

Los documentos de investigación de la Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano de la Universidad del Rosario son un espacio y una invitación permanente a la reflexión y la crítica sobre aspectos de trascendencia en nuestro país, con miras a contribuir a la construcción de una sociedad más justa e incluyente.

Los temas más recurrentes de discusión girarán en torno al bienestar humano, la integración y participación social, la comunicación humana, la salud y el bienestar de los trabajadores, el movimiento corporal humano, el ejercicio y la actividad física.



Biomecánica clínica de la rodilla

María Claudia Panesso
María Constanza Trillos
Ingrid Tolosa Guzmán



Documento de investigación Núm. 39

FACULTAD DE REHABILITACIÓN Y DESARROLLO HUMANO

BIOMECÁNICA CLÍNICA DE LA RODILLA

*María Claudia Panesso
María Constanza Trillos
Ingrid Tolosa Guzmán*



Universidad del Rosario
Facultad de Rehabilitación
y Desarrollo Humano

CATALOGACIÓN

Editorial Universidad del Rosario
Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano
Jorge Enrique Correa Bautista

Todos los derechos reservados
Primera edición: diciembre de 2008
ISSN: 1794-1318
Impresión: XXXXXXXXXXXX
Impreso y hecho en Colombia
Printed and made in Colombia

Para citar esta publicación: Doc.investig. Fac. Rehabil. Desarro. Hum.

Tabla de contenido

Introducción	5
Conceptos básicos de biomecánica	5
Biomecánica	6
Mecánica	6
Cinética.....	6
Cinemática	6
Componentes articulares de la rodilla	8
Componentes óseos	8
Fémur.....	8
Tibia	9
Patela	10
Componentes de tejidos blandos	11
Membrana sinovial.....	11
Cápsula articular.....	11
Bursas	12
Retináculos	12
Meniscos	13
Ligamentos.....	14
Cinemática de la rodilla	15
Osteocinemática	15
Artrocinemática	17

Cinética estática y dinámica de rodilla	18
Estabilidad estática	19
Cápsula articular.....	19
Meniscos	20
Ligamentos.....	20
Estabilidad dinámica	23
Grupo extensor de la rodilla	24
Grupo flexor de la rodilla	30
Referencias	39

Biomecánica clínica de la rodilla

María Claudia Panesso¹
María Constanza Trillos²
Ingrid Tolosa Guzmán³

Introducción

La rodilla es la articulación intermedia de la extremidad inferior, una de las más grandes y complejas del cuerpo, por lo cual es propensa a innumerables lesiones, por lo cual constituye un objeto de estudio para los fisioterapeutas.

El siguiente documento tiene como tema central la revisión de conceptos básicos de la anatomía y de la biomecánica de la rodilla. El propósito es facilitar al estudiante de fisioterapia y a la comunidad académica el estudio de la cinética y la cinemática de dicho complejo articular. De igual manera, esta revisión se constituye en una base para la generación de discusión y construcción de conocimiento en torno a esta temática. El texto aborda cuatro grandes temáticas: conceptos básicos de biomecánica, componentes articulares (óseos y blandos), cinemática y cinética de la rodilla, los cuales brindan la base conceptual para identificar y entender el funcionamiento normal y las posibles deficiencias estructurales y funcionales del mismo, con el fin de intervenirlos cuando se presentan alteraciones en esta importante articulación.

Conceptos básicos de biomecánica

A continuación se definirán los términos más frecuentemente utilizados en la descripción de la fisiología articular.

¹ Fisioterapeuta, Universidad del Rosario; especialista en Administración Hospitalaria, EAN. Profesora Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano, Universidad del Rosario.

² Fisioterapeuta, Universidad del Rosario; especialista en Terapia Manual, Escuela Colombiana de Rehabilitación; especialista en Docencia Universitaria, Universidad del Rosario Profesora, Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano, Universidad del Rosario.

³ Fisioterapeuta, Universidad del Rosario, especialista en Docencia Universitaria, Universidad del Rosario. Profesora, Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano, Universidad del Rosario.

