

Anatomie bei Knieexartikulation

Ralf-Achim Grünther, Christian Hofmann

Die Anatomie, die Biomechanik und die Kinematik des Kniegelenkes sind seit vielen Jahren Gegenstand von unzähligen anatomischen, biomechanischen, physikalischen und physiologischen Untersuchungen, die in den letzten vier Jahrzehnten wegen der Herstellung der Knieendoprothetik an Bedeutung zunahmten. Wetz kam im Jahre 2003 zu der Äußerung: „Es gibt kein Gelenk, welches häufiger vermessen und zerlegt wurde wie das Kniegelenk.“ Wetz und Jacob [2] schreiben 2001: „Seit der Untersuchung der Gebrüder Weber zur Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge im Jahre 1836 haben v. Meyer (1853), Langer (1858), Robert (1855), Albert (1878), Bognion (1892), Fischer (1907), Zuppinger (1904), A.E. Fick (1877), R. Fick (1911), Strasser (1917), Tretter (1944), Knese (1950) und Menschik (1981) eine Fülle kinematischer und funktionell anatomischer Studien vorgelegt, die die wesentliche Grundlage für die internationale Forschung zur Kinematik des menschlichen Kniegelenkes der Neuzeit darstellen.“ In den folgenden Jahren wurden weitere Studien von Jacob und Wetz [2], Huiskes (2003) und Van den Bogert (2004) durchgeführt.

Das Kniegelenk, *Articulatio genus*, ist das zweitgrößte Gelenk des menschlichen Körpers und besteht aus drei gelenkigen Verbindungen: einem inneren und einem äußeren Rollgelenk (mediales und laterales Femorotibialgelenk) und einem Gelenk zwischen dem Femur und der Patella (Femoropatellargelenk). Die Femorotibialgelenke stellen eine Kombination aus Scharnier- und

Radgelenk (= Trochoginglymus) dar. Die Patella ist das größte Sesambein des menschlichen Körpers (▶ Abb. 1 und 2).

Die artikulierenden Gelenkflächen werden von den überknorpelten Flächen der beiden Femurkondylen und der proximalen Fläche der beiden Tibiakondylen gebildet, deren Gelenkfläche 3–7° nach rückwärts geneigt (*dorsal slope*) ist (Frick et al. 1992). Die Femurkondylen sind als dicke Walzen ausgebildet, die nach unten und hinten auseinanderstreben. Ihre Oberflächen sind vorne flach gekrümmt und verstärken sich nach hinten zu; ihr Krümmungsradius nimmt von vorne nach hinten ab; der Krümmungsverlauf ist auf beiden Femurkondylen verschieden [4]. Zwischen beiden Femurkondylen liegt die *Fossa intercondylaris*. Der Tibiakopf trägt

die beiden korrespondierenden Kondylen, welche durch die *Eminentia intercondylaris*, dem Ansatz der Kreuzbänder, getrennt werden. Die Gelenkfläche der medialen Tibiakondyle ist größer, oval und deutlich konkav gewölbt; die Gelenkfläche der lateralen Tibiakondyle ist flacher, kreisförmig und quer konkav, jedoch in der Längsrichtung konkav-konvex gekrümmt. Die mediale Gelenkfläche ist in der Sagittalebene etwas ausgedehnter als die laterale [4] (▶ Abb. 3 und 4).

Das femoropatellare Kompartiment wird gebildet von der als Sesambein in die Ansatzsehne des *M. quadriceps femoris* eingelagerten Patella und dem Patellagleitlager (*Facies patellaris femoris*). Nach distal geht die Patella über den *Apex patellae* in das *Ligamentum patel-*

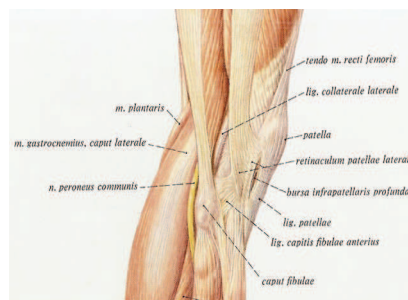


Abb. 1: Anatomie des Kniegelenkes von lateral [1]

