

HAUSARBEIT

Thema

Grundlagen und Prinzipien der Gelenk- und Muskelmechanik
am Beispiel der Biomechanik des Kniegelenkes

Seminar:

Biomechanik

Seminarleiter:

Herr Prof. habil. S. Leuchte

eingereicht von:

Jantsch, André

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	3
2 Anatomie des Kniegelenkes	4
2.1 Der Aufbau des Beines	4
2.1.1 Der Oberschenkelknochen (Femur)	4
2.1.2 Das Schienbein (Tibia)	4
2.1.3 Das Wadenbein (Fibula)	5
2.2 Der Aufbau des Kniegelenkes (Articulatio genus)	5
2.3 Die Inneneinrichtungen des Kniegelenkes	6
2.3.1 Die Menisken (Menisci)	6
2.3.2 Die Bänder (Ligamentum)	8
2.3.2.1 Die Seitenbänder (Ligg. collateralia)	8
2.3.2.2 Die Kreuzbänder (Ligg. cruciata)	9
2.4 Die Kniegelenksmuskulatur	10
2.4.1 Der M. quadrizeps femoris (vierköpfiger Schenkelstrecker)	10
2.4.2 Der M. sartorius (Schneidermuskel)	11
2.4.3 Der M. biceps femoris (zweiköpfiger Schenkelmuskel)	11
2.4.4 Der M. semitendinosus (Halbsehnenmuskel)	12
2.4.5 Der M. semimembranosus (Plattsehnenmuskel)	12
2.4.6 Der M. popliteus	12
3 Die funktionelle Mechanik des Kniegelenkes	13
3.1 Die Achsen des Kniegelenkes	13
3.2 Beugung und Streckung des Kniegelenkes	14
3.2.1 Ausschlaggebende Gelenkflächen für Beugung und Streckung	15
3.2.2 Bewegungen der Kondylen auf den tibialen Gelenkflächen	16
3.2.3 Verlagerung der Menisci bei Beugung und Streckung	17
3.2.4 Die Streckmuskulatur	18
3.2.4.1 Die besondere Funktion des M. rectus Femoris	20
3.2.5 Die Beugemuskulatur	21

3.3 Rotation im Kniegelenk	23
3.3.1 Ausschlaggebende Gelenkflächen für die Rotation	24
3.3.2 Bewegungen der Kondylen auf den tibialen Gelenkflächen	24
3.3.3 Verlagerung der Menisci bei Rotation	25
3.3.4 Die Rotatoren des Kniegelenkes	26
3.3.5 Die Schlußrotation im Kniegelenk	27
4 Verletzungen und Erkrankungen der Knieregion	30
4.1 Allgemeine Einteilung der Gelenkverletzungen	30
4.1.1 Gelenkprellung (Kontusion)	30
4.1.2 Gelenkzerrung (Distorsion)	30
4.1.3 Verrenkung (Luxation)	31
4.1.4 Bandriß (Ligamentruptur)	31
4.1.5 Gelenkknorpelverletzungen	31
4.1.6 Abnutzungserscheinung am Gelenk (Arthrosis deformans)	32
4.2 Verletzungen der Knieregion	32
4.2.1 O - und X - Beine (Genu varum und Genu valgum)	32
4.2.2 Bandverletzungen	32
4.2.2.1 Seitenbänder	32
4.2.2.2 Kreuzbänder	33
4.2.3 Meniskusverletzungen	34
4.2.4 Knorpelerkrankung der Kniescheibe	34
4.2.5 Habituelle Kniescheibenverrenkung (Patellaluxation)	35
4.2.6 Kniescheibenfrakturen	35
5 Zusammenfassung	36
6 Anlagen	39
7 Anlagenverzeichnis	51
8 Literaturverzeichnis	52

1 Einleitung

Das Kniegelenk ist das mittlere Gelenk der unteren Extremität. Es zeichnet sich gegenüber anderen Gelenken dadurch aus, daß es gegensätzliche Funktionen zu verrichten hat. Zum einen sichert es im gestreckten Zustand dem Bein seine stabile Stütz- und Tragefunktion, zum anderen ermöglicht es im gebeugten Zustand einen hohen Grad der Beweglichkeit, um beispielsweise die Distanz zwischen Rumpf und Unterstützungsfläche zu verändern.

„Diese für die Statik und Dynamik so bedeutungsvollen Aufgaben machen das Kniegelenk zum größten, kompliziertesten und empfindlichsten Gelenk (...)“ im menschlichen Körper. (Tittel 1994, 168)

Mit der anschließenden Belegarbeit möchte ich die Grundlagen und Prinzipien der Gelenk- und Muskelmechanik am Beispiel der Biomechanik des Kniegelenkes näher darlegen. Dabei soll auch der anatomische Bau und die aus der Funktion resultierenden Verletzungen und Luxationen betrachtet werden.

2 Anatomie des Kniegelenkes

2.1 Der Aufbau des Beines

Das Skelett des Beines besteht aus dem Oberschenkelknochen (Femur), den beiden Unterschenkelknochen, nämlich Schienbein (Tibia) und Wadenbein (Fibula), sowie den Fußknochen.

Als Verbindungsglied zwischen dem Oberschenkelknochen und den Unterschenkelknochen fungiert das Kniegelenk (Articulatio genus) – ein Drehscharniergelenk mit zwei Freiheitsgraden (siehe S. 39, Anlage 1, Abb. 1).

2.1.1 Der Oberschenkelknochen (Femur)

Der Oberschenkelknochen (siehe S. 40, Anlage 2, Abb. 1) besitzt einen kugelförmigen Kopf (Caput femoris), der über einen Hals (Collum femoris) mit dem Schaft (Corpus femoris) verbunden ist.

Im Bereich zwischen Hals und Schaft befinden sich auf der Rückseite des Oberschenkelknochens der große und kleine Rollhügel (Trochanter major und Trochanter minor). Sie dienen dem Ansatz der Muskulatur.

Am distalen Ende des Femur befinden sich die beiden Kondylen, die Gelenkflächen für die Verbindung mit dem Schienbein (Tibia) zum Kniegelenk. Diese Gelenkflächen haben einen fast spiralförmigen Verlauf, wodurch bei einer Beugung die Innen- und Außenrotation des Unterschenkels ermöglicht wird (vgl. Spornitz 1996, 108).

2.1.2 Das Schienbein (Tibia)

Das Schienbein (siehe S. 40, Anlage 2, Abb. 2) ist an seinem proximalen Ende verbreitert durch die beiden Gelenkknollen (Condylus medialis und Condylus lateralis), die Teil des Kniegelenkes sind. Zwischen den beiden Gelenkknollen ist eine knöcherne Erhebung vorhanden. Vor und hinter dieser Erhebung befindet sich jeweils eine Region, die für das vordere und das hintere Kreuzband sowie den Menisken als Ansatzstelle dient.

Der Schaft des Schienbeins gleicht einer dreieckigen Säule, mit einer vorderen Kante (Margo anterior), einer lateralen (Margo lateralis) und einer medialen Kante (Margo medialis). Am oberen Ende der vorderen Kante ist eine Rauigkeit (Tuberositas tibiae) vorhanden, die dem Ansatz des vierköpfigen Oberschenkelmuskels dient.

Das distale Ende der Tibia trägt ebenfalls eine Gelenkfläche für das obere Sprunggelenk. Auf der medialen Seite des Knochens befindet sich der innere Knöchel (Malleolus medialis), der gemeinsam mit dem äußeren Knöchel (Malleolus lateralis) des Wadenbeines die Malleolengabel bildet (vgl. Spornitz 1996, 108).

2.1.3 Das Wadenbein (Fibula)

Das schlanke Wadenbein (siehe S. 40, Anlage 2, Abb. 2) besteht aus einem Kopf (Caput), einem langen dünnen Schaft (Diaphyse) und am distalen Ende dem äußeren Knöchel (Malleolus lateralis). Der Kopf des Wadenbeines steht über eine Gelenkfläche im Kontakt mit dem Schienbein. Am distalen Ende besteht ebenfalls Kontakt mit dem Schienbein in Form eines Gelenkes. Beide, das proximale sowie das distale Schienbein-Wadenbein-Gelenk können wegen ihrer starken Befestigung durch Bänder nicht bewegt werden.

Das Wadenbein bildet gemeinsam mit dem Schienbein die vorher erwähnte Malleolengabel, die wichtiger Teil des Sprunggelenkes ist (vgl. Spornitz 1996, 109).

2.2 Der Aufbau des Kniegelenkes (Articulatio genus)

Das Kniegelenk (siehe S. 41, Anlage 3, Abb. 1 und Abb. 2) wird von dem distalen Ende des Oberschenkelbeins und dem Kopf des Schienbeinknochens gebildet. Die walzenförmige Gelenkfläche des Oberschenkelbeins ergibt sich aus den beiden Gelenkknorren und der zwischen ihnen liegenden Rinne. Die Gelenkfläche des Schienbeins besteht aus den beiden Schienbeinpfannen, die durch die Zwischenknorrenhebung getrennt werden. Zur Vergrößerung der Gelenkfläche dienen die zwei Menisken, welche die aus Faserknorpel bestehenden Gelenkscheiben darstellen (vgl. Crespo/ Curell/ Curell 1991, 34).

Die Kniescheibe (Patella), das größte Sesambein des Körpers, ist Teil des Kniegelenkes. Sie ist in die Sehne des vierköpfigen Oberschenkelmuskels (*M. quadriceps femoris*) eingebaut. Die Kniescheibe ist ein flacher Knochen, der eine breite, nach proximal gerichtete Basis und eine nach distal gerichtete Spitze aufweist. Die Gelenkfläche, die sowohl mit dem Oberschenkelknochen wie auch mit dem Schienbein Kontakt hat, ist mit Knorpel überzogen (vgl. Spornitz 1996, 109).

Die Verbindung zwischen Schienbein und Oberschenkelbein übernimmt die Kapsel, in die die Kniescheibe und mehrere Bänder eingelassen sind. Gefestigt wird das Kniegelenk von den inneren und äußeren Seitenbändern. Im Gelenk selbst befinden sich die beiden Kreuzbänder, die dem Knie größtmögliche Stabilität verleihen sollen, da es das gesamte

Körpergewicht tragen muß. Die mit Gelenkschmiere gefüllte Gelenkinnenhaut des Knies ist die dickste des ganzen Körpers (vgl. Crespo/ Curell/ Curell 1991, 34).

2.3 Die Inneneinrichtungen des Kniegelenkes

Die artikulierenden Flächen des Kniegelenkes werden von den konvexen Gelenkpartien der beiden Schenkelbeinknollen, den annähernd ebenen Gelenkflächen der Schienbeinknollen und der Rückfläche der Kniescheibe gebildet (siehe S. 41, Anlage 3, Abb. 1 und Abb. 2).

„Die konvexen Gelenkkörper des Schenkelbeines übertreffen rein flächenmäßig die ihnen gegenüberstehenden Schienbeinpfnen (Facies articulares superiores tibiae) um mehr als das Dreifache.“ (Tittel 1994, 168)

Auch die Form der beiden artikulierenden Partien weist einige Unterschiede auf. Während die Schienbeinknollen spiralförmig gekrümmte überknorpelte Flächen zur Verbindung mit dem Schienbein besitzen, lassen die Pfnen des Schienbeins mehr oder weniger seichte Tragflächen für die Übernahme der Körperlast erkennen. Weitere Formunterschiede bestehen zwischen den Schienbeinpfnen selber. Während die mediale, längsovale Pfn wenigstens eine leicht tellerförmige Vertiefung besitzt, ist die laterale, kurze und breite Pfn fast völlig abgeplattet (vgl. Tittel 1994, 168).

„Auf Grund einer derartigen Inkongruenz der das Kniegelenk bildenden Gelenkpartien (...) berühren sich diese nur punkt- oder linienhaft.“ (Tittel 1994, 168)

„Die von (...) 6mm dicken hyalinen Knorpel überzogene Rückfläche der Kniescheibe (...) gleitet in einer Furche der Schenkelbeingelenkpartien und bildet das im Sport hohen Stauchungs-, Scher- und Zugbeanspruchungen ausgesetzte Schenkelbein-Kniescheibengelenk (...).“ (Tittel 1994, 168)

2.3.1 Die Menisken (Menisci)

„Zur Beseitigung der ungleich geformten Gelenkflächen trägt einmal (...) ein 4 bis 5 mm dicker hyaliner Knorpelüberzug bei, dessen Hauptaufgabe in dem Abfangen von Stoß- und Druckeinwirkungen besteht, die beim Gehen, raschen Laufen und Heben schwerer Lasten auf das Kniegelenk erfolgen.“ (Tittel 1981, S. 287)

Darüber hinaus befinden sich im Kniegelenk der innere und äußere Meniskus (Meniscus medialis et lateralis). Beide sind C-förmig gestaltete Faserknorpelscheiben, welche sich zwischen je einem Gelenkknollenpaar befinden und somit als Puffer der aufeinander tretenden Gelenkflächen wirken (siehe S. 41, Anlage 3, Abb. 2).