Biomecánica

Según la American Society of Biomechanics, citada en Rosenberg (1), la biomecánica es el estudio de la estructura y función de los sistemas biológicos a través de métodos mecánicos. Considerada una especialidad multidisciplinaria utilizada por fisioterapeutas, deportólogos, ingenieros, ergónomos y educadores físicos, entre otros, quienes aplican los principios mecánicos de la física al cuerpo humano y describen movimientos y fuerzas desde las leyes de la mecánica.

Mecánica

La mecánica es la parte de la física que estudia la evolución o el cambio de posición de los cuerpos en función del tiempo; cubre dos áreas básicas: la estática y la dinámica. La estática se encarga del estudio de los cuerpos en reposo o equilibrio como resultado de la fuerza que actúa sobre éstos; es decir, estudia la magnitud y la fuerza. La dinámica es el estudio de los cuerpos en movimiento; comprende la cinemática y la cinética.

Cinética

La cinética se centra en las fuerzas que producen o cambian el estado de reposo o movimiento de una masa, viva o inerte.

Cinemática

La cinemática estudia el movimiento sin tener en cuenta las fuerzas que lo producen. Incluye el desplazamiento, la aceleración y la velocidad. Se divide en osteocinemática y artrocinemática (2).

La **osteocinemática** es el estudio del movimiento de los huesos en el espacio sin tener en cuenta los de las superficies articulares. Esta disciplina describe en los planos y ejes en que se realiza el movimiento. Los movimientos del hueso consisten en:

- *Spin* o giro: es el movimiento en el que el hueso rota alrededor de un eje de movimiento, el cual es perpendicular al plano de la superficie articular.
- Balanceo: es todo movimiento que ocurre fuera del eje perpendicular al plano de la superficie articular.
- Deslizamiento: ocurre cuando una superficie se traslada sobre otra superficie estacionaria (3).

La **artrocinemática** estudia el movimiento intrínseco de la articulación, es decir, la relación entre dos planos articulares cuando se produce el movimiento, el cual puede ser de: giro, rodamiento o *roll*, deslizamiento y *rock*.

- El giro es el movimiento de una superficie articular en un mismo punto sobre otra superficie articular alrededor de su eje mecánico.
- El rodamiento o *roll* ocurre en articulaciones incongruentes, es decir, en superficies con diferentes radios de curvatura. Consiste en que nuevos puntos de una superficie, toman nuevos puntos en otra. Ocurre en una superficie articular en el mismo plano del deslizamiento pero con diferentes ejes de movimiento. El sentido del rodamiento de una superficie articular coincide siempre con el del movimiento del hueso, independientemente de que se mueva la superficie articular cóncava o convexa.
- El deslizamiento ocurre en superficies congruentes, curvas o planas. Consiste en que un punto de una superficie articular toma puntos nuevos en otra superficie articular. Generalmente este movimiento va combinado con rodamiento. La dirección del deslizamiento es opuesta al movimiento del extremo distal del hueso en donde se produce, lo cual se conoce como la ley de cóncavo-convexo. Un ejemplo de esta ley se evidencia en la extensión de la rodilla en la articulación tibiofemoral. Durante una cadena cinética abierta, la superficie cóncava constituida por los platillos tibiales se desliza anteriormente, es decir que el deslizamiento se da en la misma dirección que el extremo distal del hueso.
- *Rock* es el movimiento que se da en la superficie articular y ocurre al final del giro con diferentes ejes o con un eje que cambia de planos.

Otros movimientos incluidos dentro de la artrocinemática son: la rotación conjunta, congruente e incongruente (2):

- Rotación conjunta es, como su nombre lo indica, la que acompaña un balanceo pero no es un movimiento libre y se da en la misma articulación.
- Rotación congruente es la que se da en articulaciones adyacentes o cercanas y facilita los patrones funcionales.
- Rotación incongruente es la que ocurre en una dirección contraria a la de la articulación adyacente, resultante en patrones no funcionales de movimiento.

Componentes articulares de la rodilla

El complejo articular de la rodilla está conformado por las articulaciones femorotibial y patelofemoral.