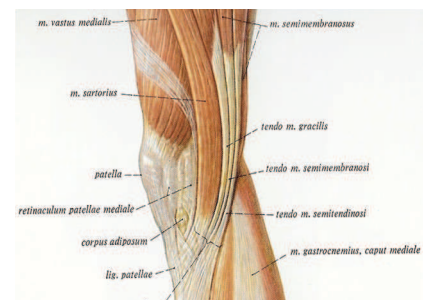


Abb. 2: Anatomie des Kniegelenkes von medial [1]



Abb. 3: Krümmung der Femurkondylenflächen [4]

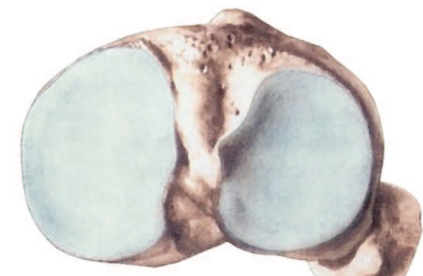


Abb. 4: Krümmung der Tibiakondylenflächen [4]

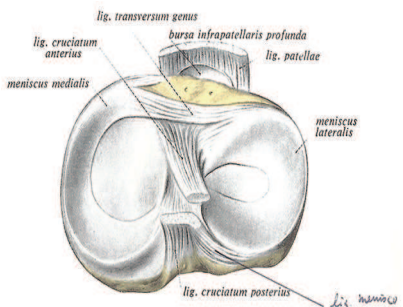


Fig. 239. Kondylen der tibia mit den beiden menisci und den Ursprüngen der ligamenta cruciata genus.

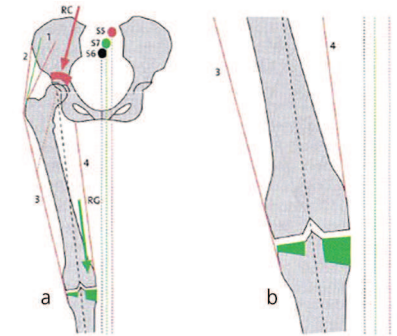
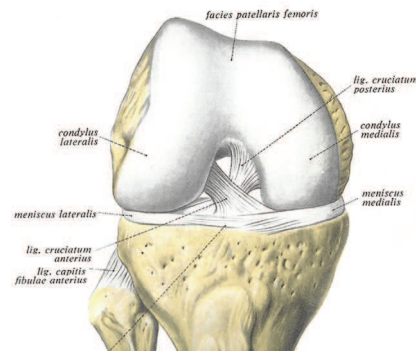


Abb. 5 und 6 : Lage von Meniscus medialis und lateralis [1]

Abb.7: Tragelinien des Beines und des Körpermittelpunktes [4]

lae über. Ihre Form variiert stark (Patellatypen nach Wiberg).

Die Menisken sind aus Faserknorpel gebildet. Im Querschnitt haben beide Menisken eine Keilform. Der mediale Meniskus ist hinten breiter als vorne, er ist mit der Gelenkkapsel und dem Kollateralband verwachsen, das Hinterhorn ist medial im Knochen verankert. Der laterale Meniskus ist im gesamten Umfang gleich breit, die Knochenverankerungen liegen vor und hinter der Eminentia intercondylaris, ansonsten ist er nur mit der Gelenkkapsel verbunden – somit verschiebt sich der laterale Meniskus bei der Bewegung des Kniegelenkes. Die Menisken liegen als C-förmige Knorpelscheiben auf der peripheren Gelenkfläche der Tibiakondylen und bilden bei Beugung und Streckung des Gelenkes transportable „Gelenkpfannen“ für die Femurkondylen. Die Lage und die unterschiedliche Beweglichkeit der Menisken führt im Bewegungsablauf zu einer besseren Druckverteilung der Femurkondylen auf die Gelenkflächen des Tibiaplateaus. Nach Kummer [4] nehmen die beiden Meniskusflächen mehr als 40–50 % der zwischen den Femurkondylen und den Tibiakondylen zu übertragenden Kräfte auf (►Abb. 5 und 6).