Der breite Außenrand der Menisken ist mit der Innenfläche der Gelenkkapsel verwachsen, während der freie, dünn auslaufende Innenrand mit der sagittal gestellten rauhen Fläche zwischen den Gelenkpartien in Form kurzer Faserzüge in Verbindung steht. Es ergibt sich für jeden der beiden Menisken ein keilförmiger Querschnitt (siehe S. 42, Anlage 4, Abb. 1), jedoch weisen beide Unterschiede in ihrer Form auf.

Der „(...) 2 bis 8 mm breite mediale Knorpel läßt infolge des langgestreckten inneren Schienbeinknorrens das Bild eines offenen C's erkennen (...).“ (Tittel 1981, S.288) Sein vorderes Ende setzt am ventralen Rand des inneren Schienbeinknorrens an, während das hintere in die dorsale Bandgrube übergeht.

„Der 12 bis 16 mm breite laterale C-Knorpel bildet im Gegensatz zum (...)“ medialen „(...) ein enges C, (...) dessen nahe aneinanderliegenden Hörner vor und hinter dem lateralen Zacken zwischen den Schienbeingelenkflächen Ansatz finden.“ (Tittel 1981, 288)

Trotz der Verbindung durch ein kleines Querband (Lig. transversum genus), welches beide C-Knorpel an deren Vorderfläche miteinander verbindet, sowie der enge Kontakt, den der innere Meniskus mit dem inneren Seitenband und der äußere Meniskus mit dem hinteren Kreuzband eingehen, wird eine relativ große Bewegungsfreiheit gewährleistet (vgl. Tittel 1981, 287 ff).

„Wird der Unterschenkel im Kniegelenk gestreckt, dann weichen beide Menisken nach vorne aus, wird er im gleichen Gelenk jedoch gebeugt, dann werden die C-Knorpel nach hinten verschoben, wobei der besonders bewegliche laterale eine Wegstrecke von mehr als 1 cm zurücklegt.“ (Tittel 1981, 288) (siehe auch 3.2.3 und 3.3.3).

„Aufgrund ihrer feingeweblichen Struktur zeichnen sich die Menisken durch eine ausgiebige Verformbarkeit aus. Je nach dem Druck, der auf ihnen lastet beziehungsweise dem Zug, dem sie ausgesetzt werden, sind sie einmal dick, das andere Mal flach, wodurch sie sich stets der Form des jeweils miteinander in Verbindung tretenden Walzenabschnittes des Schenkelbeines anpassen. So sind die knorpeligen Zwischenscheiben in der Streckstellung in die Länge gezogen und verschmälert, während sie beim gebeugten Knie breiter und kürzer werden.“ (Tittel 1981, 288)

Die Menisken bilden also eine verformbare Ergänzung der Gelenkpfanne – verformbar in dem Sinne, daß sie in den verschiedenen Stellungen des Gelenkes (Beugung, Streckung) die Gelenkpfanne den jeweils verschiedenen Krümmungsradien des Gelenkkopfes anpassen und auf diese Weise das Berührungsfeld zwischen den Gelenkkörpern vergrößern.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Hauptaufgabe der Menisken darin besteht, die Inkongruenz der Gelenkflächen auszugleichen, die seichten tibialen Gelenkpfannen zu

ergänzen sowie zu vertiefen, und als Puffer Druck und Erschütterungen vom Fuß her abzufangen (vgl. Voss/ Herrlinger 1985, 197 ff).

2.3.2 Die Bänder (Ligamentum)

Das „(...) Kniegelenk besitzt eine ausgesprochen feste Bandführung beziehungsweise Bandsicherung, welche die große weite, vorn etwas dünnere, hinten jedoch stärkere Gelenkkapsel umhüllt und sich am Aufbau derselben beteiligt.“ (Tittel 1981, 289)

So wird die vordere äußere und derbe Gelenkkapselschicht von der Endsehne des vierköpfigen Schenkelstreckers (M. quadrizeps femoris) verstärkt, in der das größte Sesambein, die Kniescheibe (Patella), eingelagert ist. Die hintere Gelenkkapsel­fläche erfährt durch die Sehnen des Zwillingswadenmuskels (M. gastrocnemius), des Plattensehnenmuskels (M. semimembranosus) sowie des Kniekehlenmuskels (M. popliteus) eine nicht unbeträchtliche Verstärkung, während auf beiden Seiten zusätzlich sehr kräftige Führungsbänder (Ligg. Collateralia) vorhanden sind. Für die Mechanik des Kniegelenkes sind die Seitenbänder (Ligg. Collateralia) und die Kreuzbänder (Ligg. cruciata) von besonderer Bedeutsamkeit (vgl. Tittel 1981, 289 ff).

2.3.2.1 Die Seitenbänder (Ligg. collateralia)

„Das innere Seitenband (Lig. collaterale tibiale) (siehe S. 41, Anlage 3, Abb. 2) stellt einen breiten Verstärkungszug im Bereich der medialen Begrenzung der Gelenkkapsel dar, der vom breit ausladenden rauhen Rand des inneren (tibialen) Gelenkknorrens des Schienbeines entspringt und unterhalb des inneren Schienbeinknorrens am medialen und dorsalen Rand der Tibia ansetzt.“ (Tittel 1981, 290)

„Das äußere Seitenband (Lig. collaterale fibulare) (siehe S. 41, Anlage 3, Abb. 2) kommt in Form eines selbständigen, rundlichen, fast bleistiftstarken Zuges vom wesentlich kleineren Rand des äußeren (fibularen) Gelenkknorrens des Schenkelbeines und endet am Wadenbeinköpfchen.“ (Tittel 1981, 290)

Während das innere Band (siehe S. 38, Anlage 4, Abb. 1) in die Faserschicht der Kniegelenkkapsel eingewebt und damit zugleich auch mit dem inneren Meniskus fest verwachsen ist, liegen zwischen dem äußeren Seitenband und der Kapselwandung lockeres, fettgehaltiges Bindegewebe, Blutgefäße und vor allem die Sehne des Kniekehlenmuskels (vgl. Tittel 1981, 290 ff).

„Die Hauptaufgabe für beide Seitenbänder besteht darin, wie zwei Schienen die Scharnierbewegungen im Kniegelenk abzusichern, indem sie das Standbein (bei

gestrecktem Knie) – insbesondere bei Verlagerung des Körperschwerpunktes vor die Querachse des Hüftgelenkes – durch ihre Anspannung feststellen und gemeinsam mit den vorderen Längsfaserzügen der Gelenkkapsel die Tragsäule stabilisieren. Bei zunehmender Beugung des Kniegelenkes (...) werden die Seitenbänder entspannt und ermöglichen dadurch Drehbewegungen.“ (Tittel 1981, 291)

2.3.2.2 Die Kreuzbänder (Ligg. cruciata)

Die Kreuzbänder (siehe S. 41, Anlage 3, Abb. 2) sind zwei starke, sich überkreuzende Bänder, die im inneren des Kniegelenkes liegen. „Man unterscheidet ein vorderes langes sowie breites und schräggestelltes Kreuzband (Lig. cruciatum anterius) von einem hinteren, kurzen und steilgestellten Bandzug (Lig. cruciatum posterius) (...).“ (Tittel 1981, 291)

Das vordere Kreuzband verläuft zwischen der vorderen Bandgrube des Schienbeines und der inneren Fläche des lateralen Gelenkknorrens des Schenkelbeines. Das hintere Kreuzband spannt sich zwischen der hinteren Bandgrube des Schienbeines und dem medialen Gelenkknorren des Schenkelbeines aus.

Beide Kreuzbänder stehen in einem engen Kontakt mit den Menisken (siehe S. 42, Anlage 4, Abb. 1). Während das hintere Kreuzband eine Verbindung mit dem dorsalen Bereich des lateralen C-Knorpels hält, verlaufen einige Bündel des vorderen Bandes zum medialen Meniskus.

Die beiden Kreuzbänder sind so angeordnet, daß in fast allen Stellungen des Kniegelenkes Teile von ihnen gespannt sind. Sie verhindern vor allem in der gefährdeten labilen Beugestellung, in der die Seitenbänder erschlaffen, ein Nach-vorn-und-hinten-Bewegen der artikulierenden Flächen und schränken durch die Stabilität ihrer kräftigen Fasern die Kreiselbewegungen des Unterschenkels ein (vgl. Tittel 1981, 291).

„Kommt es in Folge einer übertrieben starken Rotation der Tibia nach innen oder außen zu einer Verletzung eines der beiden Kreuzbänder (die zumeist mit einer Seitenband-Schädigung kombiniert ist), dann weist der im Kniegelenk gebeugte Unterschenkel bei einem Kreiserversuch eine abnorme Beweglichkeit auf, die bei einer kompletten Zerreißung des Kreuzbandpaares zum sogenannten „Schubladen“-Phänomen führt, bei dem sich der Unterschenkel gegenüber dem Oberschenkel nach vorn und hinten verschieben läßt.“ (Tittel 1981, 291)

2.4 Die Kniegelenkmuskulatur

Die Muskeln, die die Beuge- und Streckerbewegungen im Kniegelenk hervorrufen, liegen im Bereich des Oberschenkels (siehe S. 43, Anlage 5, Abb. 1 und Abb. 2). Man unterscheidet die Extensoren (Strecker) auf der Vorderseite von den Flexoren (Beuger) auf der Rückseite des Oberschenkels. Zur Streckergruppe rechnet man den Quadrizeps und den Sartorius, zur Beugergruppe den Bizeps femoris, den Semimembranosus und den Semitendinosus. Der Bizeps femoris, der Semitendinosus und der Semimembranosus bilden weiterhin die ischiocrurale Gruppe. Sie entspringen am Tuber ischiadicum und setzen am Unterschenkel (Crus) an. Ihre Wirkung besteht in Streckung im Hüftgelenk und Beugung im Kniegelenk (zweigelenkige Muskeln). Die Muskeln der ischiocruralen Gruppe sind die Antagonisten des M. quadrizeps femoris (vgl. Voss/ Herrlinger 1985, 207 ff) .

2.4.1 Der M. quadrizeps femoris (vierköpfiger Schenkelstrecker)

Der Quadrizeps femoris (siehe auch 3.2.4 ff und 3.2.4.1 ff) ist der größte und mächtigste Muskel unseres Körpers. Er wiegt „(...) etwa 2 kg (...) und weist einen physiologischen Querschnitt von über 180 cm² auf.“ (Tittel 1981, 294)

Er nimmt die Vorderseite des Oberschenkels ein und besteht aus vier Teilen, die jeweils einen anderen Ursprung haben und sich in der Kniesehne vereinigen. Seine 4 Köpfe heißen: Rectus femoris, Vastus medialis, Vastus lateralis und Vastus intermedius (siehe S. 42, Anlage 4, Abb. 2 und S. 43, Anlage 5, Abb. 1).

Der Rectus femoris besitzt zwei Ursprungssehnen, eine gerade, von der Spina iliaca anterior inferior und eine quere, von der Rauigkeit oberhalb des Acetabulum kommende. Er liegt oberflächlich in einer von Vastus medialis und lateralis gebildeten Rinne. Der rectus Femoris ist ein zweigelenkiger Muskel. Er wirkt auf das Hüftgelenk anteflektierend und auf das Kniegelenk streckend.

Die drei Vasti sind eingelenkige Muskeln. Sie bilden eine mächtige Muskelhülle um das Mittelstück des Femur, nur ihre Ursprungsquelle, die Linea aspera femoris, freilassend (vgl. Voss/ Herrlinger 1985, 203 ff).

Der Quadrizeps wirkt, da seine Sehne vor der queren Kniegelenksachse vorbeizieht, in einer Streckung des Unterschenkels beim Aufstehen aus dem Sitzen, beim Gehen, Laufen und Steigen, beim Abspringen sowie in einer Hemmung, in einem Auffangen („Abfedern“) oder Abbremsen der Rumpflast bei gebeugtem Knie. Seine Hauptfunktion liegt in der Statik. Er verhindert, daß wir beim Stehen in den Knien einknicken (vgl. Tittel 1981, 296).

2.4.2 Der M. sartorius (Schneidermuskel)

Den Sartorius rechnet man mit zu den Extensoren (siehe S. 43, Anlage 5, Abb. 1), obwohl er seiner Funktion nach zu den Beugern gehört. Doch auf Grund seiner Lage an der Vorderseite des Oberschenkels und der Innenrotation durch den gleichen Nerven wie die Extensoren, wird er der Streckermuskulatur zugeordnet (siehe S. 42, Anlage 4, Abb. 2).

Der Sartorius ist der längste Muskel des Körpers. Er bildet ein „(...) etwa 50 cm langes und 4 bis 5 cm breites (...)“ Band, das vom vorderen oberen Darmbeinstachel (Spina iliaca anterior superior) ausgeht und sich schraubenartig um den Oberschenkel zur medialen Seite des Kniegelenkes hin herumwindet. (Tittel 1981, 296)

Dadurch, daß der Muskel in einer eigenen Faszienloge wie in einer Führungsröhre liegt, verändert er seine Lage auch bei Kontraktion nicht.