La articulación *femorotibial* está constituida por los cóndilos femorales y por los platillos tibiales. Según McConaill (2) se clasifica como sinovial (posee cápsula articular y membrana sinovial), compuesta (dentro de la misma cápsula articular se encuentra el extremo distal del fémur y el proximal de la tibia y peroné), compleja (hay presencia de menisco), ovoide (cóndilos femorales convexos y platillos tibiales cóncavos) y modificada (presenta dos grados de libertad de movimiento).

La articulación *patelofemoral* está conformada por la patela o rótula y por la tróclea femoral. Se clasifica como sinovial, compuesta, en silla ya que la tróclea femoral es cóncava en sentido medial y lateral y convexa en sentido superior e inferior. La patela es convexa en sentido medial y lateral y cóncava en sentido superior e inferior y no modificada porque presenta dos grados de libertad.

Componentes óseos

Los componentes óseos de la rodilla son: el fémur, la tibia, la patela o rótula. A continuación se describe cada uno de éstos.

Fémur

El fémur es el hueso más largo y fuerte del cuerpo humano; está compuesto por dos extremidades, una superior o proximal, la cual es una cabeza articular redondeada, que sobresale medialmente de un cuello corto, y la extremidad inferior, o distal, que es ampliamente abultada, hecho que provee una buena superficie de soporte para la transmisión del peso del cuerpo hacia el extremo superior de la tibia. Adicionalmente, el fémur presenta un cuerpo, casi cilíndrico, con una convexidad hacia adelante, el cual posee tres caras y tres bordes (anterior, posterior y medial).

La extremidad inferior cuenta con dos formaciones de gran tamaño, dispuestas medial y lateralmente, definidas como cóndilos, los cuales entran en contacto con la tibia y transfieren el peso del cuerpo del fémur a la extremidad inferior (4). Posteriormente, los cóndilos están separados por una hendidura, la fosa intercondilea o escotadura intercondilea. El cóndilo lateral es plano en su cara lateral y no es tan prominente como el medial aunque es más sólido y robusto. Este último se proyecta medialmente y hacia abajo en un grado tal

que, a pesar de la oblicuidad del cuerpo del hueso, la cara inferior del extremo distal del fémur es prácticamente horizontal (5).

Lateralmente a estos se encuentran dos epicóndilos, también denominados medial y lateral. El lateral es el punto más prominente del cóndilo lateral y el punto más prominente del cóndilo medial es el epicóndilo medial. Proximal al epicóndilo medial se encuentra una pequeña prominencia conocida como el tubérculo del aductor.

La fosa intercondilar está limitada anteriormente por el borde distal de la superficie patelar y posteriormente por la línea intercondilar, la cual lo separa de la superficie poplítea del fémur. Esta fosa se encuentra dentro de la cápsula articular común pero, debido a la disposición de la membrana articular, está dispuesta extrasinovial y extraarticularmente como los ligamentos de esta región (6).

En la superficie anterior del extremo distal del fémur, entre el cóndilo medial y el lateral, se encuentra la faceta patelar, la cual recibe el aspecto posterior de la rótula o patela.

La superficie poplítea del fémur, ubicada en la cara posterior, es una superficie triangular, delimitada por la línea supracondilea medial y lateralmente, y por la línea intercondilar, distalmente (6). Dicha región cuenta con relaciones neurovasculares importantes como las arterias poplítea, la genicular medial y lateral, la vena femoral y es sitio de inserción de varios grupos musculares como los gastrocnemios, el vasto medial y el aductor mayor.

El aspecto medial del fémur soporta más peso corporal que el aspecto lateral (7). El soporte de peso sigue un eje más mecánico que anatómico. La angulación del fémur está dada por la ubicación del cóndilo femoral, por debajo de la cabeza del fémur, lo cual permite normalmente que la línea de soporte de peso atraviese el centro de la articulación de la rodilla, entre los tubérculos condilares y luego atraviesa el centro del talus.

Tibia

La tibia está ubicada medialmente en la pierna; se articula con el fémur y soporta el peso del cuerpo y lo transmite del fémur al pie (4). La tibia se encuentra orientada verticalmente y es más fuerte que el peroné que la acompaña. En el extremo proximal se encuentran los platillos tibiales, los cuales proveen una superficie articular con el fémur, permitiendo tanto la transmisión del peso del cuerpo como las fuerzas de reacción del suelo (7).

