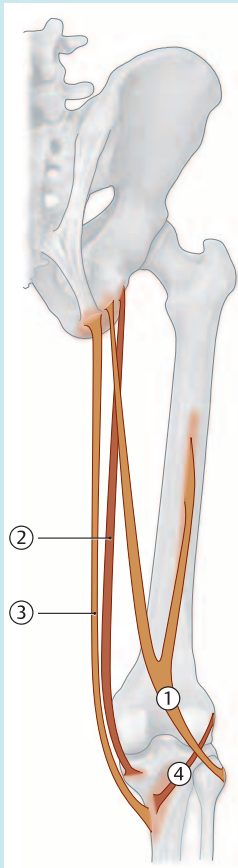


Inhaltsverzeichnis

1	Entwicklungsgeschichte des Menschen	11
1.1	Keimblattentwicklung	11
1.2	Abkömmlinge der Keimblätter	12
2	Binde- und Stützgewebe	16
2.1	Herkunft und Vorkommen	16
2.2	Bauelemente	16
2.3	Aufgaben	17
2.4	Spezifische Bindegewebszellen	17
2.5	Spezifische Stützgewebezellen	18
2.6	Interzellulärsubstanzen	19
2.7	Bindegewebe des Bewegungssystems	22
2.8	Stützgewebe	25
3	Knochen	33
3.1	Knöchernes Skelett	33
3.2	Bau eines Röhrenknochens	33
3.3	Knochenentwicklung (Osteogenese)	34
4	Gelenke	42
4.1	Gelenkverbindungen	42
4.2	Entwicklung echter Gelenke	44
4.3	Bauprinzip echter Gelenke	46
4.4	Allgemeine Gelenkmechanik	53
4.5	Gelenkformen	60
4.6	Beweglichkeitsprüfung	60
5	Muskeln	63
5.1	Muskelgewebe	63
5.2	Bauprinzip eines Skelettmuskels	65
5.3	Muskelsehnen	71
5.4	Muskel-Sehnen-Übergang	73
5.5	Sehnenansatzzonen	74
5.6	Hilfseinrichtungen von Muskeln und Sehnen	75
5.7	Allgemeine Muskelmechanik	77
6	Funktionelle Anpassungsvorgänge	80
6.1	Funktionelle Anpassung von Knochen	80
6.2	Funktionelle Anpassung von Sehngewebe	82
6.3	Funktionelle Anpassung der Skelettmuskulatur	83
7	Bauplan des menschlichen Körpers; Achsen, Ebenen und Orientierungsbezeichnungen	84
7.1	Bauplan des menschlichen Körpers	84
7.2	Körperproportionen	87
7.3	Anatomische Normalstellung, Körperebenen und -achsen	89
7.4	Lage- und Richtungsbezeichnungen	90

8	Rumpf	91
8.1	Überblick	91
8.2	Rumpfskelett	92
9	Obere Extremität, Schultergürtel und freie Gliedmaße	171
9.1	Überblick	171
9.2	Knochen der oberen Extremität	171
9.3	Schultergürtelgelenke und Schultergelenk	178
9.4	Muskulatur von Schultergürtel und Schultergelenk	187
9.5	Oberarm, Ellenbogen und Ellenbogengelenk	201
9.6	Muskulatur von Oberarm und Ellenbeuge	207
9.7	Unterarm, Hand- und Fingergelenke	213
9.8	Muskulatur von Unterarm und Hand	220
10	Untere Extremität, Beckengürtel und freie Gliedmaße	247
10.1	Knochen	247
10.2	Gelenke, Bänder und Membranen des Beckenrings	260
10.3	Hüftgelenk	263
10.4	Achsen des Beines	271
10.5	Muskulatur von Hüfte, Gesäß und Oberschenkel	273
10.6	Kniegelenk	293
10.7	Unterschenkel und Fuß	304
10.8	Muskulatur von Unterschenkel und Fuß	319
10.9	Der menschliche Gang	345
11	Kopf	347
11.1	Knöcherner Schädel	347
11.2	Kiefergelenk (Art. temporomandibularis)	359
11.3	Kaumuskeln	364
11.4	Mimische Muskeln	370
12	Hals	373
12.1	Überblick	373
12.2	Topografische Begrenzung des Halses	374
12.3	Oberflächenrelief	374
	Sachverzeichnis	384

Tab. 10.8 Flexoren im Überblick



① M. biceps femoris

Ursprung:	- Caput longum: tuberischadicum, Lig. sacrotuberale (Caput commune mit dem M. semitendinosus) - Caput breve: Labium laterale der Linea aspera im mittleren Drittel des Femur
Ansatz:	Caput fibulae
Funktion:	- Hüftgelenk (Caput longum): Adduktion, Extension, Stabilisierung des Beckens in der Sagittalebene - Kniegelenk (gesamter Muskel): Flexion und Außenrotation
Innervation:	N. tibialis, L5–S2 (Caput longum) N. fibularis (peroneus) communis L5–S2 (Caput breve)

② M. semimembranosus

Ursprung:	Tuber ischiadicum
Ansatz:	Pes anserinus profundus (Condylus medialis tibiae, Lig. popliteum obliquum, Faszie des M. popliteus)
Funktion:	Hüftgelenk: Adduktion, Extension, Stabilisierung des Beckens in der Sagittalebene Kniegelenk: Flexion und Innenrotation
Innervation:	N. tibialis (L5–S2)

③ M. semitendinosus

Ursprung:	Tuber ischiadicum und Lig. sacrotuberale (Caput commune mit dem Caput longum des M. biceps femoris)
Ansatz:	medial der Tuberositas tibiae im Pes anserinus superficialis (zusammen mit den Endsehnen der Mm. gracilis und sartorius)
Funktion:	- Hüftgelenk: Adduktion, Extension, Stabilisierung des Beckens in der Sagittalebene - Kniegelenk: Flexion und Innenrotation
Innervation:	N. tibialis (L5–S2)

④ M. popliteus

Ursprung:	Condylus lateralis femoris, Hinterhorn des Außenmeniskus
Ansatz:	Facies posterior tibiae (oberhalb des Ursprungs des M. soleus)
Funktion:	Flexion und Innenrotation im Kniegelenk
Innervation:	N. tibialis (L5–S2)

Bei gebeugtem Kniegelenk rotieren die beiden Köpfe des M. biceps femoris als einzige (!) den Unterschenkel nach außen, die Mm. semimembranosus und semitendinosus hingegen unterstützen zusammen mit dem M. popliteus eine Innenrotation. Darüber hinaus beteiligt sich der M. popliteus an der Flexion im Kniegelenk und stabilisiert den hinteren Anteil der Gelenkkapsel.

Mit Ausnahme des kurzen Kopfes des M. biceps femoris (N. fibularis communis, L5–S2), werden alle Muskeln dieser Gruppe vom N. tibialis (L5–S2) innerviert.

► **Oberflächenrelief:** Die Endsehnen der ischiokruralen Muskulatur begrenzen die Kniekehle (Fossa poplitea), der M. biceps femoris von lateral und die Mm. semimembranosus und semitendinosus von medial. Insbesondere bei gebeugtem Kniegelenk sind die Sehnen sicht- und tastbar.

Klinischer Bezug: Funktionseinschränkung der ischiokruralen Muskulatur

Bei Lähmung der ischiokruralen Muskulatur bleiben z. B. Stehen, Gehen, Aufstehen und Treppensteigen fast ungestört, solange der M. gluteus maximus funktioniert. Am Kniegelenk hingegen kann es zu einer Überstreckung kommen (Genu recurvatum). Sportverletzungen im Bereich der hinteren Oberschenkelmuskulatur treten sehr häufig auf. Ein begünstigender Faktor für die Verletzungen der ischiokruralen Muskeln ist ihre ausgeprägte Neigung zur Verkürzung.