Die topografische Grenze zwischen Regio genus und Regio femoralis verläuft 6 cm cranial der Patella-Ba-

sis. Nach distal wird die Regio genus mit einer horizontalen Linie, die durch die Tuberositas tibiae verläuft, von der Regio cruris abgegrenzt.

Mit einer frontalen Ebene, die am hinteren Femurkondylenrand verläuft, wird die Knie region in Regio genus anterior und Regio genus posterior eingeteilt. Das Kniegelenk gliedert sich in die Teilgelenke: Articulatio femoro-tibialis lateralis und medialis sowie in die Articulatio femoro-patellaris. Die Articulatio femoro-tibialis wird anatomisch in die Articulatio menisco-femoralis und die Articulatio menisco-tibialis unterteilt.

Der frontale Kniegelenkwinkel, gebildet von der Schaftachse des Femur, die nach vorn konvex gekrümmt ist (Antekurvatur) und der Längsachse der Tibia, beträgt unter Normbedingungen 175°. Die Traglinie (MIKULICZ-Linie) oder mechanische Längsachse, die die Mittelpunkte von Hüftgelenk, Kniegelenk und oberem Sprunggelenk verbindet, verläuft bei regelhafter Anatomie durch die Mitte des Kniegelenkes (►Abb.7).

Anatomische Orientierungspunkte am Kniegelenk

Im Bereich des **Regio genus anterior** sind die ventrale Fläche des Femurs, die Ränder des lateralen und medialen Femurkondylus sowie die Patellaspitze und Patellabasis zu tasten.

Der vierköpfige Oberschenkelmuskel, M. quadriceps femoris, ist lediglich mit dem sehnigen Anteil des M. rectus femoris, M. vastus lateralis und M. vastus medialis im Kniegelenksbereich zu tasten. Die Sehne des M. quadriceps femoris inseriert auf dem cranialen Anteil der Patella. Am distalen Pol der Patella, Apex patellae, verbindet das Lig. patellae, als Verlängerung des M. quadriceps femoris diesen mit der gut sichtbaren und tastbaren Tuberositas tibiae. Zusammen mit dem Retinaculum patellae lateralis und medialis stabilisieren sie den ventralen Teil des Kniegelenks. Im Verlauf des knöchernen Femurs sind der Epicondylus femoris medialis und lateralis gut tastbar. Der Hauptgelenkspalt des Kniegelenkes lässt sich distal von Epicondylus femoralis lateralis und medialis sowie auch hinter der Patella palpatorisch sicher lokalisieren. Das erreicht man besonders gut bei gleichzeitigem Beugen des Unterschenkels und Tasten des Gelenkspaltes.

Im Bereich der **Regio genus posterior** ist das rhombenförmige Feld der Kniekehle (Poplitea) sichtbar, das von gut tastbaren Muskelrändern begrenzt ist. Cranio-lateral liegt der M. biceps femoris, der am Caput fibulae inseriert. Cranio-medial sind die Mm. semitendinosus, semimembranosus und gracilis lokalisiert.

Die Muskeln, welche die Kniekehle caudal begrenzen sind beim lebenden Mensch schwieriger zu tasten. Lateral sind neben der Sehne des Caput longum des M. biceps femoris, welcher am Fibulakopf inseriert, das Caput lateralis des M. gastrocnemius und der M. plantaris zu tasten. Medio-dorsal liegt der M. sartorius und die Sehnen von Mm. gracilis, semimembranosus und semitendinosus und das Caput mediale des M. gastrocnemius. Diese anatomischen Merkmale bieten bei der körperlichen Untersuchung keine klaren Orientierungspunkte, da sie nur schwer voneinander palpiert werden können.

Bei einer Exartikulation im Kniegelenk werden die Sehnen der genannten Oberschenkelmuskeln glatt durchgetrennt.