Der Sartorius ist ein zweigelenkiger Muskel, dessen Sehne hinter der queren Kniegelenksachse liegt. Am Hüftgelenk bewirkt er Beugung und Außenrotation, am Kniegelenk Beugung und Innenrotation (vgl. Voss/ Herrlinger 1985, 207).

2.4.3 Der M. biceps femoris (zweiköpfiger Schenkelmuskel)

Der Bizeps femoris liegt an der Rückseite des Oberschenkels (siehe S. 43, Anlage 5, Abb. 2), am weitesten lateral von allen drei Beugern. Sein Caput longum kommt vom Tuber ischiadicum. Zunächst liegt er, vom Glutaeus maximus bedeckt, unmittelbar neben dem Semitendinosus, trennt sich dann von diesem Beuger und bildet die laterale Begrenzung des oberen Abschnittes der Kniekehle. Dort vereinigt sich der lange Kopf mit dem aus der Tiefe von der Linea aspera femoris kommenden Caput breve (siehe S. 42, Anlage 4, Abb. 2). Die gemeinsame Endsehne, die bei gebeugtem Knie als kräftiger Strang durch die Haut zu fühlen ist, zieht zum Caput fibulae (vgl. Voss/ Herrlinger 1985, 207).

2.4.4 Der M. semitendinosus (Halbsehnenmuskel)

Der Semitendinosus (siehe S. 42, Anlage 4, Abb. 2 und S. 43, Anlage 5, Abb. 2) ist ein schlanker Muskel, der am Tuber ischiadicum entspringt und zunächst neben dem Caput longum des Biceps liegt. Sein Muskelbauch wird von einer feinen, schräg verlaufenden Intersectio tendinea durchsetzt. Der Muskel zieht, in einer Rinne des Semimembranosus eingebettet, nach abwärts und geht ungefähr in der Mitte des Oberschenkels in eine schmale, rundliche Sehne über, die am medialen Rande der Kniekehle zu fühlen ist und sich an der Bildung des Pes anserinus beteiligt (vgl. Voss/ Herrlinger 1985, 207 ff).

2.4.5 Der M. semimembranosus (Plattsehnenmuskel)

Der Semimembranosus (siehe S. 42, Anlage 4, Abb. 2 und S. 43, Anlage 5, Abb. 2) liegt am weitesten medial, zugleich auch ventral von den beiden anderen Beugern, zwischen diesen und dem Adductor magnus. Der Muskel ist durch eine breite bandartige Ursprungssehne ausgezeichnet, der er seinen Namen verdankt. Er bildet mit dem untersten Abschnitt seines Muskelbauches die mediale Wand des oberen Teiles der Kniekehlenraute. Dieser Teil des Muskel springt oft bei der Kontraktion als „knolliger Wulst“ an der Rückseite des Oberschenkels vor. Die Ansatzsehne des Muskels strahlt in drei Zipfeln (Pes anserinus profundus) aus, die man als Knochen-, Faszien- und Kapselansatz bezeichnen kann (vgl. Voss/ Herrlinger 1985, 208).

2.4.6 Der M. popliteus (Kniekehlenmuskel)

Der Popliteus liegt in der Tiefe der Kniekehle. Er entspringt mit deutlicher schmaler und abgeplatteter Sehne am Condylus lateralis femoris, die unter dem Lig. collaterale fibulare hindurchzieht und mit der Kapsel des Kniegelenkes verwachsen ist. Die Sehne geht in einen kurzen, schräg von fibular nach tibial absteigenden Muskelbauch über, der mit ganz kurzer, kaum sichtbarer Sehne am Planum popliteum der Tibia ansetzt. Der Popliteus wirkt auf das Kniegelenk beugend und innenrotierend (vgl. Voss/ Herrlinger 1985, 208).

3 Die funktionelle Mechanik des Kniegelenkes

„Das Kniegelenk zeichnet sich durch zwei funktionell voneinander unabhängige Bewegungsmöglichkeiten aus (...).“ (Tittel 1981, 292)

Es ist dies zum ersten eine Beugung und Streckung um eine Achse, die quer durch die Schenkelbeinknorpel verläuft, und zum zweiten eine Drehung um eine Achse, die in vertikaler Richtung durch das Schienbein zieht. Die Drehung in vertikaler Richtung kann entweder als zwangsmäßige Drehung im letzten Teil der Streckung (Schlußrotation) oder in Form der freien und aktiven Drehung im gebeugten Kniegelenk ausgeführt werden (vgl. Tittel 1981, 292 ff).

In diesem Abschnitt soll die funktionelle Mechanik in Bezug auf die Beugung und Streckung sowie Drehung des Kniegelenkes, durch nützlichen Gebrauch der Inneneinrichtungen, näher dargelegt werden.

3.1 Die Achsen des Kniegelenkes

„Der erste Freiheitsgrad des Kniegelenkes wird durch die Achse XX' festgelegt (...).“ (Kapandji 1992, 66) (siehe S. 44, Anlage 6, Abb. 1, Bild 1 - Medialansicht und Bild 2 - Lateralansicht)

Um diese Achse werden Beugung und Streckung in einer sagittalen Ebene ausgeführt. Die in einer frontalen Ebene gelegene Achse XX' zieht sich horizontal durch die Femurkondylen.

Die Schaftachse des Femur bildet, bedingt durch den ausladenden Femurhals, nicht die geradlinige Fortsetzung der Tibiaachse. „Sie bildet mit dieser einen nach außen offenen Winkel von 170 bis 175° , so daß eine physiologische Valgusstellung des Knies resultiert.“ (Kapandji 1992, 66)

Die Zentren von Hüft- (H), Knie- (O) und Sprunggelenk (C) liegen auf einer Geraden HOC, der mechanischen Achse des Beines (siehe S. 44, Anlage 6, Abb. 1, Bild 3). Im Bereich des Unterschenkels ist die Achse identisch mit der Achse der Tibia. „Am Oberschenkel bildet sie mit der Femurachse einen Winkel von 6° .“ (Kapandji 1992, 66)

„Aufgrund der größeren Distanz zwischen den beiden Hüftgelenken, welche größer als die Kniegelenksachse ist, ist die mechanische Beinachse leicht schräg nach unten und innen geneigt, mit der Vertikalen einen Winkel von 3° bildend.“ (Kapandji 1992, 66)

„Der zweite Freiheitsgrad besteht in der Drehung des Unterschenkels um die longitudinale Achse YY' bei gebeugtem Knie.“ (Kapandji 1992, 66) (siehe S. 44, Anlage 6, Abb. 1, Bild 1 und 2). Eine Drehung in Streckstellung ist – bedingt durch die Konstruktion des Kniegelenkes – nicht möglich. Bei gestrecktem Kniegelenk ist die Tibiaachse Teil der mechanischen Beinachse, eine axiale Drehung kann jetzt nur im Hüftgelenk stattfinden. In Bild 1, S. 44, Anlage 6, Abb. 1 ist weiterhin eine punktierte Achse ZZ' eingezeichnet, die rechtwinklig zu den beiden übrigen Achsen verläuft. „Sie ist nicht mit einem dritten Freiheitsgrad (...)“ belegt, „(...) sondern um sie finden bei gebeugtem Knie geringe Seitenbewegungen statt (1 bis 2 cm Ausschlag in Höhe des Sprunggelenkes).“ (Kapandji 1992, 66)

In Streckstellung sind jegliche Seitbewegungen ausgeschlossen (vgl. Kapandji 1992, 66 ff).

3.2 Beugung und Streckung des Kniegelenkes

„Beugung und Streckung sind die Hauptbewegungen im Kniegelenk.“ (Kapandji 1992,70)

Die Bewegungsamplitude wird ausgehend von der Neutralnullstellung gemessen. Der Unterschenkel bildet die geradlinige Verlängerung des Oberschenkels (siehe S. 44, Anlage 6, Abb. 2, Bild 9 - linkes Bein), die Achse des Femur setzt sich ohne Knickung in die Tibiaachse fort. „In der Neutralstellung hat die untere Extremität ihre größte Länge.“ (Kapandji 1992,70)

Bei der Extension entfernt sich die Unterschenkelrückseite von der des Oberschenkels. Da das Bein in der Neutralnullstellung bereits seine größte Länge hat, gibt es keine absolute Streckung. „Eine passive Streckung von 5° bis 10° über die Neutralnullstellung hinaus (...)“ (siehe S. 44, Anlage 6, Abb. 2, Bild 11) „(...) ist allerdings möglich.“ (Kapandji 1992,70) Diese Bewegung wird auch als Hyperextension bezeichnet.

„Die aktive Streckung geht selten, und wenn, nur gering über die Neutralnullstellung hinaus.“ (Kapandji 1992,70) (siehe S. 44, Anlage 6, Abb. 2, Bild 9)

Ihre Ausführung ist von der Stellung des Hüftgelenkes abhängig, denn der M. rectus femoris als einer der essentiellen Kniestrecker ist effektiver, wenn das Hüftgelenk extendiert ist. Das gestreckte Hüftgelenk ist sozusagen die Vorbereitung der Extension des Kniegelenkes (siehe S. 44, Anlage 6, Abb. 2, Bild 10 - rechtes Bein).

Die relative Streckung ist eine Bewegung, die aus einer beliebigen Beugstellung in die Endstreckstellung führt (siehe S. 44, Anlage 6, Abb. 2, Bild 10 - linkes Bein). Sie ist beim Gehen zu beobachten, wenn das Spielbein nach vorne gebracht wird, um mit der Unterstützungsfläche Kontakt aufzunehmen.

Bei der Beugung wird die Unterschenkelrückseite an die des Oberschenkels herangeführt.

„Eine absolute Beugung geht immer von der Neutralnullstellung aus, relative Beugebewegungen starten aus einer beliebigen Flexionsstellung.“ (Kapandji 1992,70)

Das Ausmaß der Beugung im Kniegelenk ist von der Hüftgelenkstellung und von den Hüftgelenksbewegungen abhängig. „Die aktive Beugung erreicht 140° , wenn das Hüftgelenk vorweg gebeugt ist (...)“ (siehe S. 44, Anlage 6, Abb. 2, Bild 12), „(...) bei gestrecktem Hüftgelenk beträgt sie nur 120° .“ (Kapandji 1992,70) (siehe S. 44, Anlage 6, Abb. 2, Bild 13)

Dieser Unterschied beruht auf einer verringerten Effizienz der ischiocruralen Muskeln bei gestrecktem Hüftgelenk. „Es ist allerdings möglich, auch bei gestrecktem Hüftgelenk mehr als 120° zu beugen (...)“ (Kapandji 1992,70) Die ischiocruralen Muskeln müssen dabei schnell und kräftig kontrahieren, wobei sie das Kniegelenk beugen, so daß der

Unterschenkel „(...) in Form einer passiven Flexion über 120° hinaus (...)“ schwingt. (Kapandji 1992,70)

„Die passive Beugung erreicht eine Amplitude von 160° (...)“ (siehe S. 44, Anlage 6, Abb. 2, Bild 14), „(...) so daß die Ferse Kontakt mit dem Gesäß bekommt.“ (Kapandji 1992,70) Diese Bewegung ist wichtig für die Prüfung der Beugefähigkeit des Kniegelenkes (vgl. Kapandji 1992, 70 ff).

3.2.1 Ausschlaggebende Gelenkflächen für Beugung und Streckung

„Die Hauptbewegungen des Kniegelenkes, Beugung und Streckung, finden um eine transversale Achse statt. Unter diesem Aspekt ist das Gelenk ein Scharnier.“ (Kapandji 1992,76)

„Die Artikulationsflächen am distalen Ende des Femurs sind windenförmig und stellen einen Windenabschnitt dar.“ (Kapandji 1992,76) (siehe S. 45, Anlage 7, Abb. 1, Bild 32). Die zwei Femurkondylen bilden die beiden bikonvexen Lippen der Winde. Nach vorne zu laufen sie in die gekehlte Fascies patellaris aus (siehe S. 45, Anlage 7, Abb. 1, Bild 34). Die Windeneinkerbung wird vorne von der zentralen Kehlung der Facies patellaris, hinten von der Fossa intercondylaris gebildet.

„Die Tibia besitzt zwei reziprok gekrümmte Gelenkflächen.“ (Kapandji 1992,76) Es sind zwei parallele, konkave Flächen, die durch eine leichte Erhebung voneinander getrennt werden (siehe S. 45, Anlage 7, Abb. 1, Bild 35). Äußere (GA) und innere Gelenkfläche (GI) sind Ausschnitte der Fläche S, welche voneinander durch die seichte Eminenz, die die beiden Tubercula intercondylaria beherbergt, getrennt werden. Nach vorne zu findet sich in Verlängerung dieser seichten Erhebung der First der Patellarückseite (P), deren Facetten die Fortsetzung der Tibiagelenkflächen bilden. Die Gesamtheit der Gelenkflächen hat eine transversale Achse (I), die mit der Kondylenachse (II) des geschlossenen Gelenks zusammenfällt.