10.6 Kniegelenk

Das Kniegelenk (Art. genus) ist das größte Gelenk des menschlichen Körpers. Es ist ein zusammengesetztes Gelenk, in dem 3 Knochen (Femur, Tibia und Patella) miteinander artikulieren (► Abb. 10.25 u. ► Abb. 10.26). Femur und Tibia bilden das *Femorotibialgelenk* (Art. femorotibialis), Femur und Patella das *Femoropatellargelenk* (Art. femoropatellaris). Beide Gelenke sind von einer gemeinsamen Gelenkkapsel umschlossen und liegen in einer zusammenhängenden Gelenkhöhle (s. u.). Im Gegensatz zum Ellenbogengelenk, bei dem beide Unterarmknochen gelenkig mit dem Humerus in Verbindung stehen, ist beim Kniegelenk die Fibula nicht mit einbezogen.

10.6.1 Femorotibialgelenk

Im Femorotibialgelenk artikulieren die beiden bikonvexen Femurkondylen (Condylus medialis und Condylus lateralis femoris) mit den beiden ovalen und leicht konkaven Gelenkflächen der Tibiakondylen (Condylus medialis und Condylus lateralis tibiae; ► Abb. 10.25a, b u. ► Abb. 10.27). Von der Seite betrachtet besitzen die Femurkondylen keine Kreisform, sondern ähneln in ihrem Verlauf einer Spirale mit unterschiedlichen Krümmungsradien. Hierbei liegt die stärkere Krümmung mit kleineren Krümmungsradien am hinteren Teil der Femurkondylen. Auf diese Weise liegt in Streckstellung der flach gekrümmte Teil der Kondylen dem Tibiaplateau (Anteile des Tibiaplateau: ► Abb. 10.26d) an, während mit zunehmender Beugung die stärker gekrümmten Anteile der Fe-

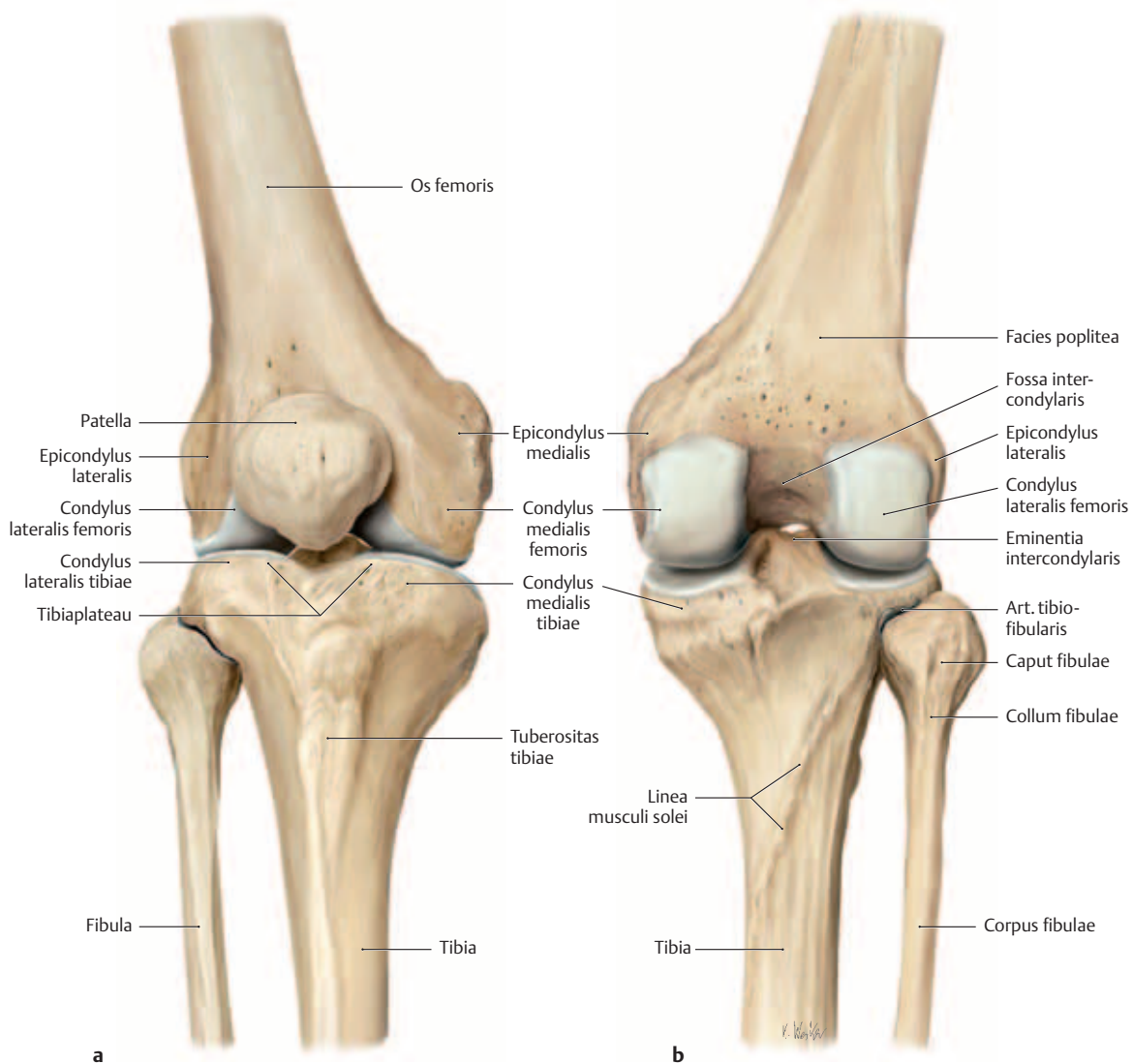


Abb. 10.25 a u. b Rehtes Kniegelenk. a Ansicht von vorne; b von hinten.