Am ventralen präpatellaren Kniegelenk unterscheidet man Schleimbeutel (Bursae), die eine wichtige klinische Bedeutung haben. So liegen praepatellar in drei Etagen hintereinander die Bursa subcutanea praepatellaris, Bursa subfascialis praepatellaris und Bursa subtendinea praepatellaris. Die Bursa subfascialis praepatellaris ist immer vorhanden, die beiden anderen können in ihrer Anlage variieren. Bei chronischer Reizung der Praepatellarsehnenregion kann sich eine Schleimbeutelentzündung (Bursitis) entwickeln.

Die Bursae Mm. poplitei und Bursae subtendineae der Mm. gastrocnemii medialis et lateralis haben bei der Knieexartikulation keine praktische Bedeutung.

Die Hauptgefäße der Knie-region, die Arteria und Vena poplitea sowie der Nervus tibialis, liegen in der geschützten Fossa poplitea. Sie werden topografisch auf eine Linie projiziert, die den oberen und unteren Winkel der rhombenförmigen Kniekehle verbindet.

Die Arteria poplitea stellt sich im dorsalen Weichteillappen mittig und nahe an der dorsalen Gelenkkapsel über dem Lig. popliteum dar. Lateral der Arterie verläuft die Vena poplitea. Die Gefäße haben eine gemeinsame Faszienloge. In Höhe des cranialen Randes der Femurkondylen zweigen die Arteriae genas superior lateralis und medialis, in Höhe des Kniegelenkspaltes die Arteriae suralis medialis und lateralis sowie in Höhe der Tibiakondylen die Arteriae genas inferior medialis und lateralis ab. Die Venen begleiten die Arterien. In der Mitte der Poplitea verläßt die V. saphena magna die Vena poplitea und verläuft subkutan.

Bei einer Exartikulation im Kniegelenk ist die besondere arterielle Versorgung des Kniegelenkes über 6 Arterien zu berücksichtigen (► Abb. 8 und 9).

Dorsal und lateral des Gefäßbündels in der Fossa poplitea, fast auf der Fascia poplitea, ist der Nervus tibialis zu finden. In Höhe des Kniegelenkspaltes gehen medial und lateral die Ramus muscularis n. tibialis ab. Der N. peroneus (fibularis) communis zweigt bereits oberhalb der Poplitea nach lateral ab, liegt aber in der gleichen anatomischen Schicht und ist am medialen Rand des M. biceps femoris zu suchen. Der N. cutaneus surae lateralis (Ast des N. peroneus communis) verläuft in der gleicher Gewebeschicht etwas medialer vom N. peroneus communis. Der N. saphenus begleitet die Vena saphena magna.

Alle Nervenendigungen müssen bei der Knieexartikulation sorgfältig lokalisiert und präpariert werden, damit eine korrekte Resektion erfolgen kann. Damit können sich die Nervenendigungen in anatomische Lücken zurückziehen. Somit kann eine nahezu regelhaft auftretende Neurinombildung, die bei der orthopädiotechnischen Versorgung Probleme aufwerfen

könnte, minimiert werden. Zur Kinematik des Kniegelenkes schreibt Kummer [4] (S. 311 ff): „Die Beuge-Streck-Bewegung der Femurkondylen auf dem Tibiaplateau wird oft als eine besondere Form des Drehgleitens beschrieben [Fick 1911], dass sich aus Gleiten und Abrollen zusammensetzt. Die beste

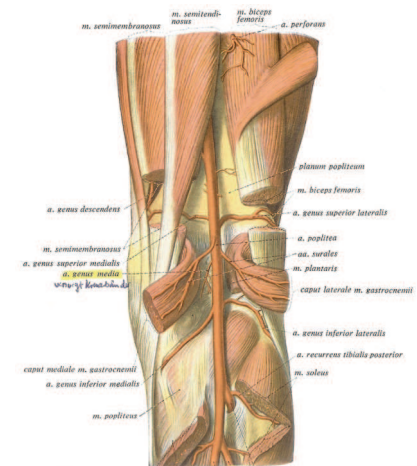


Abb. 8: Arterien der Poplitea [1]