Während die Tibiagelenkflächen mit den Femurkondylen artikulieren, liegen die Tubercula intercondylaria in der Fossa intercondylaris. „Die genannten Strukturen bilden funktionell das Tibiofemoralgelenk.“ (Kapandji 1992,76) Die beiden Facetten der Patellarückfläche artikulieren mit beiden Wülsten der Facies patellaris, während sich der Patellafirst in die seichte Rinne der Facies patellaris einpaßt. „Es handelt sich funktionell um ein weiteres Gelenk, die Articulatio femoropatellaris.“ (Kapandji 1992,76) Die beiden Gelenke, das tibiofemorale und das femoropatellare, sind anatomische Teile des Kniegelenkes.

In einer groben Umschreibung kann die Beugung und Streckung im Kniegelenk als eine Windenfläche, die in einer konkav gekrümmten Doppelrinne gleitet, aufgefaßt werden (vgl. Kapandji 1992, 76 ff).

3.2.2 Bewegungen der Kondylen auf den tibialen Gelenkflächen

Die Untersuchungen der Gebrüder Weber von 1836 stellten die Bewegungsabläufe, die bei Streckung und Beugung entstehen, am besten dar (siehe S. 45, Anlage 7, Abb. 2, Bild 60). Für eine Mehrzahl von Stellungen zwischen extremer Streckung und Beugung wurden auf dem Knorpel von Kondylus und Tibiafläche die momentanen Kontaktpunkte markiert. So wurde zum einen festgestellt, „(...) daß der Kontaktpunkt an der Tibia bei der Beugung nach hinten wandert (schwarzes Dreieck: Streckung; schwarze Raute: Beugung) (...)“ und zum anderen, „(...) daß die Distanz zwischen den Markierungen am Kondylus doppelt so groß war wie an der Tibiafläche.“ (Kapandji 1992, 84)

Durch diese Tatsache konnte gezeigt werden, „(...) daß der Kondylus auf der Tibia gleichzeitig rollt und gleitet.“ (Kapandji 1992, 84) „Nur so wird eine posteriore Luxation verhindert, (...)“ und zugleich eine weiträumige Flexion von bis zu „(...) 160° (...)“ ermöglicht. (Kapandji 1992, 84) (siehe S. 45, Anlage 7, Abb. 2, Bild 60)

Die Untersuchungen von Strasser (1917) haben gezeigt, daß sich das Verhältnis Rollen-Gleiten bei Streckung und Beugung verändert. Ausgehend von der maximalen Streckung beginnt der Kondylus zu rollen, dann setzt ein anwachsendes Gleitmoment ein, das bald das Rollen überwiegt. Gegen Ende der Beugung gleitet der Kondylus nur noch auf der Tibiafläche.

Das Maß des reinen Rollens bei Beginn der Beugung ist für die beiden Kondylen unterschiedlich. „Am medialen Kondylus (...)“ (siehe S. 45, Anlage 7, Abb. 2, Bild 61) wurde „(...) es nur für die ersten 10° bis 15° Flexion (...)“ festgestellt. (Kapandji 1992, 84) „Am lateralen Kondylus hält es (...)“ jedoch bis zu „(...) 20° Beugung an.“ (Kapandji 1992, 84) (siehe S. 45, Anlage 7, Abb. 2, Bild 62)

„Der laterale Kondylus rollt mehr als der mediale, was erklärt, daß der Weg, den er auf der lateralen Tibiafläche zurücklegt, länger ist als der des medialen.“ (Kapandji 1992, 84)

„Darüber hinaus ist (...) festzustellen, daß das initiale 15° bis 20° Rollen mit der gewöhnlichen Flexions-Extensionsamplitude während des normalen Gehens korrespondiert.“ (Kapandji 1992, 84) So gibt es für jeden Punkt der Kondylenkontur einerseits den entsprechenden Krümmungsmittelpunkt, andererseits auch das momentane

Drehzentrum, um das sich das Femur in Relation zur Tibia dreht (vgl. Kapandji 1992, 84 ff).

„Sind die beiden Punkte identisch, dann findet im Gelenk ein reines Rollen statt (...).“ (Kapandji 1992, 84) Wird die Distanz zwischen diesen beiden Punkten jedoch größer, dann nimmt das „(...) Gleitmoment (...) stetig zu (...)“. (Kapandji 1992, 84)

3.2.3 Verlagerung der Menisci bei Beugung und Streckung

Wie in Punkt 3.2.2 bereits geschildert, „(...) wandert die momentane Kontaktfläche zwischen Kondylen und tibialen Gelenkflächen bei der Beugung nach hinten und bei der Streckung nach vorn.“ (Kapandji 1992, 94) „Die Menisken folgen (...)“ ebenso „(...) diesen Bewegungen (...)“. (Kapandji 1992, 94) In der Streckstellung (siehe S. 46, Anlage 8, Abb. 1, Bild 89) ist die hintere Partie der tibialen Gelenkflächen, insbesondere die der lateralen (Gl), unbedeckt. Bei Beugung (siehe S. 46, Anlage 8, Abb. 1, Bild 90) bedecken die Menisken (Ml und Mm) die hintere Flächenpartie vollständig, wobei der laterale Meniskus die hintere Grenze der lateralen Tibiagelenkfläche erreicht. Eine Aufsicht auf die dem tibialen Plateau aufliegenden Menisci zeigt, daß sie ausgehend von der Streckstellung (siehe S. 46, Anlage 8, Abb. 1, Bild 91) in unterschiedlichem Ausmaß nach hinten verlagert werden. „In Beugstellung (...)“ (siehe S. 46, Anlage 8, Abb. 1, Bild 92) „(...) ist der laterale Meniskus (Ml) doppelt so weit nach hinten gewandert wie der mediale (Mm).“ (Kapandji 1992, 94) Der mediale C-Knorpel verlagert sich dabei um etwa „(...) 6 mm, der laterale um (...)“ etwa „(...) 12 mm (...)“. (Kapandji 1992, 94)

Die Abbildungen verdeutlichen weiterhin, daß sich die Menisken während ihrer Verlagerung gleichzeitig verformen. Dies ist bedingt durch die Fixierung ihrer Hörner, wobei die übrigen Partien frei beweglich sind. „Der laterale Meniskus verformt und verlagert sich dabei mehr als der mediale, da die Fixpunkte seiner Hörner näher beieinander liegen.“ (Kapandji 1992, 94)

Die bewegungsauslösenden Momente der Meniskusbewegung sind auf passive und aktive Faktoren zurückzuführen. Passiv werden die Menisci durch die Femurkondylen bewegt, wobei die Kondylen die C-Knorpel vor sich herschieben.

Die Aktiven Bewegungsmechanismen sind abhängig von Extensions- oder Flexionsbewegungen. Da die Kniescheibe bei der Extension nach vorne wandert, werden (siehe S. 46, Anlage 8, Abb. 1, Bild 94 und 95) die Menisken durch flügelartige, von der Patella entspringende Faserbündel (Retinacula horizontalia, 1) nach vorn gezogen. Auf diese Weise wird auch das Lig. transversum genus angespannt. Bedingt durch die Anspannung des hinteren Kreuzbandes, wird durch Zug über das Lig. meniscofemorale

posterins (2) das Hinterhorn des Außenmeniskus (siehe S. 46, Anlage 8, Abb. 1, Bild 95) nach vorne verlagert.

Bei der Beugung wird der mediale Meniskus (siehe S. 46, Anlage 8, Abb. 1, Bild 97) durch die an seinen Hinterrand heranziehende Sehnenabspaltung des M. semimembranosus (3) nach hinten verlagert, sein Vorderhorn wird von Fasern nach rückwärts gezogen, die dem vorderen Kreuzband (4) entspringen. Der laterale Meniskus (siehe S. 46, Anlage 8, Abb. 1, Bild 98) wird durch Kontraktion des M. popliteus (5) nach hinten verschoben (vgl. Kapandji 1992, 94 ff).

3.2.4 Die Streckmuskulatur

Der M. quadriceps femoris ist der Strecker des Kniegelenks. „Es handelt sich um einen sehr kräftigen Muskel (physiologischer Querschnitt 148 cm^2) mit großer Arbeitsleistung.“ (Kapandji 1992, 136) „Er überwiegt die Beuger um ein Dreifaches an Leistung (...)“, da er gegen die Schwerkraft arbeiten muß. (Kapandji 1992, 136) Bei der geringsten Beugung wird der Muskel aktiv, um ein Einknicken zu verhindern.

Der M. quadriceps femoris (siehe S. 46, Anlage 8, Abb. 2, Bild 215) wird von vier Muskelköpfen gebildet (siehe auch 2.4.1 ff). Diese inserieren über eine gemeinsame Sehne an der Tuberositas tibiae. Die drei eingelenkigen Muskeln (Vastus medialis, Vastus lateralis und Vastus intermedius) sind ausschließlich Strecker des Kniegelenks. „Der weiter nach distal herunterreichende laterale Vastusmuskel ist kräftiger als der mediale.“ (Kapandji 1992, 136) Sein Übergewicht sorgt dafür, daß die Patella nicht nach lateral luxiert. Eine ausgeglichene Kontraktion des Vastus lateralis und des Vastus medialis führt zu einer in Richtung der Oberschenkelachse wirkenden Zugkraft. Dominiert einer der beiden Muskeln, so beispielsweise der Vastus lateralis, dann entweicht die Patella nach lateral. „Durch ein gezieltes Auftrainieren des Vastus medialis ist es möglich, der nach lateral gerichteten Luxationstendenz der Kniescheibe entgegenzuwirken.“ (Kapandji 1992, 136)

Die Patella ist als Sesambein in den Streckapparat des Kniegelenkes eingelagert. Sie verbindet die proximale Quadricepssehne mit dem distalen Lig. patellae. „Sie erhöht das Drehmoment des M. quadriceps, indem sie den virtuellen Hebelarm vergrößert.“ (Kapandji 1992, 136)

„Die an der Kniescheibe angreifende Kraft Q des M. quadriceps femoris (...)“ (siehe S. 42, Anlage 8, Abb. 2, Bild 216) „(...) kann in zwei Vektoren zerlegt werden.“ (Kapandji 1992, 136) Eine Teilkraft Q_1 ist gegen das Drehzentrum gerichtet, sie preßt die Kniescheibe

gegen die Facies patellaris femoris. Die zweite Kraft Q_2 wirkt in Richtung des Lig. patellae. „Diese an der Tuberositas tibiae angreifende Kraft kann ihrerseits in zwei Komponenten zerlegt werden, die rechtwinklig zueinander ausgerichtet sind.“ (Kapandji 1992, 136) Die Kraft Q_3 ist gegen das Drehzentrum gerichtet, sie preßt die Tibia an das Femur. Die Kraft Q_4 ist diejenige, die ausschließlich extendiert.

Würde man nun die Kniescheibe operative entfernen (Patellektomie), dann wirkt die (als gleich groß angenommene) Kraft Q des M. quadriceps femoris (siehe S. 46, Anlage 8, Abb. 2, Bild 217) direkt an der Tuberositas tibiae. „Sie kann in zwei Vektoren zerlegt werden, in eine Kraft Q_5 , die die Tibia gegen das Femur drückt und eine Kraft Q_6 , die rein extendiert. Die Kraft Q_6 ist dabei kleiner, die Kraft Q_5 größer geworden.“ (Kapandji 1992, 136)

„Vergleicht man nun die streckwirksamen Teilkräfte miteinander (...)“ (siehe S. 46, Anlage 8, Abb. 2, Bild 218), „(...) so ist Q_4 um 50% größer als Q_6 .“ (Kapandji 1992, 136) Die Kniescheibe vergrößert den Abstand zwischen Muskelhauptlinie und Drehzentrum des Gelenkes. Die Effektivität des M. quadriceps femoris wird vergrößert. Bei entfernter Kniescheibe ist die den Gelenkschluß fördernde Kraft zwar vergrößert, gleichzeitig aber verringert sich die Flexionsamplitude, da der Streckapparat verkürzt und generell geschwächt ist (vgl. Kapandji 1992, 136 ff).

3.2.4.1 Die besondere Funktion des M. rectus femoris

„Der M. rectus femoris macht etwa nur ein Fünftel der Gesamtkraft des M. quadriceps femoris aus (...)“. (Kapandji 1992, 138) Er allein kann keine vollständige Streckung erzielen, jedoch als zweigelenkiger Muskel verdient er eine besondere Beachtung.