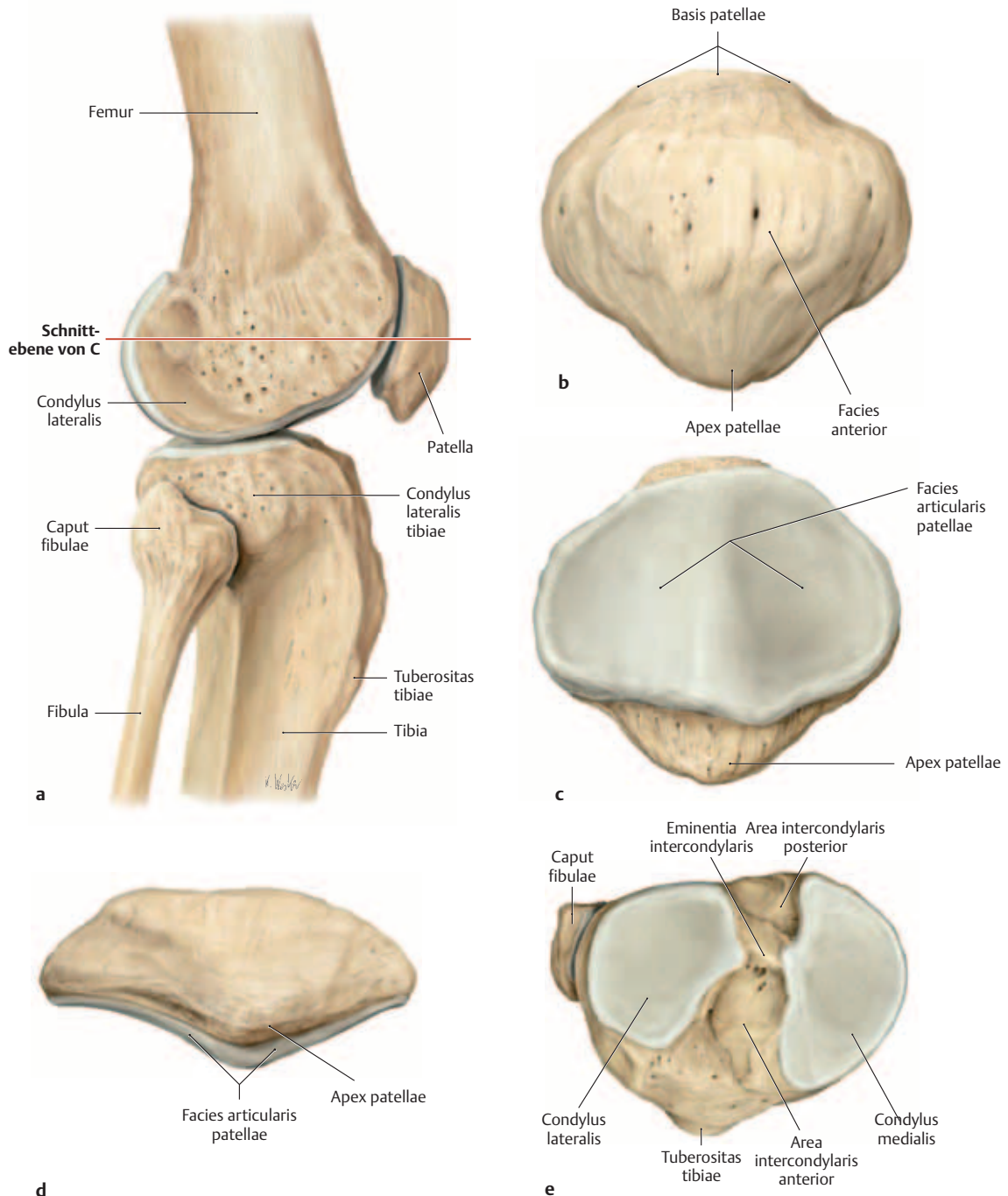


Abb. 10.26 a–d Rechtes Kniegelenk. a Ansicht von lateral. **b** Vorderfläche der Patella. **c** Knorpelbedeckte Rückfläche der Patella. **d** Ansicht von distal. **e** Tibiaplateau in der Ansicht von proximal nach Entfernung des Femur.

menisken dem Tibiaplateau anliegen (► Abb. 10.26a). Dadurch nähern sich die Ansatzstellen der beiden Kollateralbänder und werden gelockert (S. 299).

Die Inkongruenz zwischen den tibialen Gelenkflächen und den beiden Femurcondylen wird durch die beiden Menisken (Meniscus lateralis und Meniscus medialis)

ausgeglichen, die sich keilförmig in den peripheren Spalt zwischen Femur und Tibia schieben (► Abb. 10.27). Man unterscheidet daher 2 zusätzliche Teilgelenke, das rechte und linke *Meniskotibial-* sowie das linke und rechte *Meniskofemoralgelenk*. Durch ihre Keilform vergrößern die beiden Menisken die kraftaufnehmende Fläche und

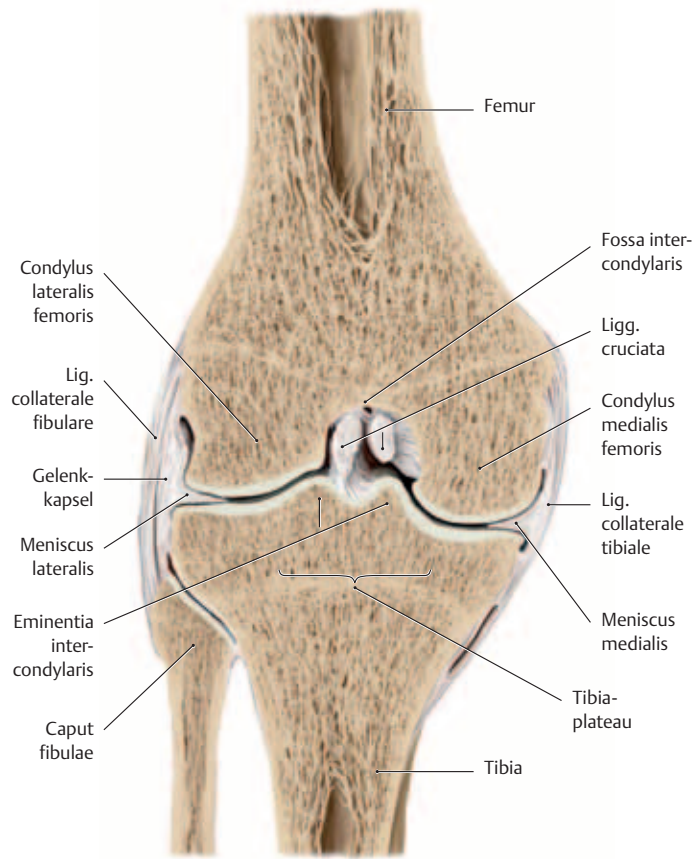


Abb. 10.27 Frontaler Sägeschnitt durch das rechte Kniegelenk (Femorotibialgelenk) auf Höhe der Kreuzbänder.

nehmen ihrerseits etwa ein Drittel der im Kniegelenk übertragenen Kraft auf. Die Belastung im Femorotibialgelenk erfolgt durch eine Gelenkresultierende und beträgt beim Stand auf einem Bein etwa das Doppelte des Körpergewichts. Beim zweibeinigen Stand lasten auf jedem Femorotibialgelenk etwa 43% des Körpergewichts.

Zwischen den beiden Gelenkflächen des Tibiaplateaus liegt eine knorpelfreie knöcherne Erhebung (Eminentia intercondylaris), die vorn und hinten an die Area intercondylaris anterior und posterior grenzt (► Abb. 10.26d). Neben den Anheftungsstellen der Menisken befinden sich in diesem Bereich die Ansätze der beiden Kreuzbänder (Ligg. cruciata), die von dort zu einer Vertiefung, der Fossa intercondylaris zwischen den dorsalen Anteilen der beiden Femurcondylen ziehen (► Abb. 10.27).

10.6.2 Femoropatellargelenk

Im Femoropatellargelenk artikuliert die Facies articularis femoris (Facies patellaris femoris) mit der Kniescheibe, die als Sesambein in die Quadrizepssehne eingelagert ist (► Abb. 10.25, ► Abb. 10.28, ► Abb. 10.29). Die proximale Basis der Patella ist rund, distal liegt der spitz auslaufende Apex patellae. Die rückwärtige, überknorpelte Ge-

lenkfläche der Patella (Facies articularis patellae) besitzt einen nahezu in der Mitte verlaufenden, vertikal ausgerichteten First. Er trennt eine leicht konvexe mediale Facette von einer leicht konkaven lateralen (► Abb. 10.28). Die Gelenkflächen beider Facetten bilden in der Horizontalebene einen Winkel miteinander (Patellaöffnungswinkel), der normalerweise 120° – 140° beträgt. Der Gelenkknorpel der Facies articularis patellae ist mit etwa 6 mm Dicke der dickste Gelenkknorpel des menschlichen Körpers. Mit ihrem First gleitet die Patella in einer Art Führungsrinne der Facies patellaris femoris und wandert im Verlauf der Beugung etwa 5–7 cm nach distal. In Streckstellung liegt die Patella (► Abb. 10.29) größtenteils auf dem Recessus suprapatellaris und berührt nur mit ihrem unteren Rand die Facies patellaris femoris. Mit zunehmender Beugung wird die Kontaktfläche (= Kraft aufnehmende Fläche) zwischen der Patella und ihrem Gleitlager immer größer und erreicht bei 60° -Beugung ihren größten Wert. Gleichzeitig steigt die Anpresskraft der Patella während der Beugung von wenigen Newton (N) in der Neutral-Null-Stellung auf über 1000 N während maximaler Beugung.