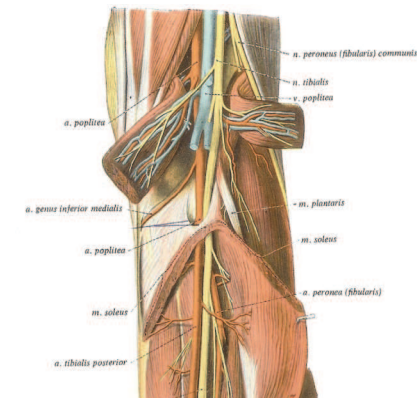


Abb. 9: Nerven der Poplitea [1]

Vorstellung vom Bewegungsablauf der Beuge-Streck-Bewegung vermittelt ein Modell, dass schon am Beginn des 20. Jahrhunderts bekannt war, aber erst 70 Jahre später in der Literatur Beachtung fand [HUSON 1973, 1974; MENSCHIK 1974, 1975]. Es handelt sich um den Vergleich des Kreuzbandapparats mit einem überschlagenen Gelenkviereck.“



Zusammenfassung

Die Kenntnisse der topografischen Anatomie sind bei Amputationen im Bereich der unteren Extremität von eminenter Bedeutung. Das Studium der Anatomie kann nicht oft genug wiederholt werden! Bei einer Exartikulation im Kniegelenk handelt es sich um eine nahezu „physiologische“ Amputationshöhe, da der Femur mit seinen gelenkigen Verbindungen, den Femurkondylen, vollständig erhalten bleibt. Durch das Wissen des Verlaufs der Arterien und ihrer Abgänge im Kniegelenkbereich sowie der oberflächlichen und tiefen Venen, lassen sich Blutverluste intraoperativ vermeiden und post-amputationem Hämatombildungen und Wundheilungsstörungen ausschließen. Bereits während der Amputation sind das exakte Auf-

finden der Nervenverläufe im Bereich der Kniekehle und die korrekte hohe Resektion der Nerven für die Bildung eines zukünftigen Neurinoms verantwortlich. Bei der chirurgisch korrekten Amputation eines Nerven kann sich der Nervenstumpf in einer anatomischen „Lücke“ verstecken; somit ist es möglich, dass die nahezu regelhafte Ausbildung eines Neurinoms keine Probleme bei der zukünftigen orthopädiotechnischen Versorgung bereitet.

Schlüsselwörter:

Kniegelenk, topografische Anatomie, Knieexartikulation

Funktionell besitzt das Kniegelenk 6 Freiheitsgrade mit 12 Bewegungsgrenzen: 3 Translationen (anterior-posterior, medial-lateral, proximal-distal) und 3 Rotationen (Extension-Flexion, Adduktion-Abduktion, Innenrotation-Außenrotation). Die Translations- und Rotationsbewegungen sind bei diesem physiologischen Gelenkspiel (Drehgleiten) normalerweise miteinander gekoppelt und abhängig vom Flexionswinkel. Die Rotationsfreiheitsgrade nehmen mit zunehmendem Flexionsgrad zu. In kompletter Streckung, d.h. bei abgeschlossener Schlussrotation, bei der es sich um eine Außenrotation der Tibia um ca. 15° am Ende der Streckbewegung handelt, sind Tibia und Femur verriegelt.

Die physiologische Gelenkbeweglichkeit ist nach der Neutral-Null-Methode durch folgende Normwerte gekennzeichnet: Extension/Flexion 10°/0/145°. Die Rotation ist flexionsabhängig und beträgt in 20° Flexion: Innen-/Außenrotation 15°/0/35°.

Literatur:

1. Ferner H., J. Staubesand (Hrsg): Sobotka / Becher - Atlas der Anatomie des Menschen, Urban & Schwarzenberg, München – Berlin – Wien 1972
2. Wetz H.-H., Jacob HAC: Der Orthopäde, Springer, Band 30, 2001
3. Kapandjii I.A.: Funktionelle Anatomie der Gelenke, Enke 1985

4. Kummer B.: Biomechanik, Deutscher Ärzteverlag, Köln 2005
5. Netter FH.: Netters Orthopädie, Thieme, Stuttgart 2001

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Ralf-Achim Grünther
Unter der Kirche 3
57319 Bad Berleburg
E-Mail: acci.gruenther@t-online.de

Dr. med. Ralf-Achim Grünther