„Da er sowohl vor der Beuge- Streckachse des Hüft- als auch des Kniegelenks verläuft, ist er zum einen Beuger im Hüftgelenk, und zum anderen Strecker im Kniegelenk.“ (Kapandji 1992, 138) (siehe S. 47, Anlage 9, Abb. 1, Bild 220) „Seine Wirkung als Kniestrecker hängt jedoch von der Hüftgelenksstellung und umgekehrt seine Streckwirkung im Hüftgelenk von der Position des Kniegelenkes ab.“ (Kapandji 1992, 138) Der Grund für seine unterschiedliche Wirksamkeit ergibt sich aus der Beobachtung (siehe S. 47, Anlage 9, Abb. 1, Bild 219), daß die Strecke zwischen Spina iliaca anterior superior (a) und dem Oberrand der Facies patellaris femoris bei der Beugung (ac) kürzer als bei der Streckung (ab) ist. „Diese Distanzverkürzung führt zu einer relativen Verlängerung des Muskels (...)“. (Kapandji 1992, 138) Wird zum Beispiel das Hüftgelenk gebeugt, „(...) so beugt sich das Knie allein durch das Wirken des Gewichtes des Unterschenkels (II).“ (Kapandji 1992,

138) Unter diesen Bedingungen bedarf es für die Streckung des Kniegelenks des Einsatzes der übrigen drei Muskelköpfe, die effizienter sind als der M. rectus femoris, dessen Verkürzungsmöglichkeit durch die Hüftgelenksbeugung bereits weitgehend erschöpft ist.

„Wird hingegen das Hüftgelenk maximal gestreckt (von I nach IV), dann wächst die Distanz um den Betrag (f) auf die Länge (ad).“ (Kapandji 1992, 138) Der M. rectus femoris wird nun vorgedehnt, so daß damit seine absolute Verkürzungsmöglichkeit größer wird und der M. quadrizeps femoris dadurch an Effektivität gewinnt. Dies geschieht beim Laufen oder Gehen, bevor das hintere Bein vom Boden abgehoben wird (siehe S. 47, Anlage 9, Abb. 1, Bild 223). Schwingt das Bein beim Gehen nach vorn (siehe S. 47, Anlage 9, Abb. 1, Bild 222), dann kontrahiert sich der M. rectus femoris, um gleichzeitig eine Beugung im Hüftgelenk und eine Streckung im Kniegelenk auszuführen. Der M. gluteus maximus wirkt als Partnermuskel zum M. rectus femoris synergistisch-antagonistisch. Bezüglich des Hüftgelenks wirkt er antagonistisch, bezüglich des Kniegelenks synergistisch.

Desweiteren spielt der M. rectus femoris beim Aufrichten aus der Hockstellung eine führende Rolle. „Er ist der einzige Muskelkopf des M. quadriceps, der während dieses Bewegungsablaufes nicht an Effektivität einbüßt.“ (Kapandji 1992, 138)

Während sich das Kniegelenk streckt, wird gleichzeitig durch den M. gluteus maximus das Hüftgelenk extendiert.

Durch die Hüftstreckung wird der M. rectus femoris nachgedehnt, so daß er trotz seiner Kontraktion annähernd gleiche Länge behält. „Es handelt sich hier erneut um ein Beispiel von Kraftübertragung.“ (Kapandji 1992, 138) Der an der Wurzel der Extremität gelegene M. gluteus maximus überträgt seine Kraft auf das weiter distal gelegene Kniegelenk unter Einschaltung des zweigelenkigen M. rectus femoris.

Umgekehrt begünstigt die Kniebeugung durch die ischiocruralen Muskeln die Beugung des Hüftgelenks durch den M. rectus femoris. Beim Sprung mit gebeugten Kniegelenken (siehe S. 47, Anlage 9, Abb. 1, Bild 224) hat der M. rectus femoris wesentlichen Anteil an der Beugung im Hüftgelenk. Auch dies ist ein Beispiel für ein antagonistisch-synergistisches Verhältnis zwischen den ischiocruralen Muskeln, die das Kniegelenk strecken und das Hüftgelenk beugen, und dem M. rectus femoris, der im Hüftgelenk beugt und im Kniegelenk streckt (vgl. Kapandji 1992, 138 ff).

3.2.5 Die Beugemuskulatur

„Die das Kniegelenk beugenden Muskeln liegen grundsätzlich auf der Rückseite des Oberschenkels.“ (Kapandji 1992, 140) (siehe S. 47, Anlage 9, Abb. 2, Bild 224). Es ist die ischiocrurale Muskelgruppe bestehend aus dem M. biceps femoris (1), dem M. semitendinosus (2) und dem M. semimembranosus (3). Weitere Beuger sind der M. gracilis (4), der M. sartorius (5) und der M. semitendinosus (der gleichzeitig zur ischiocruralen Muskelgruppe gehört), welche den Pes anserinus (superficialis) bilden.

„Der M. popliteus (6) und der M. gastrocnemius (7) spielen als Beuger des Kniegelenks keine wesentliche Rolle.“ (Kapandji 1992, 140)

Der M. gastrocnemius stabilisiert das Kniegelenk. Er entspringt mit seinen beiden Köpfen oberhalb der Femurkondylen. Er kontrahiert sich in der Abstoßphase des Beines, wenn Knie- und Sprunggelenk gleichzeitig gestreckt werden. Durch seine Kontraktion werden die Femurkondylen nach vorn gedrückt. Der M. gastrocnemius arbeitet antagonistisch-synergistisch mit dem M. quadriceps femoris.

Mit Ausnahme des M. biceps femoris und des M. popliteus (beide eingelenkig) sind alle anderen Muskeln zweigelenkig. Die zweigelenkigen Muskeln haben eine Streckwirkung im Hüftgelenk, wobei ihre Wirkung auf das Kniegelenk von der Stellung des Hüftgelenks abhängt.

Der M. sartorius (5) ist Beuger, Abduktor und Außenrotator im Hüftgelenk. Er beugt gleichzeitig das Kniegelenk und rotiert den Unterschenkel nach innen. Der M. gracilis (4) ist hauptsächlich Adduktor und darüberhinaus Hüftgelenksbeuger. Im Kniegelenk wirkt er beugend und innenrotierend.

Die ischiocruralen Muskeln strecken im Hüft- und beugen im Kniegelenk. „Ihre Wirkung im Kniegelenk wird allerdings durch die Hüftgelenksstellung beeinflusst.“ (Kapandji 1992, 140) (siehe S. 47, Anlage 9, Abb. 2, Bild 225) Wird das Hüftgelenk gebeugt, dann wächst die Strecke (ab) zwischen Ursprung und Ansatz der Muskeln, da das Drehzentrum O des Hüftgelenks nicht mit dem Ursprungspunkt a der Muskeln identisch ist. „Je stärker das Hüftgelenk gebeugt wird, desto mehr werden die Muskeln vorgedehnt und passiv gespannt.“ (Kapandji 1992, 140)

„Bei einer Hüftbeugung von 40° (Position II) kann die Spannung der Muskeln noch durch eine passive Beugung des Knies kompensiert werden ($ab = ab'$). Bei einer Beugung von 90° hingegen (Position III) kommt es trotz der rechtwinkligen Beugung des Kniegelenks zu einer passiven Spannung der Muskeln (f). Eine Hüftbeugung über 90° (Position IV)

macht es schwierig, das Kniegelenk gestreckt zu halten.“ (Kapandji 1992, 140) (siehe S. 47, Anlage 9, Abb. 2, Bild 226)

Die Dehnfähigkeit (g) der Muskeln finden ihre Grenzen, wobei sich diese Dehnbarkeit bei mangelnder Übung noch verringern kann. „Die Vordehnung der ischiocruralen Muskeln durch eine Hüftgelenksbeugung erhöht deren Beugewirkung im Kniegelenk.“ (Kapandji 1992, 140) Wird beispielsweise beim Klettern (siehe S. 47, Anlage 9, Abb. 2, Bild 227) ein Bein nach vorne gesetzt, so begünstigt die Hüftbeugung die Beugung im Kniegelenk. Umgekehrt wird bei gestrecktem Knie die Extensionswirkung der ischiocruralen Muskeln im Hüftgelenk erhöht. Dies ist z. B. der Fall, wenn der vorn übergebeugte Rumpf aufgerichtet werden soll (siehe S. 47, Anlage 9, Abb. 2, Bild 226).

„Wird das Hüftgelenk gestreckt (...)“ (siehe S. 47, Anlage 9, Abb. 2, Bild 225 - Stellung V), „(...) dann erfahren die ischiocruralen Muskeln eine relative Verlängerung (e), was erklärt, daß die Kniebeugung nun weniger weitführend ist.“ (Kapandji 1992, 140) Nun wird die Bedeutung der eingelenkigen Muskeln (M. popliteus und kurzer Kopf des M. biceps femoris) deutlich, die ihre Wirkung unabhängig von der Hüftgelenksstellung immer beibehalten (vgl. Kapandji 1992, 140 ff).

„Die Arbeitsleistung der Kniegelenksbeuger insgesamt ist etwas größer als ein Drittel der Leistung des M. quadriceps femoris.“ (Kapandji 1992, 140)

3.3 Rotation im Kniegelenk

„Die Drehung des Unterschenkels um seine Längsachse kann nur bei gebeugtem Kniegelenk stattfinden (...)“, da die Kniestreckung „(...) Femur und Tibia zur festen Tragsäule (...)“ verbindet. (Kapandji 1992, 72)

Um die aktive Rotation exakt zu messen, muß das Kniegelenk rechtwinklig gebeugt werden, der Proband setzt sich dabei auf eine Tischkante und läßt den Unterschenkel herunterhängen (siehe S. 48, Anlage 10, Abb. 1, Bild 15). Die Beugung des Kniegelenks schließt eine Drehung im Hüftgelenk aus. In der Neutralnullstellung zeigen die Fußspitzen leicht nach außen.

Die Innenrotation (siehe S. 48, Anlage 10, Abb. 1, Bild 16) bringt die Fußspitze nach innen und ist dabei wesentlich an der Adduktionsbewegung des Fußes mitbeteiligt.

Die Außenrotation (siehe S. 48, Anlage 10, Abb. 1, Bild 17) läßt die Fußspitze nach außen wandern, wobei sie an der Abduktion des Fußes mitbeteiligt ist. Das Maß der Drehung ist vom Maß der Beugung im Knie abhängig. „(...) Bei einer Beugung von 30° kann um 32° nach außen, bei 90° Beugung um 42° nach außen gedreht werden.“ (Kapandji 1992, 72)

Der durchschnittliche Winkel bei der Außenrotation liegt bei etwa „(...) 40° (...)“ und der Innenrotation bei etwa „(...) 30° (...)“. (Kapandji 1992, 72)

Die passive Längsrotation wird gemessen, indem der Proband auf dem Bauch liegt und das Kniegelenk rechtwinklig beugt. Der Untersucher faßt den Fuß mit beiden Händen und bringt die Fußspitze nach außen (siehe S. 48, Anlage 10, Abb. 1, Bild 18) und nach innen (siehe S. 48, Anlage 10, Abb. 1, Bild 19). Die passive Rotationsmöglichkeit ist dabei etwas größer als die aktive.

„Die sogenannte Schlußrotation tritt automatisch gekoppelt mit den Beuge- und Streckbewegungen auf.“ (Kapandji 1992, 72) Sie findet zum Abschluß der Streckung und zum Beginn der Beugung statt. Bei Kniestreckung wird der Fuß etwas nach außen gedreht (siehe S. 48, Anlage 10, Abb. 1, Bild 20). Wird das Knie gebeugt, dann dreht sich der Unterschenkel nach innen (siehe S. 48, Anlage 10, Abb. 1, Bild 21). Diese Bewegung wird auch ausgeführt, wenn man sich auf die gebeugten Unterschenkel hockt. Die Zehenspitzen sind nach medial orientiert (foetale Haltung).

Auf den Mechanismus der automatischen Schlußrotation wird noch in Punkt 3.3.5 näher eingegangen (vgl. Kapandji 1992, 72 ff).

3.3.1 Ausschlaggebende Gelenkflächen für die Rotation

Die axiale Drehung wird ermöglicht, durch die zapfenförmige Gestalt der Tubercula intercondylaria (siehe S. 48, Anlage 10, Abb. 2, Bild 38), die die laterale Begrenzung der medialen und die mediale Begrenzung der lateralen Gelenkfläche darstellt. Durch den Zapfen, repräsentiert durch das Tuberculum intercondylare mediale, verläuft die vertikale Achse (R), um die die axialen Drehbewegungen erfolgen.

An einem mechanischen Modell läßt sich die Funktionsweise der Gelenkflächen leicht verstehen.

Zwei Elemente, das obere mit einer Nute, das untere mit einem Kamm versehen, können, genau aufeinander gepaßt, nur gegeneinander verschoben aber nicht gedreht werden (siehe S. 48, Anlage 10, Abb. 2, Bild 39). Wenn nun die beiden Enden des Kammes fortgenommen und der zentrale Teil stengelassen werden, wobei dessen Durchmesser nicht größer als der der Nute sein soll (siehe S. 48, Anlage 10, Abb. 2, Bild 40), so verbleibt ein zylindrischer Zapfen, der sich in die Nute des oberen Elementes einfügen läßt.

Jetzt (siehe S. 48, Anlage 10, Abb. 2, Bild 41) haben die beiden Elemente zwei Bewegungsmöglichkeiten.

Der zentrale Zapfen kann in der Rinne gleiten, was der Beugung und Streckung entspricht, sowie in der Nute rotieren (und zwar an jeder Stelle), welches der Drehung um die Längsachse der Tibia entspricht (vgl. Kapandji 1992, 78 ff).