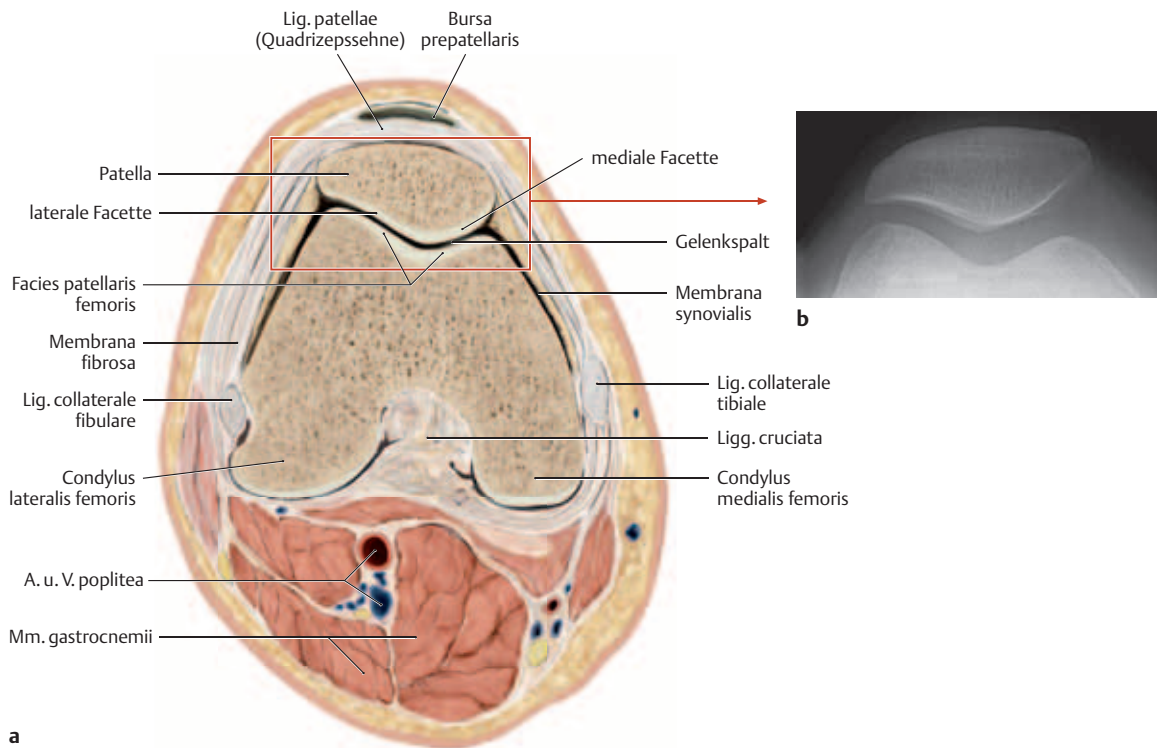


Abb. 10.28 a u. b Femoropatellargelenk. **a** Transversalschnitt auf Höhe des Femoropatellargelenks, rechtes Kniegelenk in leichter Beugestellung, Ansicht von distal (Zeichnung nach einem Präparat aus der Sammlung des Anatomischen Instituts Kiel). **b** Tangenziale Röntgenaufnahme der Patella und ihres femoralen Gleitlagers (sog. Défilé-Aufnahme eines rechten Kniegelenks bei 60° Beugung, der Röntgenstrahl verläuft parallel zur Patellarrückfläche). Diese Aufnahmetechnik ermöglicht v. a. die Beurteilung der Facies articularis patellae sowie des femoralen Gleitlagers. Der röntgenologische „Gelenkspalt“ im Femoropatellargelenk sieht auf diesem Bild besonders breit aus. Grund ist, dass der Gelenkknorpel in diesem Bereich besonders dick ist, Gelenkknorpel jedoch auf einem Röntgenbild nicht dargestellt wird (Originalbild der Klinik für Diagnostische Radiologie, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel, Prof. Dr. med. S. Müller-Hülsbeck).

Klinischer Bezug: Degenerative Erkrankungen des Kniegelenks

Gonarthrose: Innerhalb der degenerativen Kniegelenkerkrankungen ist die Gonarthrose die häufigste. Sie entsteht vorwiegend auf dem Boden vorbestehender Schäden des Kniegelenks, wie z. B. Knorpelschäden nach Frakturen, Gelenkinkongruenzen mit mechanischer Überbeanspruchung, Fehlstellungen durch Achsenfehler, Meniskusschäden und entzündliche Gelenkerkrankungen.

Chondropathia patellae: Hierbei stehen *chronische Knieschmerzen*, besonders bei jüngeren Patienten im Vordergrund. Die Schmerzen werden häufig „unter“ oder „hinter“ der Patella lokalisiert und treten meist nach größeren Anstrengungen auf, typischerweise beim Treppabgehen oder bei längerem Stehen. Bei der Untersuchung kann man gelegentlich ein mehr oder weniger starkes Reiben der Patella auf der Facies patellaris femoris spüren. Dies lässt auf eine Unregelmäßigkeit des Knorpelbelags im femoropatellaren Gleitlager schließen.

Ursache sind meist herdförmige Veränderungen des Patellarknorpels in Form von Auffaserungen, Aufrauungen oder Erweichungen (Chondromalacia patellae). In der Mehrzahl der Fälle verschwinden die Schmerzen spontan nach Monaten oder Jahren, in schweren Fällen kann die Erkrankung aber auch in eine femoropatellare Arthrose übergehen.

10.6.3 Gelenkkapsel und -höhle

Die Gelenkkapsel des Kniegelenks spannt sich zwischen den Femur- und den Tibiakondylen aus (► Abb. 10.30). Zwischen der Membrana synovialis, die die Gelenkhöhle begrenzt, und der die Kapsel verstärkenden Membrana fibrosa liegt subsynoviales Bindegewebe (► Abb. 4.7), das in den einzelnen Regionen des Kniegelenks unterschiedlich zusammengesetzt ist. In der Vorderwand der Gelenkkapsel ist die Quadrizepssehne mit der Kniescheibe eingelassen (► Abb. 10.29), vorn, seitlich und hinten sind die Menisken in die Kapsel eingelagert (► Abb. 10.27, ► Abb. 10.30, ► Abb. 10.33). Man unterscheidet daher einen *meniskotibialen* und einen *meniskofemorale* Teil der Gelenkkapsel (= unterhalb

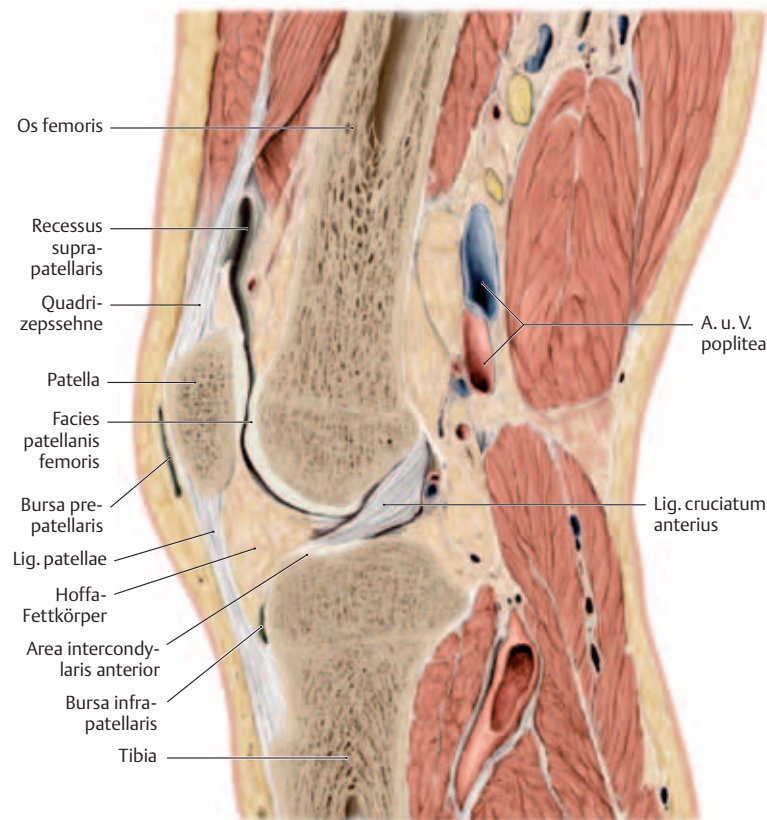


Abb. 10.29 Mediansagittalschnitt durch das rechte Kniegelenk. Ansicht der Schnittfläche von lateral (Zeichnung nach einem Präparat aus der Sammlung des Anatomischen Instituts der Universität Kiel).

bzw. oberhalb der Menisken). Im hinteren und seitlichen Abschnitt der Femurkondylen liegt die Anheftung der Gelenkkapsel nahe der Knorpel-Knochen-Grenze, proximal geht die Membrana synovialis kontinuierlich in den Recessus (Bursa) suprapatellaris über. Von dessen Kuppel zieht sie an der Rückseite der Quadripsesehne nach distal zum oberen Patellarand (► Abb. 10.29, ► Abb. 10.30). Von den Seiten der Kniescheibe verläuft die Kapsel zur Knorpel-Knochen-Grenze der Facies patellaris femoris, unterhalb der Patella zieht sie von innen über das infrapatellare Fettgewebe (Corpus adiposum infrapatellare = Hoffa-Fettkörper, ► Abb. 10.30) zur Area intercondylaris anterior sowie zum Oberrand des medialen und des lateralen Meniskus. Von den Unterrändern der beiden Menisken zieht sie zum proximalen Tibiaende, wo sie etwa 1 cm unterhalb der Gelenkflächen im Knochen verankert ist. Die Kniegelenkkapsel wird allseits durch Bänder und Sehnen verstärkt.

