02/2015 **Unfallchirurgie**

LKH Judenburg-Knittelfeld, Judenburg (Österreich)

- 3 Wochen

09/2015 **Innere Medizin**

Krankenhaus des Deutschen Ordens Friesach, Friesach
(Österreich)

- 3 Wochen

02/2016 **Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Orthopädie**

Unfallklinik Murnau, Murnau (Deutschland)

- 3 Wochen

09/2017

Geburtshilfe und Gynäkologie

Hung Vuong Hospital, Ho Chi Minh City (Vietnam)

- 4 Wochen

Spezielle Studienmodule

- ✓ Klinisch-topografische Anatomie der Extremitäten
- ✓ Klinisch-topografische Anatomie der Eingeweide und Leitungsbahnen
- ✓ Erkrankungen des Knochens und der Gelenke
- ✓ Schmerzmedizin
- ✓ Molekulare Humangenetik - Forschung und Diagnostik

Sprachen

Deutsch: Muttersprache

Englisch: fließend in Wort und Schrift