3.3.2 Bewegungen der Kondylen auf den tibialen Gelenkflächen

„Befindet sich das gebeugte Kniegelenk bezüglich Rotation in Mittelstellung (...)“ (siehe S. 49, Anlage 11, Abb. 1, Bild 63), „(...) dann haben die hinteren Kondylenteile Kontakt mit der mittleren Partie der tibialen Gelenkflächen.“ (Kapandji 1992, 86) Dies zeigt sich deutlich, wenn die Kondylen durchscheinend und die Umrisse der Tibiagelenkflächen gestreift dargestellt werden (siehe S. 49, Anlage 11, Abb. 1, Bild 64). Das Schema läßt außerdem erkennen, daß durch eine Kniegelenksbeugung die Eminentia intercondylaris der Tibia aus der Fossa intercondylaris des Femurs heraustritt. „In Streckstellung liegt sie dort eingeschlossen, ein Grund, warum in Extension eine Rotation nicht möglich ist.“ (Kapandji 1992, 86)

Bei der Außenrotation der Tibia (siehe S. 49, Anlage 11, Abb. 1, Bild 65) verschiebt sich der laterale Femurkondylus nach vorn, während der mediale nach rückwärts verlagert wird (siehe S. 49, Anlage 11, Abb. 1, Bild 66).

Die Innenrotation (siehe S. 49, Anlage 11, Abb. 1, Bild 67) führt umgekehrt zur Rückverlegung des lateralen und Vorverschiebung des medialen Kondylus (siehe S. 49, Anlage 11, Abb. 1, Bild 68).

Die anterior-posterioren Bewegungen zwischen den Kondylen und den tibialen Flächen sind aber nicht gleich anzusehen. Der mediale Kondylus (siehe S. 49, Anlage 11, Abb. 1, Bild 69) verlagert sich relativ wenig gegenüber der medialen Tibiafläche, wogegen der laterale Kondylus (siehe S. 49, Anlage 11, Abb. 1, Bild 70) einen fast doppelt langen Weg (L) auf der konvexen Tibiaaußenfläche beschreibt. Bei seiner Verlagerung von vorn nach hinten steigt der laterale Kondylus zuerst an, bis er sich auf der Spitze des „Eselrückens“ befindet. Dann wandert er auf der hinteren Schräge wieder abwärts. Er ändert dabei seine vertikale Stellung (e).

„Die differente Gestalt der Tibiagelenkflächen (...)“ stehen in einer engen Beziehung zur „(...) unterschiedlichen Ausformung der Tubercula intercondylaria (...)“ (Kapandji 1992, 86) (siehe S. 49, Anlage 11, Abb. 1, Bild 71) Legt man einen Horizontalschnitt XX' durch die Eminentia intercondylaris, so ist festzustellen, daß die laterale Fläche des Tuberculum laterale in der Sagittalen konvex ist (wie die laterale Knorpelfläche), die mediale Seite des Tuberculum mediale hingegen konkav (wie die mediale Gelenkfläche der Tibia). „Da

zudem das Tuberculum mediale eindeutig höher als das laterale ist, wirkt dieses wie ein Prellbock, gegen den der mediale Femurkondylus anschlägt.“ (Kapandji 1992, 86) Der laterale Kondylus kann ohne weiteres hinter das Tuberculum intercondylare laterale schwenken. „Demnach wird die maßgebliche Achse für die Rotation nicht zwischen den beiden Tubercula hindurch ziehen, sondern in Höhe des medialen Tuberculum liegen.“ (Kapandji 1992, 86) Die mediale Verlagerung der Achse kommt in der größeren Exkursion des lateralen Kondylus zum Ausdruck. Die reale Achse für die Rotation verläuft demnach nicht genau zwischen den beiden Tubercula intercondylaria. Sie zieht durch die laterale Schräge des medialen Tuberculum, das den eigentlichen „Angelpunkt“ darstellt (vgl. Kapandji 1992, 86 ff). „Die nicht zentrale Achsenlage erklärt die längere Bewegungsbahn des lateralen Kondylus“ (Kapandji 1992, 86)

3.3.3 Verlagerung der Menisci bei Rotation

„Bei der axialen Drehung folgen die Menisken exakt den Bewegungen der Kondylen auf den tibialen Gelenkflächen.“ (Kapandji 1992, 96) (siehe 3.3.2). Aus der Neutralstellung (siehe S. 49, Anlage 11, Abb. 2, Bild 99) sind bezüglich der beiden Menisken gegenläufige Bewegungen zu beobachten.

Bei der Außenrotation (siehe S. 49, Anlage 11, Abb. 2, Bild 100) der Tibia verlagert sich der laterale Meniskus (MI) nach vorn (1) und der mediale (Mm) nach hinten (2). Während der Innenrotation (siehe S. 49, Anlage 11, Abb. 2, Bild 101) wandert der mediale Meniskus (Mm) nach vorn (3) und der laterale (MI) nach hinten (4).

„Auch bei der Rotation kommt es zu einer gestaltsverändernden Verlagerung der Menisci in Relation zu ihren an den Hörnern gelegenen Fixpunkten. Das Maß der Verlagerung ist für den lateralen Meniskus doppelt so groß wie für den medialen.“ (Kapandji 1992, 96)

Die Bewegungen der Menisci während der Rotation werden passiv durch die Femurkondylen hervorgerufen. Aktiv wird einer der Menisken durch Zug, des von der Patella entspringenden flügel förmigen Faserbündels, nach vorn gebracht. Ursache ist die Lageveränderung der Patella in Relation zur Tibia (vgl. Kapandji 1992, 96 ff).

3.3.4 Die Rotatoren des Kniegelenkes

Die Muskeln die als Kniegelenksbeuger fungieren sind auch gleichzeitig die Rotatoren. „Sie gliedern sich gemäß ihrem Ansatz am Unterschenkelskelett in zwei Gruppen.“ (Kapandji 1992, 142) (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 1, Bild 228)

Jene Muskeln, die lateral der vertikalen Drehachse XX' ansetzen, sind die Außenrotatoren (A). Es sind dies (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 1, Bild 231) der M. biceps femoris (1) und der M. tensor fasciae latae (2). Wenn sie sich kontrahieren, bringen sie das Tibiaplateau (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 1, Bild 229) nach außen, wobei sich der Unterschenkel derart dreht, daß die Fußspitze nach lateral schaut. Der M. tensor fasciae latae ist nur Beuger und Außenrotator, wenn das Kniegelenk gebeugt ist. Beim gestreckten Kniegelenk verliert er sein Rotationsmoment und wird zum Strecker. Das Caput breve des M. biceps femoris (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 1, Bild 232 - 1') ist der einzige eingelenkige, auswärtsdrehende Muskelbauch. „Die Stellung des Hüftgelenks hat auf seine Funktion keinen Einfluß.“ (Kapandji 1992, 142)

Muskeln, die medial der vertikalen Achse XX' des Kniegelenks ansetzen, sind die Innenrotatoren (B). Zu ihnen gehören (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 1, Bild 231) der M. sartorius (3), der M. semitendinosus (4), der M. semimembranosus (5), der M. gracilis (6) und der M. popliteus (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 1, Bild 232 - 7). Sie drehen das Tibiaplateau nach innen (siehe S. 46, Anlage 12, Abb. 1, Bild 230), die Fußspitze schaut dabei nach medial. Die Innenrotationsmuskeln bremsen die Außenrotation im gebeugten Kniegelenk. Auf diese Weise schützen sie den Kapselbandapparat des Standbeins vor einer Überbeanspruchung bei heftiger Drehung des Körpers zur medialen Seite. „Der M. popliteus (...)“ (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 1, Bild 234 - Ansicht von hinten) „(...) nimmt eine Sonderstellung ein.“ (Kapandji 1992, 142) Er setzt an der Rückseite des proximalen Tibiaendes an und zieht unter dem Lig. popliteum arcuatum hindurch, wo er bereits sehnig ist. Eine Sehnenabspaltung verbindet sich mit der Rückseite des lateralen Meniskus. Unter der Sehne findet sich der Recessus subpopliteus, der mit dem Gelenkraum des Kniegelenks in Verbindung steht. Die Sehne des Muskels läuft zwischen dem fibularen Kollateralband und dem Außenmeniskus heran an eine kleine Grube im Bereich der Außenfläche des lateralen Femurkondylus. Er ist der einzige eingelenkige Innenrotator. Die Stellung des Hüftgelenks hat keinen Einfluß auf seine Wirkung. Eine Ansicht auf das Tibiaplateau von oben (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 1, Bild 233) läßt seine Wirkung erkennen. Bei einer Kontraktion dreht er (schwarzer Pfeil) die Tibiarückseite nach außen. Obwohl auf der Rückseite des Gelenks gelegen, ist der M. popliteus ein Strecker des Kniegelenks. Bei der Flexion wird der Muskelursprung nach proximal und vorn verlagert (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 1, Bild 232). Der Muskel wird gedehnt, wobei sich seine innenrotatorische Wirkung verstärkt. Kontrahiert sich der M. popliteus bei gebeugtem und eventuell außenrotiertem Unterschenkel, dann bewegt er seinen Ursprung (als Punctum mobile) nach

unten-hinten. Der laterale Femurkondylus gleitet im Sinne einer Extension. Der M. popliteus ist folglich Strecker und Innenrotator im Kniegelenk (vgl. Kapandji 1992, 142 ff).

„Zusammen sind die Innenrotatoren kräftiger (...)“ und „(...) überwiegen die Außendreher leicht.“ (Kapandji 1992, 142)

3.3.5 Die Schlußrotation im Kniegelenk

In der letzten Phase der Kniegelenksstreckung findet, wie bereits in 3.3 erwähnt, eine geringe Außendrehung der Tibia statt und bei Beginn der Beugung eine leichte Innendrehung. Es handelt sich hierbei um eine unwillkürlich ablaufende Bewegung. Um diese sogenannte Schlußrotation zu erläutern, wird auf ein Versuch von ROUD näher eingegangen.

Man bringt in das Tibiaplateau (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 2, Bild 235 - Ansicht von oben) und durch die Femurkondylen zwei Metalldrähte, die bei Streckstellung des Kniegelenks in der Horizontalen und Transversalen exakt parallel stehen. Beugt man nun das Femur gegen die feststehende Tibia (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 2, Bild 236), so sieht man, wie sich die Femurachse nach hinten und medial neigt (Betrachtung für ein rechtes Kniegelenk). „Bei einer Beugung von 90° bilden die beiden Drähte in der Horizontalen einen nach außen und hinten offenen Winkel von 30° (...).“ (Kapandji 1992, 144)

Richtet man die Achse des Femurs in der Sagittalen aus (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 2, Bild 237), so ist der durch die Tibia gedrehte Draht nun schräg von medial-hinten nach lateral-vorne orientiert. Er zeigt eine Innenrotation der Tibia gegenüber dem Femur an. „Der Draht bildet einen Winkel von 20° mit einer Geraden, die rechtwinklig auf der Femurachse steht. Die Beugung im Kniegelenk ist folglich mit einer automatischen Innenrotation von 20° kombiniert. Der Unterschied von 10° ist dadurch bedingt, daß der durch das Femur gebohrte Draht (...) aufgrund der physiologischen Valgusstellung des Knies nicht rechtwinklig zur Diaphysenachse des Femurs ausgerichtet ist, sondern mit dieser einen Winkel von 80° bildet (...).“ (Kapandji 1992, 144)

Der beschriebene Versuch ist auch umgekehrt ausführbar. „Bei der rechtwinkligen Beugung divergieren die beiden Drähte (...)“ (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 2, Bild 236), „(...) in Streckstellung sind sie parallel (...).“ (Kapandji 1992, 144) (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 2, Bild 235). Das bedeutet auf die Rotation bezogen, daß „(...) die Kniegelenksstreckung von einer automatischen Außenrotation begleitet (...)“ wird. (Kapandji 1992, 144)

Da bei der Beugung im Kniegelenk (Tibia steht still) der laterale Kondylus mehr nach hinten verlagert wird als der mediale (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 2, Bild 238), ergibt sich eine Außenrotation des Oberschenkels.

„Beim gestreckten Kniegelenk liegen die Punkte a und b auf einer transversalen Achse OX. Bei einer Flexion verlagert sich der mediale Kondylus von a nach a' (5 - 6 mm), der laterale von b nach b' (10 - 12 mm). Die Punkte a' und b' liegen auf einer Geraden OY, die mit der Geraden OX einen Winkel (...) von 20° (...)“ bildet. (Kapandji 1992, 144)

„Die ungleich weite Rückverlagerung der Kondylen bei der Beugung wird durch drei Faktoren bestimmt (...).“ (Kapandji 1992, 144) Die unterschiedliche Länge der femoralen Kondylenprofile (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 2, Bild 239 und 240), die differente Kontur der tibialen Gelenkflächen (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 2, Bild 241 und 242), und der Verlauf der Kollateralbänder, da sich das mediale Kollateralband (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 2, Bild 241), beim Verlagern der Kondylen nach hinten, eher anspannt als das laterale (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 2, Bild 242). Unterstützend wird diese Aktion durch die beugenden Muskeln des Kniegelenks und die Tibia innenrotierenden Muskeln (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 2, Bild 243 - schwarzer Pfeil = Muskeln, die den Pes anserinus (superficialis) bilden, weißer Pfeil = der M. popliteus). Weiterhin bedingt die Anspannung des hinteren Kreuzbandes, in Streckstellung des Kniegelenkes, eine Außenrotation der Tibia (siehe S. 50, Anlage 12, Abb. 2, Bild 244) (vgl. Kapandji 1992, 144 ff).