An unterschiedlichen Stellen ragen variabel gestaltete Falten der Gelenkkapsel in die Gelenkhöhle, so z.B. zwei große Falten (Plicae alares) an den Seiten des Hoffa-Fettkörpers im subsynovialen Bindegewebe (► Abb. 10.29). An vielen Stellen kommuniziert die Gelenkhöhle mit gelenknahen Schleimbeuteln. Eine regelmäßige

Ausbuchtung der Gelenkhöhle liegt oberhalb der Patella (Recessus suprapatellaris; ► Abb. 10.29 u. ► Abb. 10.30). Sie übernimmt die Aufgabe eines Schleimbeutels (bei zunehmender Beugung nähert sich der oberhalb der Patella gelegene Teil der Quadripsesehne dem Femur) und wird daher auch als Bursa suprapatellaris bezeichnet. Der Schleimbeutel unter der Ursprungssehne des M. popliteus hat auch eine Verbindung mit der Gelenkhöhle (Recessus subpopliteus; ► Abb. 10.30). Eine ebenfalls regelmäßige Kommunikation mit der Gelenkhöhle haben folgende Schleimbeutel: Bursa muscoli semimembranosi und Bursa subtendinea muscoli gastrocnemii medialis (bei Kommunikation untereinander: Bursa gastrocnemiosemimembranosa).

Von den vielen Schleimbeuteln, die nicht mit der Gelenkhöhle in Verbindung stehen, sind v.a. die zu nennen, die sich gelegentlich entzünden können (s. *Klinischer Bezug*): Bursa infrapatellaris profunda (► Abb. 10.29 u. ► Abb. 10.30) oberhalb der Tuberositas tibiae sowie die vor der Kniescheibe liegenden Bursae prepatellares (z.B. Bursa subcutanea prepatellaris; ► Abb. 10.29).

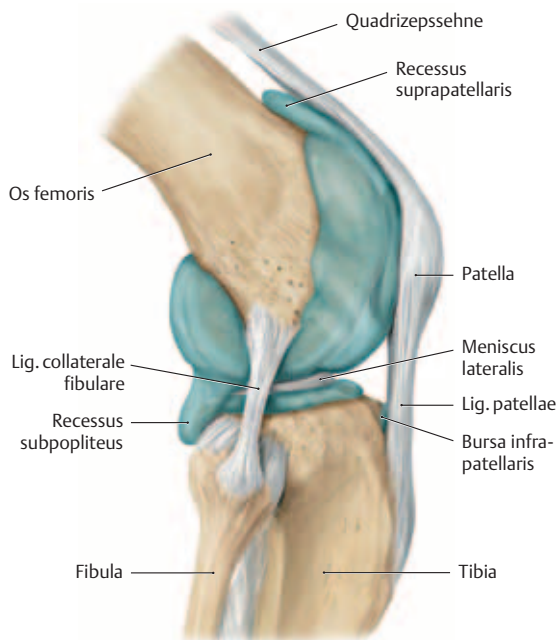


Abb. 10.30 Ausdehnung der Gelenkhöhle des rechten Kniegelenks, Ansicht von lateral (Ausgusspräparat). Darstellung der Gelenkhöhle durch Injektion eines flüssigen Kunststoffs in das Kniegelenk. Nach Aushärtung ist die Gelenkkapsel entfernt.

Klinischer Bezug: Schmerzen und Schwellungen am Knie

Nach einem Sturz auf das Knie oder infolge chronischer mechanischer Irritation durch knieende Tätigkeiten können sich die Schleimbeutel in der Nähe der Patella entzünden und dann Schmerzen oder Schwellungen im Bereich der Patella hervorrufen: Bursitis infrapatellaris (*Nonnenknie*) und Bursitis prepatellaris. Eine schmerzhafte Schwellung in der Kniekehle kann auf eine zystische Erweiterung der Bursa muscoli semimembranosi oder der Bursa gastrocnemiosemimembranosa hinweisen (*Popliteazyste*, *Baker-Zyste*). Diese Schwellungen können eine unterschiedlich ausgeprägte Instabilität des Kniegelenks zur Folge haben.

10.6.4 Bandapparat

Da die Kontaktflächen der miteinander artikulierenden Gelenkflächen klein sind, fehlt dem Kniegelenk v. a. im Femorotibialgelenk eine ausgeprägte Knochenführung. Aus diesem Grund müssen die Bewegungen und die Stabilität im Kniegelenk durch einen starken Bandapparat gesichert werden. Man unterscheidet ganz allgemein *Außen-* und *Binnenbänder* des Kniegelenks.

Zu den Außenbändern zählt man die beiden Kollateralbänder (Lig. collaterale tibiale und Lig. collaterale fibulare)

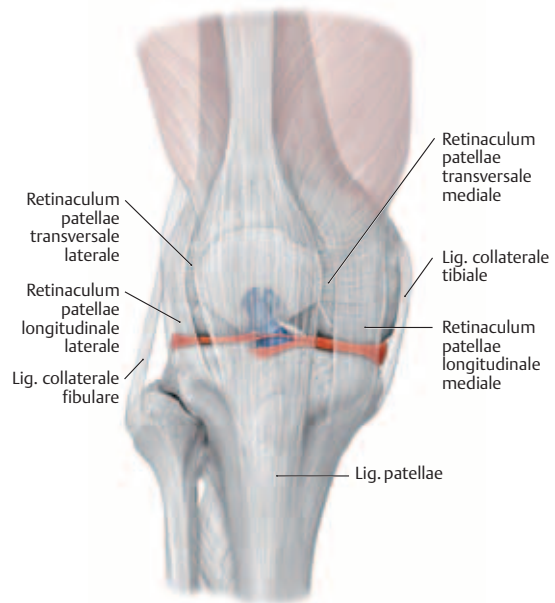


Abb. 10.31 Übersicht über den Bandapparat des rechten Kniegelenks, Ansicht von vorn. Die Gelenkkapsel ist nicht dargestellt (Kreuzbänder: blau, Menisken: rot).

auf der medialen und lateralen Seite des Gelenks, das Lig. patellae und die Retinaculæ patellae an der Vorderseite (► Abb. 10.31 u. ► Abb. 10.32) sowie zwei auf der Hinterseite der Gelenkkapsel verlaufende Verstärkungsänder (Lig. popliteum obliquum und Lig. popliteum arcuatum). Die Kollateralbänder werden auch als Seitenbänder bezeichnet.

Während die Bänder und Sehnen auf der Vorderseite des Kniegelenks v. a. zur horizontalen und vertikalen Zugverspannung der Patella im Femoropatellargelenk beitragen, hat der seitliche Bandapparat großen Einfluss auf die Führung und Stabilität des Femorotibialgelenks (Stabilisierung in der Frontalebene). Die Binnenbänder werden durch die beiden Kreuzbänder (Lig. cruciatum anterius und Lig. cruciatum posterius) repräsentiert, obwohl sie außerhalb der Gelenkhöhle liegen (s. u.; ► Abb. 10.31, ► Abb. 10.32 u. ► Abb. 10.33b). Ihre Hauptfunktion ist die Stabilisierung des Kniegelenks in der Sagittalebene.

Neben dem Bandapparat wird das beim Gehen und Laufen belastete Kniegelenk zusätzlich von Muskeln und Sehnen gesichert. Außer dem M. quadriceps femoris, der sich ganz wesentlich an der Gelenkstabilisierung beteiligt, sind folgende Muskeln von Bedeutung: Mm. sartorius, semitendinosus und gracilis (Pes anserinus superficialis), M. semimembranosus (Pes anserinus profundus), medialer und lateraler Gastrocnemiuskopf, M. popliteus, M. biceps femoris und M. tensor fasciae latae als Spanner des Tractus iliotibialis.

Kollateralbänder

Während man innerhalb der *anatomischen Nomenklatur* die beiden Kollateralbänder (Ligg. collateralia) als Außenbänder des Kniegelenks bezeichnet, spricht man in der *Klinik* beim Lig. collaterale fibulare vom Außenband und beim Lig. collaterale tibiale auch vom Innenband. Das auf der Innenseite des Kniegelenks verlaufende Lig. collaterale tibiale ist das breitere der beiden Kollateral- oder Seitenbänder und sowohl mit der Gelenkkapsel als auch mit dem medialen Meniskus fest verwachsen (► Abb. 10.31 u. ► Abb. 10.32). Es zieht vom Epicondylus medialis des Femur schräg nach distal-vorne und inseriert etwa 7–8 cm unterhalb des Tibiaplateaus an der Facies medialis tibiae. Das Lig. collaterale fibulare zieht auf der Außenseite des

Kniegelenks, ohne direkten Kontakt zur Gelenkkapsel, vom Epicondylus lateralis des Femur als runder Strang schräg nach distal-hinten zum Caput fibulae. Bei räumlicher Betrachtung von der Seite ergibt sich eine spitzwinklige Überkreuzung der beiden Kollateralbänder.

Die beiden Kollateralbänder sind in Streckstellung des Kniegelenks gespannt und verhindern dadurch Lateralbewegungen (Ab- und Adduktion). Absolut stabil ist das Kniegelenk somit nur in voller Streckstellung. Die Stabilität bei voller Streckung wird v.a. durch die sog. Schlussrotation (Außenrotation der Tibia um etwa 5°–10°) gewährleistet, einen Mechanismus, der ähnlich wie ein Bajonettverschluss funktioniert. In Beugestellung erschlaffen aufgrund des unterschiedlichen Kondylenpro-

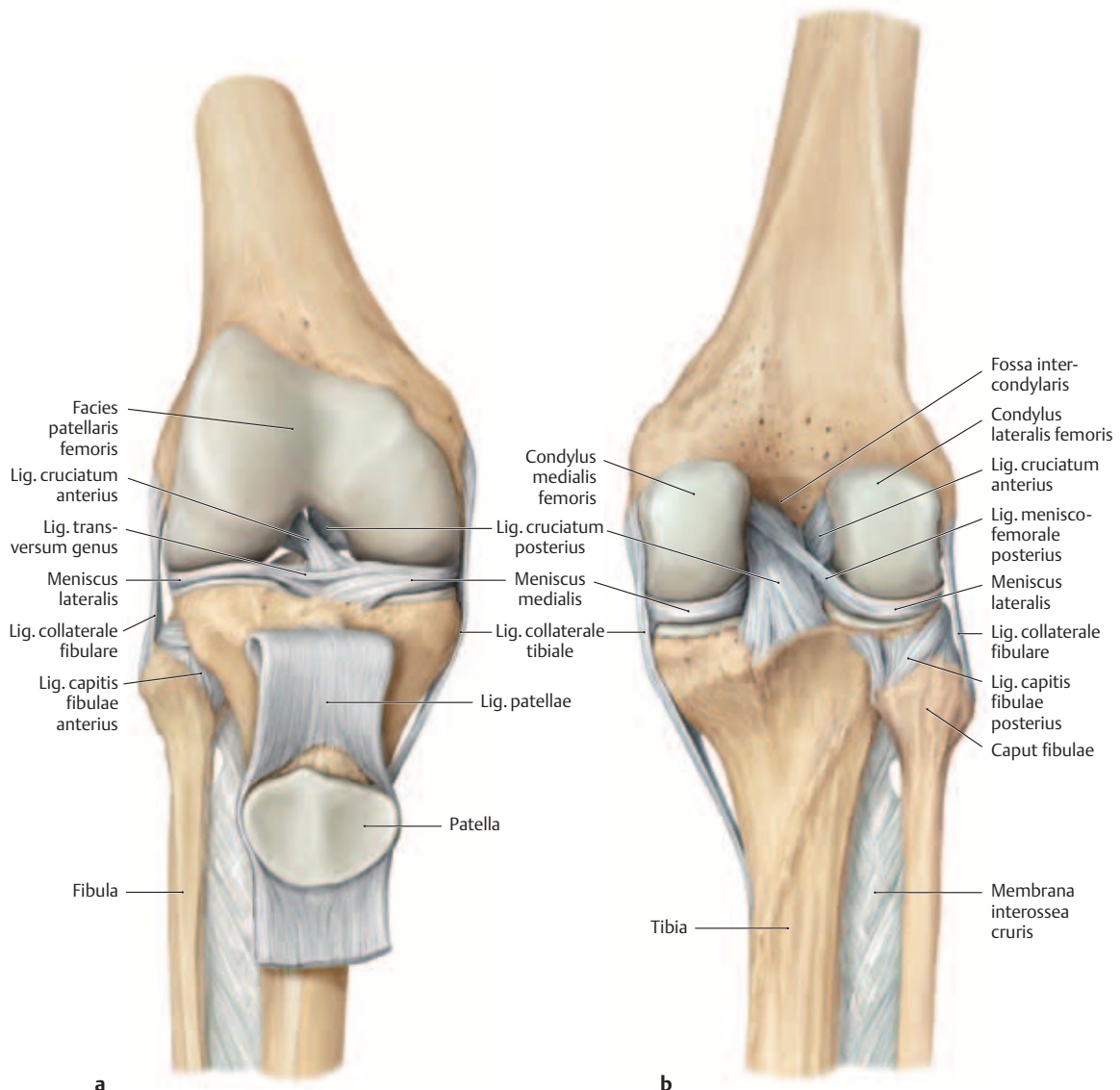


Abb. 10.32 a–d Bandapparat des rechten Kniegelenks; a u. b Kreuzbänder, c u. d Kollateralbänder. **a** Ansicht von vorne, Lig. patellae mit Patella nach unten geklappt; **b** Ansicht von hinten.