4 Verletzungen und Erkrankungen der Knieregion

4.1 Allgemeine Einteilung der Gelenkverletzungen

Gelenkverletzungen aller Schweregrade kommen als Folge von Dreh- und Zugbelastungen verhältnismäßig oft vor. Da die Bänder der Gelenke aus relativ schwach durchblutetem Bindegewebe bestehen, ist die Ausheilung von Gelenkverletzungen oft langwierig und schmerzvoll (vgl. Findeisen/ Linke/ Pickenhain 1976, 305 ff).

Je mehr Muskeln ein Gelenk bedecken, desto besser ist es vor Verletzungen geschützt. Die muskuläre Führung eines Gelenkes, auch mit Hilfe der Sehnen, ist für die Belastbarkeit mitentscheidend. Ein straffer Bandapparat und die Kapseln tragen ebenfalls zur Erhöhung der Gelenkstabilität bei. Die Gelenksflüssigkeit, abgesondert von der Innenhaut der Kapsel, versorgt den lebhaften Stoffwechsel der Knorpelzellen mit Nährstoffen und setzt den Reibewiderstand der vom Knorpel überzogenen knöchernen Gelenkanteile wesentlich herab (vgl. Forgo 1983, 230). Nach dem Schweregrad und der Art der Gewalteinwirkung werden verschiedene Gelenkverletzungen unterschieden.

4.1.1 Gelenkprellung (Kontusion)

Diese Verletzungsform entsteht durch gewaltsames Aufeinanderpressen der Gelenkflächen (Sprung, Sturz) oder durch Einwirken von seitlich auftreffender Gewalt (Anprall, Quetschung). Einrisse im Gelenkkapselgewebe und im Knorpelüberzug der knöchernen Gelenkenden haben kleinste Blutungen und Austritt von Lympheflüssigkeit zur Folge. Symptome einer Gelenkprellung sind Schmerz, Schwellung (Bluterguß oder Gelenkerguß) und Bewegungsbehinderung (vgl. Findeisen/ Linke/ Pickenhain 1976, 306).

4.1.2 Gelenkzerrung (Distorsion)

Distorsionen entstehen durch drehende oder abknickende Gewalt. Dabei werden Gelenkkapsel und Bänder überdehnt oder durch Einrisse und Abrisse geschädigt. Es kommt oft zu starken Blutergüssen in der Gelenkkapsel. Auch das unmittelbar benachbarte Gewebe ist durch Unterblutung und Austritt von Gewebsflüssigkeit erheblich geschwollen. Hauptsymptom ist neben dem Schmerz und dem Funktionsausfall die Schwellung (vgl. Findeisen/ Linke/ Pickenhain 1976, 306).

4.1.3 Verrenkung (Luxation)

Durch meist indirekte, aber auch direkte heftige Gewalteinwirkungen können Verlagerungen von Gelenkenden eintreten, wodurch das normale Gelenkgefüge aufgehoben ist. Unter Zerreißung der Gelenkkapsel und der Gelenkbänder verläßt der Gelenkkopf die Gelenkpfanne. Symptome sind Gelenkverformung, federnde Fixation (passive Bewegung ist nur gegen mäßig federnden Widerstand möglich) und leere Gelenkpfanne bei Auffinden des Kopfes außerhalb der Pfanne. Es bestehen auch hier Schwellungen und Aufhebung der Gelenkfunktion (vgl. Forgo 1983, 230).

4.1.4 Bandriß (Ligamentruptur)

Durch erhebliche indirekte Gewalteinwirkung kann es zur Ruptur oder zum knöchernen Ausriß des Bandes kommen. Meist ist nicht eine einzelne Bandstruktur, sondern mehrere Bänder betroffen. Ausgedehnte Bandverletzungen führen zur Instabilität des Gelenkes mit Subluxation oder Luxationsstellung im Gelenk. Klinisch ist eine vermehrte Aufklappbarkeit des Gelenkes nachweisbar. Ein Gelenkerguß ist bei Bandrupturen seltener, da das entstandene Hämatom in die Weichteile abfließen kann. Die auftretenden Symptome sind ähnlich die der Luxation und werden mit Schwellung und Aufhebung der Gelenkfunktion begleitet (vgl. Bliemeister/ Broll/ Bruch 1996, 573).

4.1.5 Gelenkknorpelverletzungen

Direkte Gewalteinwirkungen führen zu Fissuren (Einriß), Kontusionen (Quetschungen) und Impression (Einbruch) des Knorpels. Indirekte Gewalteinwirkungen können eine knorpelige (chondrale) oder eine kombiniert knöchern-knorpelige (osteo-chondrale) Abscherrung des Knorpels bewirken. Die Symptome sind bei stärkeren Verletzungen Schmerzen und Schwellung des Gelenkes, deren Ursache ein Gelenkerguß sein kann, sowie eine gelegentlich auftretende Streckhemmung. Der Erguß kann als Folge der synovialen Verletzung Blut, als Folge knöcherner Verletzung Fettsäuren enthalten. Knorpelfragmente lassen sich im Röntgenbild wegen des fehlenden knöchernen Anteils nicht nachweisen, nur knochentragende Knorpelfragmente sind im Röntgenbild darstellbar. Die Diagnose osteo-chondraler Gelenkverletzungen erfolgt mit dem Arthroskop, einer Optik, die in das Kniegelenk eingeführt wird und so direkten Einblick auf die Knorpelflächen gestattet (vgl. Bliemeister/ Broll/ Bruch 1996, 573).

4.1.6 Abnutzungserscheinung am Gelenk (Arthrosis deformans)

Abnutzungserscheinungen, die ihren Ausgang von Schäden des Gelenkknorpels nehmen, können bei immer wiederkehrenden, mehr oder weniger starken Gewalteinwirkungen auf die Gelenke auftreten. So weisen die betroffenen Gelenke im Röntgenbild oft Randzacken und Veränderungen an den Gelenkflächen auf. Solche im Röntgenbild sichtbaren Abnutzungserscheinungen bedingen jedoch oftmals keine Beeinträchtigung der Sportfähigkeit. Zur Vermeidung von Abnutzungserscheinungen an den Gelenken ist die Verringerung von Mikrotraumen und die Beseitigung monotoner Beanspruchung zu empfehlen. Ebenso spielt die völlige Ausheilung von Verletzungen vor Wiederaufnahme des Sports eine große Rolle (vgl. Findeisen/ Linke/ Pickenhain 1976, 307).

4.2 Verletzungen der Knieregion

4.2.1 O - und X - Beine (Genu varum und Genu valgum)

O- und X-Bein-Fehlstellungen im Kniegelenk können angeboren, als Wachstumsstörung von Ober- und Unterschenkelepiphysen, unfallbedingt, durch Verschleißerkrankungen des Kniegelenkes oder im Rahmen einer Osteoporose (Knochenschwund) auftreten. Das Genu varum führt zur Überbelastung des medialen (inneren) Kniegelenkspaltes, während beim Genu valgum der laterale (äußere) Kniegelenkspalt betroffen ist (vgl. Bliemeister/ Broll/ Bruch 1996, 673).

4.2.2 Bandverletzungen

Verletzungen der Seiten- und Kreuzbänder des Kniegelenks kommen meist über den Mechanismus einer Distorsion zustande (drehende, abscherende Kräfte). Oftmals kommt es zur Verletzung mehrerer Bänder gleichzeitig, während isolierte Verletzungen eines Kniebandes selten sind.

4.2.2.1 Seitenbänder

Die Verletzung des inneren Seitenbandes tritt 10- bis 20mal häufiger als die des Außenbandes auf. Es kommt zum Ein- oder Abriß des Bandes. Dabei verliert das Kniegelenk die seitliche Führung und kann mehr oder weniger weit aufgeklappt werden, das heißt im Kniegelenk ist eine geringfügige Ab- oder Adduktion möglich. Bei gleichzeitiger Läsion der Kreuzbänder ist das Ausmaß der Aufklappbarkeit vergrößert. Im Vordergrund der Symptome steht die Bewegungsbehinderung, die in den ersten Stunden infolge Schwellung zunimmt. Außerdem besteht ein Druckschmerz am inneren

Oberschenkelknorren und ein Schmerz bei Streckung und Drehung im Kniegelenk (vgl. Findeisen/ Linke/ Pickenhain 1976, 306 ff).

Bei der Innenbandverletzung kann man je nach der Schwere der dabei entstehenden Einrisse drei Grade unterscheiden. Der erste Grad, der subperiostale Einriß des Bandansatzes am Epicondylus med. femor wird wegen seiner häufig beim Skilaufen auftretenden Druckschmerzhaftigkeit auch der Name „Skipunkt“ gegeben. Der übrige Teil des Bandes ist fest, so daß Schlotterbewegungen im Bein nicht ausgelöst werden. Ein Erguß tritt nicht auf, da es sich um eine extrakapsuläre Verletzung handelt. Jede Anspannung des Bandes ist bei vermehrter Streckung des Knies schmerzhaft.

Beim zweiten Grad ist der Verlauf des medialen Seitenbandes tibialwärts stark druckempfindlich. Der Druckschmerz reicht bis in die Höhe des medialen Gelenkspaltes. Bei Operationen derartiger frischer Verletzungen findet man das Lig. collaterale tibiae in seinem oberen Teil blutig durchtränkt und mehr oder weniger stark eingerissen. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, das Knie in leichter Beugung und Adduktion ruhigzustellen, bis das Band wieder straff und eingeheilt ist (Braunsche Schiene).

Beim dritten Grad kommt es zu einer Mitbeteiligung der pars menisci, wodurch auch der Meniskusknorpel verletzt werden kann. Diagnostisch treten jetzt außer dem Druckschmerz im Verlauf des Innenbandes Schmerzen am medialen Gelenkspalt auf. Adduktionsschmerz weist auf eine Schädigung des medialen Meniskus hin, während man bei der Steinmannschen Untersuchung (siehe 4.2.3) keine genauen Auskünfte über eine Schädigung erhält. Als Zeichen einer intraartikulären Schädigung tritt ein Gelenkerguß auf (vgl. Arnold 1960, 676).

4.2.2.2 Kreuzbänder

Die Verletzungen der Kreuzbänder sind gegenüber den Seitenbändern zwar seltener, aber dafür um so schwerwiegender. Kreuzbandverletzungen kommen durch Fall auf das Knie, durch eine maximale Überstreckung und durch Anprall des in rascher Bewegung befindlichen Fußes gegen ein feststehendes Hindernis zustande. Das vordere Kreuzband ist sehr viel häufiger betroffen als das hintere. In der knappen Hälfte der Fälle reißt die Ansatzstelle des Bandes unter Mitnahme eines kleinen Knochenstückchens aus. Die Symptome sind Schmerz, Schwellung, blutiger Gelenkerguß und Standunsicherheit (vgl. Findeisen/ Linke/ Pickenhain 1976, 307). Einen sicheren Hinweis auf die Schädigung des Kreuzbandes gibt das Schubladensymptom. Bei rechtwinklig gebeugtem Knie läßt sich der Unterschenkel wie eine Schublade nach vorn schieben, wenn das vordere Kreuzband

gerissen ist. Läßt sich der Unterschenkel nach hinten verschieben, dann ist das hintere Kreuzband gerissen. Jedoch ergänzen sich durch die Überkreuzung die beiden Bänder in ihrer Haltefestigkeit. Daher werden meistens beide Bänder bei einer Verletzung in Mitleidenschaft gezogen, wobei sich allerdings die Verletzungsfolgen an dem schwächeren vorderen Band mehr bemerkbar machen, als an dem stärkeren hinteren Band (vgl. Arnold 1960, 647 ff).