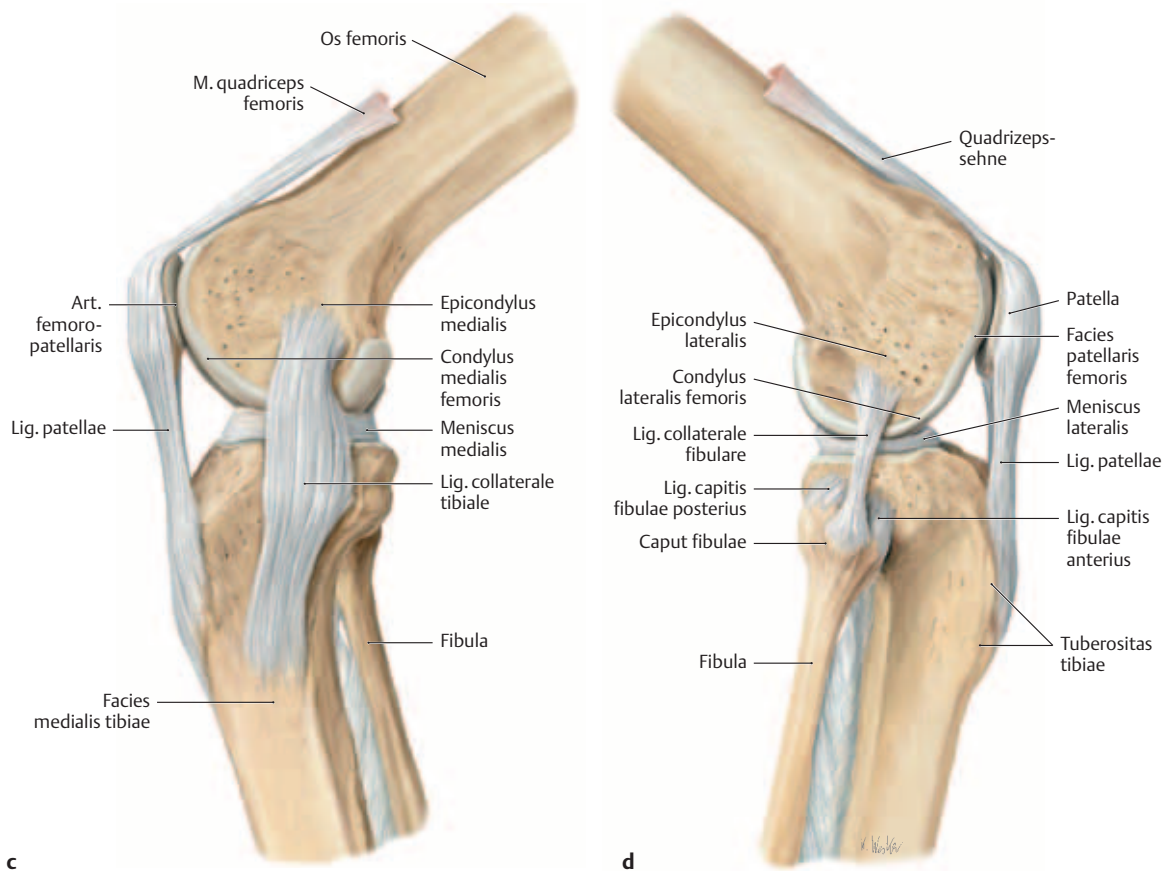


Abb. 10.32 a–d Fortsetzung. c Ansicht von medial; d Ansicht von lateral.

fils und der damit einhergehenden Distanzminderung zwischen Ursprung und Ansatz der Ligg. collateralia beide Bänder bis auf eine kleine hintere Portion des tibialen Kollateralbandes. Dadurch lassen sich mit zunehmender Beugung Rotationsbewegungen und zumindest passiv auch Lateralbewegungen durchführen.

Klinischer Bezug: Kollateralbänder und Instabilität des Kniegelenks

Schmerzen bei seitlichen Bewegungen in Streckstellung des Beins (Ab- bzw. Adduktion) sowie Schwellungen über dem medialen und lateralen Kniegelenkspalt weisen auf eine Instabilität des Gelenks hin. Um festzustellen, ob eine Insuffizienz, Zerrung, Dehnung oder Ruptur der Seitenbänder vorliegt, testet man die seitliche Aufklappbarkeit des Gelenks.

Kreuzbänder

Die beiden Kreuzbänder (Ligg. cruciata) des Kniegelenks sind zwischen den Areae intercondylares anterior und posterior der Tibia und der Fossa intercondylaris des Femur ausgespannt (► Abb. 10.27, ► Abb. 10.31, ► Abb. 10.32, ► Abb. 10.33). Im Gegensatz zur Membrana synovialis verläuft die Membrana fibrosa der hinteren Gelenkkapsel nicht nach vorn-medial in die Fossa intercondylaris, sondern überbrückt diese. Die Kreuzbänder sind daher vorn und seitlich von der Membrana synovialis bedeckt. Sie befinden sich also im subsynovialen Bindegewebe und somit streng genommen außerhalb der Gelenkhöhle. Sie werden daher auch nicht von Gelenkflüssigkeit umspült. Nach hinten sind sie vom fibrösen Teil der Gelenkkapsel bedeckt. Aus diesem Grund liegen die Kreuzbänder auch *nicht* extrakapsulär. Bei operativen Eingriffen sind die Kreuzbänder nur dann zu erreichen, wenn die kräftige Membrana fibrosa durchtrennt wird.

Das *vordere* Kreuzband (Lig. cruciatum anterior) steigt von der Area intercondylaris anterior zur medialen Fläche des lateralen Femurcondylus auf. Das *kräfti-*

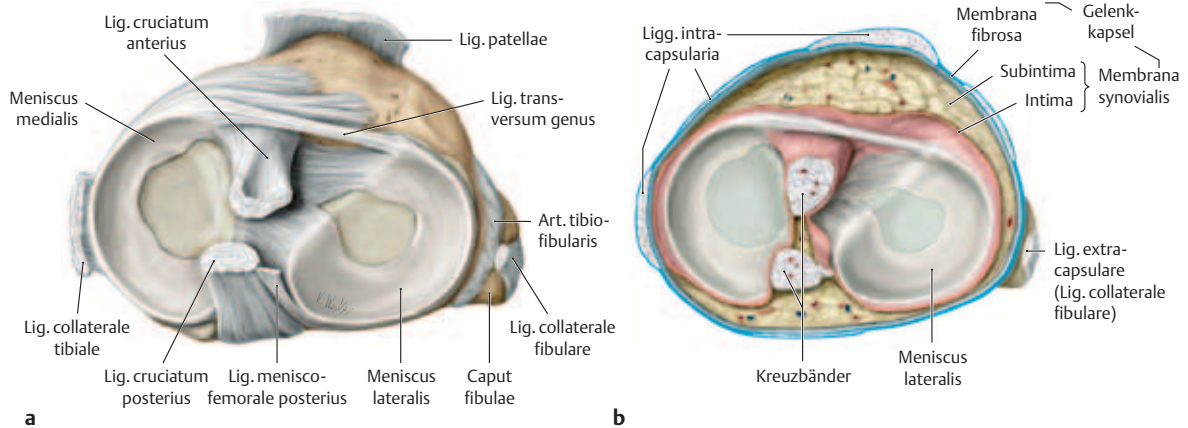


Abb. 10.33 a u. b Tibiaplateau eines rechten Kniegelenks. a Proximale Gelenkflächen des rechten Schienbeins mit medialem und lateralem Meniskus, Kreuzbänder und Kollateralbänder sind durchtrennt, die Gelenkkapsel ist entfernt. **b** Aufbau der Gelenkkapsel. Rechtes Knie nach Entfernung des Oberschenkelknochens, Ansicht von kranial, Gelenkkapsel und Bandapparat sind durchtrennt.

gere, hintere Kreuzband (Lig. cruciatum posterius) verläuft etwa rechtwinklig zum vorderen Kreuzband von der Area intercondylaris posterior zur lateralen Fläche des medialen Femurkondylus. (Die Verlaufsrichtung des vorderen Kreuzbandes ähnelt somit der des äußeren schrägen Bauchmuskels, die des hinteren Kreuzbandes der des inneren schrägen Bauchmuskels). Die beiden Kreuzbänder haben einen unterschiedlich geneigten Verlauf: Bei gestrecktem Knie ist das Lig. cruciatum anterius mehr vertikal, das Lig. cruciatum posterius mehr horizontal orientiert (► Abb. 10.35b–d). Wird das Knie gebeugt, stellt sich das in Streckstellung horizontal liegende hintere Kreuzband vertikal auf, während das vordere Kreuzband eher horizontal verläuft (► Abb. 10.35b–d). Der Schnittpunkt der beiden Kreuzbänder verlagert sich in Abhängigkeit von der Gelenkstellung und entspricht der jeweiligen momentanen transversal verlaufenden Bewegungsachse für die Flexion – Extension (s. u.).

Die beiden Kreuzbänder sichern den gelenkigen Kontakt von Femur und Tibia und verhindern das Abgleiten der Femurkondylen vom Tibiaplateau (Stabilisierung v. a. in der Sagittalebene). In jeder Stellung des Gelenks sind zumindest Teile der Kreuzbänder angespannt: bei Extension die medialen Anteile beider Kreuzbänder, bei Flexion der laterale Teil des vorderen und nahezu das gesamte hintere Kreuzband. Aus diesem Grund trägt das Lig. cruciatum posterius maßgeblich zur Stabilisierung des Kniegelenks in Flexionsstellung bei. Aufgrund ihres Verlaufs wickeln sich die Kreuzbänder bei der Innenrotation auf, bei der Außenrotation hingegen wickeln sie sich wieder ab. Somit hemmen die Kreuzbänder die Innenrotation (Innenrotation: 10°, Außenrotation: 30°–40°).

Klinischer Bezug: Kreuzbänder und Schubladenphänomen

Bei Verletzungen der Kreuzbänder lässt sich die Tibia in der Sagittalebene gegenüber dem Femur verschieben. Wenn z. B. das vordere Kreuzband gerissen ist, kann der Unterschenkel schubladenartig nach vorne gezogen werden (sog. vorderes Schubladenphänomen).

10.6.5 Menisken

Die im Querschnitt keilförmigen Menisken haben in der Aufsicht die Gestalt eines Halbmondes (lat. meniscus = Halbmond; ► Abb. 10.33). Sie sind an ihren Enden (Vorder- bzw. Hinterhorn) über kurze Bänder im Knochen der Area intercondylaris anterior und der Area intercondylaris posterior verankert. Der Rücken des Keils ist nach außen orientiert und mit der Gelenkkapsel verwachsen. Die dem Tibiaplateau aufliegende Seite ist plan, die obere, den Femurkondylen anliegende Seite konkav. Auf diese Weise kompensieren die Menisken die physiologische Inkongruenz der artikulierenden Gelenkpartner. Sie tragen damit wesentlich zur Verteilung des Gelenkdruckes und damit zur gleichmäßigen Beanspruchung des Femorotibialgelenks bei: Sie übernehmen etwa ein Drittel der im Kniegelenk übertragenen Last.

Die Menisken bestehen im zentralen inneren Bereich aus Faserknorpel, der nach außen in straffes Bindegewebe übergeht. Im kapselnahen Bereich sind die Menisken gut durchblutet. Die zentralen inneren Anteile hingegen sind gefäßfrei und werden durch die Synovia ernährt.

Die Form des Außenmeniskus (Meniscus lateralis) entspricht einem nahezu geschlossenen Ring, seine Anheftungsstellen liegen daher dicht zusammen (► Abb. 10.33a u. b). Der Innenmeniskus (Meniscus medialis) ist dagegen mehr sichelförmig, seine Anheftungsstellen für

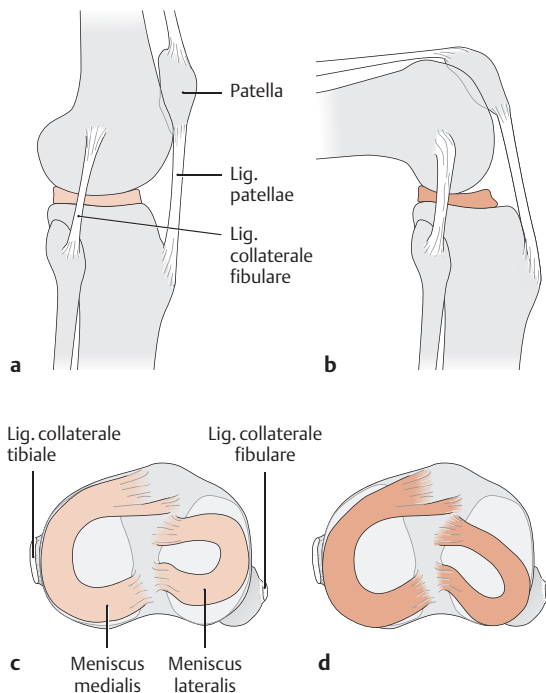


Abb. 10.34 a–d Lageveränderungen der Menisken im rechten Kniegelenk bei Flexion (a u. b Ansicht von lateral; c u. d von oben). **a u. c** Lage der Menisken in Streckstellung. **b u. d** Lageveränderungen der Menisken bei 90°-Beugung. Man beachte, dass der mediale Meniskus aufgrund seiner Befestigung am tibialen Kollateralband weniger beweglich ist als der laterale!

das Vorderhorn (Area intercondylaris anterior) und das Hinterhorn (Area intercondylaris posterior) liegen weiter auseinander. Im Bereich der Vorderhörner können beide Menisken über ein dünnes Querband (Lig. transversum genus) verbunden sein. Vom hinteren Kreuzband zieht regelmäßig eine Abspaltung zum Hinterhorn des lateralen Meniskus (Lig. meniscofemorale posterius; s. ► Abb. 10.33a).

Die Menisken können funktionell als „transportable Gelenkflächen“ angesehen werden. Sie verschieben sich bei allen Bewegungen des Kniegelenks auf dem Tibiaplateau, bei Beugung nach hinten und bei Streckung nach vorne (► Abb. 10.34a–d). Bei Innenrotation des Unterschenkels schiebt sich der mediale Meniskus nach vorne, der laterale nach hinten. Bei Außenrotation hingegen gleitet der mediale Meniskus nach hinten, der laterale nach vorne (► Abb. 10.35e–g). Insgesamt ist der mediale Meniskus weniger beweglich als der laterale, da seine Verankerungen im Knochen weiter voneinander entfernt liegen, und er zusätzlich v.a. mit dem hinteren Teil des medialen Kollateralbandes fest verbunden ist. Der laterale Meniskus hingegen hat keine Verbindung mit dem lateralen Kollateralband.

Klinischer Bezug: Meniskusriss

Der weniger bewegliche, *mediale* Meniskus ist deutlich häufiger von Verletzungen betroffen als der laterale. *Ursache* ist eine plötzliche Streckbewegung, der der Meniskus nicht schnell genug folgen kann. Dies passiert z. B. beim sog. Drehsturz: Der Unterschenkel wird bei gebeugtem Knie plötzlich nach außen oder innen rotiert und anschließend gestreckt. Dadurch reißen Vorder- bzw. Hinterhorn des medialen Meniskus ab. Der Riss kann unterschiedlich verlaufen. Beim Korbhakenriss reißt der Meniskus z. B. in Längsrichtung. *Symptome* einer solchen Verletzung können Beuge- und Streckhemmung des Knies sein, wenn Teile des rupturierten Meniskus zwischen Femur und Tibia eingeklemmt werden. Findet man nach einem frischen Knie Trauma Anzeichen für eine Meniskuskäsion in Verbindung mit einem blutigen Kniegelenkerguss, liegt sehr wahrscheinlich ein Abriss des Meniskus im gut durchbluteten kapselnahen Bereich vor. Eine *operative Entfernung* der Menisken aufgrund von Verletzungen führt infolge erhöhter Beanspruchung der knorpeligen Gelenkflächen zur Arthrose.

10.6.6 Bewegungen im Kniegelenk

Im Kniegelenk sind Flexion und Extension sowie – aus der Beugstellung heraus – Innen- und Außenrotation möglich (► Abb. 10.35). Bei gestrecktem Hüftgelenk lässt sich das Kniegelenk aus der Neutral-Null-Stellung wegen der aktiven Insuffizienz der ischiokruralen Muskeln (► Abb. 5.17) nur bis etwa 120° beugen (bei gebeugtem Hüftgelenk bis etwa 140°; ► Abb. 10.35a). Beim knienden Sitzen beispielsweise können die Unterschenkel passiv bis etwa 160° an den Oberschenkel herangeführt werden (Weichteilhemmung). Die Extension erfolgt in der Regel bis zur Neutral-Null-Stellung, passiv kann eine Überstreckung um 5°–10° erfolgen (► Abb. 10.35a). Bei einem Genu recurvatum (zurückgebogenes Knie) ist das Knie überstreckbar und wird unter Belastung hinten herausgedrückt (Ursachen: z. B. allgemeine Bandschwäche, Knielähmungen, Fehlstellung nach hoher Tibiafraktur mit verletzten Wachstumsfugen).

Die Flexionsbewegung im Femorotibialgelenk ist eine kombinierte Abroll-Dreh-Gleit-Bewegung (► Abb. 10.35b–d). Bei einer Beugung bis etwa 25° rollen die Femurkondylen nach hinten ab, vergleichbar mit einem rollenden Autoreifen. In dieser Stellung erreicht die Kontaktfläche der Femurkondylen bereits das dorsale Viertel des Tibiaplateaus. Bei weiterer Beugung drehen die Femurkondylen mehr oder weniger auf der Stelle (vergleichbar dem Durchdrehen eines Reifens auf eisiger Fahrbahn), gegen Ende der Beugung gleiten die Kondylen nur noch. Die 2. Phase der Beugung wird v. a. durch den Zug der Kreuzbänder bewirkt.

Die jeweilige Flexions-/Extensions-Achse (transversale Bewegungsachse) verlagert sich mit der Änderung der Gelenkstellung bei der Bewegung. Somit verläuft die transversale Bewegungsachse in jeder Gelenkstellung durch