4.2.3 Meniskusverletzungen

Meniskusverletzungen entstehen bei indirekter Gewalteinwirkung durch Drehung des Oberschenkels bei gebeugtem Knie und festgehaltenem Fuß. Durch Drehung des Unterschenkels wird der Innenmeniskus ins Gelenkinnere hineingezogen und dort gequetscht. Der abgerissene Teil wird in das Kniegelenk hineinverlagert und führt meist zur Einklemmung. Der mediale (innen gelegene) Meniskus ist wegen seiner Anheftung am Innenband weniger beweglich und reißt circa 20mal häufiger als der laterale (außen gelegene). Die Symptome bestehen in sofort einsetzendem Schmerz, der federnden Streckhemmung bei Einklemmung und dem zunehmenden Erguß. Über dem Gelenkspalt besteht ein Druckschmerz, der bei Bewegung des Kniegelenks Ort und Stärke wechselt. Oft gehen der eigentlichen Meniskusverletzung mehrere unbeachtet gebliebene Stauchungen und Zerrungen des Kniegelenkes voraus, die zu einer Vorschädigung des Meniskus führen (Meniskusdegeneration). Danach genügt schon ein geringfügiges Trauma zur Auslösung einer kompletten Meniskusverletzung. Der chronische Meniskusschaden hat einen deutlichen Muskelschwund des Oberschenkels des betroffenen Beines zur Folge (vgl. Findeisen/ Linke/ Pickenhain 1976, 307). Einen genauen Hinweis, welcher Meniskus verletzt ist, ergibt die Untersuchung von Steinmann. Hierbei wird das gebeugte Knie gedreht. Entstehen Schmerzen bei der Innenrotation, sprechen diese für eine Schädigung des äußeren Meniskus. Ist der innere Meniskus ist geschädigt, dann entstehen Schmerzen bei der Außenrotation (vgl. Arnold 1960, 646).

4.2.4 Knorpelerkrankung der Kniescheibe

Die Chondropathia patellae (Knorpelerkrankung der Kniescheibe) tritt gehäuft zwischen dem 20. und 40. Lebensjahr auf. Es handelt sich um eine verschleißbedingte Knorpelerweichung und -aufrauung an der Kniescheibenrückfläche. Die Betroffenen klagen über belastungsabhängige Schmerzen beim Treppensteigen sowie über Schmerzen beim Sitzen mit gebeugtem Knie. Ein Reiben der Kniescheibenrückflächen im Gleitweg

und der Druckschmerz über dem Knorpel bestätigen die klinische Diagnose (vgl. Bliemeister/ Broll/ Bruch 1996, 674).

4.2.5 Habituelle Kniescheibenverrenkung (Patellaluxation)

Bei der habituellen (gewohnheitsmäßigen) Patellaluxation kommt es zu sich wiederholenden Kniescheibenverrenkungen, die durch eine Fehlbildung der Kniescheibe, des Kniescheibengleitweges am Oberschenkel oder durch eine Bindegewebschwäche verursacht sind. Die Kniescheibe luxiert nach lateral und reponiert sich oft beim Strecken des Kniegelenkes selbständig. Durch Auftrainieren des M. vastus medialis (innerer Oberschenkelmuskel), der die Kniescheibe nach medial stabilisiert, kann der gewohnheitsmäßigen Patellaluxation entgegengewirkt werden (vgl. Bliemeister/ Broll/ Bruch 1996, 673 ff).

4.2.6 Kniescheibenfrakturen

Kniescheibenfrakturen entstehen durch den Sturz auf das Knie oder einen Schlag auf die Kniescheibe bei angespanntem Oberschenkelmuskel. Das Knie kann bei einer solchen Verletzung nicht aktiv gestreckt und das gestreckte Bein nicht hochgehoben werden. Bei typischen Querfrakturen ist ein Auseinanderweichen der Fragmente zu ertasten. Unterschieden werden osteochondrale Absprengungen, Polabrisse, Quer-, Längs-, Schräg- und Mehrfragmentbrüche sowie Trümmerfrakturen. Röntgenaufnahmen der Kniescheibe in drei Ebenen mit tangentialer Patellaufnahme sichern die genaue Diagnose (vgl. Bliemeister/ Broll/ Bruch 1996, 584).

5 Zusammenfassung

Das Kniegelenk befindet sich in der unteren Extremität, und wird von den zwei Oberschenkelknorren und dem Kopf des Schienbeinknochens gebildet.

Während der Bearbeitung des Themas sind mir zum Kniegelenk, im Gegensatz zu vielen anderen Gelenken im menschlichen Körper, einige Besonderheiten aufgefallen.

Eine Besonderheit des Kniegelenks ist die Kombination aus zwei verschiedenen Modellen.

„Das Kniegelenk ist (...) ein kombiniertes Scharnier- und Zapfengelenk.“ (Ahonen/ Lahtinen/ Sandström/ Pogliani/ Wirhed 1994, 148) In ihm sind Beugung und Streckung (um eine Achse, die quer durch die Schenkelbeinknorren verläuft) sowie Innen- und Außenrotation (um eine Achse, die in vertikaler Richtung durch das Schienbein zieht), die jedoch nur in Beugstellung des Knies ausgeführt werden können, möglich. Weiterhin tritt die sogenannte, unwillkürliche ablaufende, Schlußrotation auf, welche mit der Beuge- und Streckbewegung gekoppelt ist. Sie findet bei Abschluß der Kniegelenksstreckung, durch eine geringe Außendrehung der Tibia, und bei Beginn der Beugung durch eine leichte Innendrehung statt. „Durch den Vorgang der Schlußrotation wird das Kniegelenk in der endgradigen Extension stabilisiert.“ (Perry/ Rohe/ Garcia 1998, 88)

Eine weitere Besonderheit des Kniegelenks ist die vielfältige Anordnung, aber dennoch platzsparende Konstruktion seiner Gelenkhilfseinrichtungen. Gerade bei extremen Belastungen, die bei alltäglichen und besonders bei sportlichen Aktivitäten auf das Kniegelenk wirken, zeigt sich die hohe funktionale Effizienz, die trotz der verhältnismäßig schwachen knöchernen Führung sicher und zuverlässig ausgeführt werden kann. Aus diesem Aspekt resultiert sich eine weitere Besonderheit des Kniegelenks, nämlich die ausgesprochen feste Führungs- und Sicherungsfunktion seiner Inneneinrichtungen. Im folgenden möchte ich noch einmal zusammenfassend die Inneneinrichtungen und ihre Führungs- sowie Sicherungsfunktionen nennen.

Zur Beseitigung der ungleich geformten Gelenkflächen (dreifache Fläche der Gelenkkörper des Schenkelbeins gegenüber den Schienbeinpfannen sowie unterschiedliche Form der artikulierenden Partien) trägt ein dicker hyaliner Knorpelüberzug bei, dessen Hauptaufgabe im Abfangen von Stoß- und Druckeinwirkungen besteht. Desweiteren helfen die beiden Menisken, welche zwischen je einem Gelenkknorrenpaar liegen und sich bei Bewegungen des Kniegelenks verformen, bei der Verteilung der Kräfte über der

Knorpelfläche durch eine Vergrößerung ihrer Kontaktfläche. Hierdurch werden Druck und Erschütterungen, durch Kraftverteilung auf eine größere Fläche, reduziert.

Das Kniegelenk wird von einer Kapsel umgeben und durch eine kräftige Bänderführung gesichert.

Außerhalb des Kniegelenkes liegen das innere und äußere Seitenband, die das Gelenk stabilisieren. Die Hauptaufgabe für beide Seitenbänder besteht darin, wie zwei Schienen die Scharnierbewegungen im Kniegelenk abzusichern, indem sie das Standbein (bei gestrecktem Knie) durch ihre Anspannung feststellen und gemeinsam mit den vorderen Längsfaserzügen der Gelenkkapsel die Tragsäule stabilisieren. Bei zunehmender Beugung des Kniegelenkes werden die Seitenbänder entspannt und ermöglichen dadurch Drehbewegungen.

Innerhalb des Gelenkes liegen neben den beiden Menisken das vordere und hintere Kreuzband, welche Oberschenkelknorren und Schienbein zusammenhalten. Die beiden Kreuzbänder liegen so, daß in fast allen Stellungen des Kniegelenkes Teile von ihnen angespannt sind. Sie verhindern vor allem in der gefährdeten Beugestellung, in der die Seitenbänder erschlaffen, ein Nach-vorn-und-hinten Bewegen der artikulierenden Flächen und schränken durch die Stabilität ihrer kräftigen Fasern die Kreiselbewegungen im Unterschenkel ein.

Außerdem ist am funktionellen Kniegelenk die Kniescheibe beteiligt. Sie gleitet bei Bewegungen im Gelenk auf den beiden Oberschenkelknorren nach oben und unten. Die Patella gehört zu dem femoropatellaren Gelenk innerhalb des Knies und hat vier wichtige Funktionen zu verrichten. Ihre erste Aufgabe ist es, die Oberschenkelmuskulatur zu führen. Da die Kniescheibe an dem Femur entlang gleitet (wie in einer Führungsnute) und nur wenige Verschiebungsmöglichkeiten besitzt, werden durch sie die Beuge- und Streckbewegungen innerhalb des Kniegelenkes gesichert. Die zweite Aufgabe besteht darin, die Hebelverhältnisse zu optimieren, indem sie die Quadrizepssehne in größtmöglicher Distanz zum Drehpunkt des Kniegelenkes hält. Die Kniescheibe besitzt außerdem eine große Bedeutung für die Verlangsamung von Bewegungen und hat somit eine Bremsfunktion. Diese Aufgabe verrichtet sie beim Abbremsen von Vorwärtsbewegungen, indem sie die Kraftübertragung von Quadrizeps und Kniebeugersehnen auf den Oberschenkelknochen übernimmt. Die vierte Funktion der Kniescheibe ist die Schutzfunktion, die sie gegenüber dem Kniegelenksinneren besitzt. Die Rückseite der Patella ist gleichfalls wie die gegenüberliegende Femurfläche mit einem

hyalinen Gelenkknorpel für die Verminderung des Reibungswiderstandes umhüllt (Abschnitt Kniescheibe: vgl. Weineck 1991, 139 ff).

Darüber hinaus wird das Kniegelenk durch die Endsehnen der Oberschenkelmuskulatur gesichert. Man unterscheidet die Extensoren (Strecker) auf der Vorderseite von den Flexoren (Beuger) auf der Rückseite des Oberschenkels. Der Bizeps femoris, der Semitendinosus und der Semimembranosus bilden als Antagonisten des M. quadrizeps femoris (Strecker) die ischiocrurale Muskelgruppe. Ihre Wirkung besteht in Streckung im Hüftgelenk und Beugung im Kniegelenk, womit der funktionale Zusammenhang beider Gelenke, in bezug auf die Beuge- und Streckleistung des Kniegelenks, bestätigt wird. Eine Sonderstellung bei den Muskeln nimmt der M. quadrizeps femoris ein. Seine Hauptfunktion liegt in der Statik. Er verhindert, daß wir beim Stehen in den Knien einknicken. Bemerkenswert ist seine dreifache Leistung (als Streckmuskel) gegenüber der Beugemuskulatur, da er gegen die Schwerkraft arbeiten muß.

Aufgrund der vielfältigen Anordnung der Gelenkhilfseinrichtungen und dem perfekten Zusammenspiel derselben ist das Kniegelenk eines der kompliziertesten Gelenke im menschlichen Körper, womit meiner Meinung nach, das Zitat von K. Tittel aus der Einleitung bestätigt werden kann. Dennoch ist die Gefahr einer Verletzung des Kniegelenkes durch oben aufgeführte Aspekte nicht unterbunden, da die meistens Verletzungen aus einer Überbeanspruchung beziehungsweise aus abnormen Bewegungssituationen hervorgehen.

Auftretende Verletzungen und Erkrankungen sind oft sehr schwerfällig und mit einem kompletten Ausfall des Kniegelenkes verbunden. Die Genesungszeiten, eventuell im Zusammenhang mit einer Sporttherapie, sollten daher genutzt werden um Langzeitverletzungen und chronische Leiden zu vermeiden.

8 Literaturverzeichnis

Ahonen, J./ Lahtinen, T./ Sandström, M./ Pogliani, G./ Wirhed, R.:
Sportmedizin und Trainingslehre. Stuttgart: Schattauer, 1994.

Arnold, A.:
Lehrbuch der Sportmedizin. Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1960.

Bliemeister, G./ Broll, R./ Bruch, H.-P. (Hrsg.):
Chirurgie. München: Urban & Schwarzenberg, 1996.

Crespo, X./ Curell, N./ Curell, J.:
Die faszinierende Welt der Anatomie. Niedernhausen: Bassermann, 1991.

Findeisen, D. G. R./ Linke, P.-G./ Pickenhain, L. (Hrsg.):
Grundlagen der Sportmedizin. Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1976.

Forgo, I.:
Sportmedizin für Alle. Stuttgart: Karl Hofmann Verlag, 1983.

Kapandji, I. A.:
Funktionelle Anatomie der Gelenke (Band 2: Untere Extremität).
Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, 1992.

Spornitz, U. M.:
Anatomie und Physiologie. Berlin/ Heidelberg: Springer-Verlag, 1996.

Tittel, K.:

Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen.

Jena: Gustav Fischer Verlag, 9. Auflage, 1981.

Tittel, K.:

Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen.

Jena: Gustav Fischer Verlag, 12. Auflage, 1994.

Voss, H./ Herrlinger, R.:

Taschenbuch der Anatomie (Band 1). Jena: Gustav Fischer Verlag, 1985.

Zetkin, M./ Kühtz, E.-H./ Fichtel, K. (Hrsg.):

Wörterbuch der Medizin. Berlin: Verlag Volk und Gesundheit, 1964.