Los patillos están dispuestos uno lateral y otro medialmente. El patillo lateral es más largo para acompañar el movimiento del cóndilo femoral lateral. Entre los dos patillos se encuentra una prominencia en forma de pirámide, la eminencia intercondilar o intercondilea, la cual sirve de punto de pivote para el fémur y estabiliza la rodilla ante la excesiva extensión. Esta región también sirve para recibir los meniscos (7).

En su extremo proximal, la tibia presenta dos cóndilos, uno medial y otro lateral; entre ellos se encuentra una gran prominencia conocida como la tuberosidad tibial. Una pequeña prominencia, localizada en la cara anterior del cóndilo lateral de la tibia, es el tubérculo de Gerdy sitio donde se inserta la banda iliotibial.

Entre los convexos cóndilos femorales y la superficie cóncava de los cóndilos de la tibia ocurre un alto grado de incongruencia, por lo cual requiere estructuras articulares accesorias interpuestas para proveer estabilidad, conservando al mismo tiempo movilidad. Esta última se logra, hasta cierto punto, por los meniscos y los ligamentos cruzados y los ligamentos colaterales de la rodilla. Estos elementos han sido diseñados para proveer movimiento estable en flexión y en extensión, con un grado de rotación (6).

La superficie articular de los patillos tibiales es cóncava en la parte central, pero plana en la periferia. Los meniscos se ubican en cada cóndilo, en la porción plana de la superficie, incrementando la concavidad de cada cóndilo tibial. En una vista anteroposterior, el cóndilo medial es cóncavo, mientras el cóndilo lateral es convexo, adicionando la inestabilidad de la articulación (6).

Patela

La rótula o patela, de forma triangular, plana y curvada, es el hueso sesamoideo más grande del cuerpo humano, el cual provee protección a la rodilla y constituye el mecanismo extensor de ésta. El extremo proximal de la rótula es la base y el extremo distal es conocido como apex. La superficie posterior tiene una cara lateral y otra medial, las cuales se articulan con los cóndilos mediales y laterales del fémur, respectivamente. La faceta medial se subdivide en dos más: la lateral es más grande y más larga que la medial y es cóncava, tanto en dirección longitudinal como mediolateral. El aspecto inferior de la patela articula con la parte superior de la tróclea femoral durante la extensión y el superior con la región posterior de la tróclea femoral en la flexión. La parte posterior de

la superficie de la patela promueve el movimiento y brinda estabilidad con el cóndilo femoral (7).

La superficie articular de la patela es mucho más pequeña que la de la superficie femoral; la superficie de contacto varía considerablemente durante los movimientos, por lo cual es la articulación patelofemoral la menos congruente del cuerpo. La superficie anterior convexa permite el paso de vasos sanguíneos y está separada de la piel por la bursa prepatelar, también por las fibras del tendón del cuádriceps. La superficie posterior es oval, suave, atravesada por una cresta vertical que la divide en una faceta medial y en una lateral. La superficie distal es el sitio de unión del ligamento patelar.

Componentes de tejidos blandos

Membrana sinovial

La membrana sinovial de la rodilla es la más extensa del cuerpo; en el borde proximal de la patela forma una larga bursa suprapatelar, entre el cuádriceps femoral y el cuerpo inferior del fémur. Ésta es, en la práctica, una extensión de la cavidad articular sostenida y atada al músculo genu-articular. A lo largo de la patela, la membrana sinovial se extiende bajo la aponeurosis del vasto medial, principalmente. Todas las partes de la membrana sinovial vienen del fémur y reviste la capsula hasta la unión con los meniscos, cuyas superficies están libres de membrana.

Cápsula articular

La cápsula fibrosa es compleja y está relacionada con el revestimiento sinovial. Tiene forma de manguito y rodea las articulaciones femorotibial y patelofemoral. Muchas veces, la bursa se continúa con la capsula articular, la cual está aumentada por fuertes expansiones de los tendones de los músculos que rodean la articulación. La cápsula se une internamente a los cuernos de los meniscos y se conecta a la tibia por los ligamentos coronarios.

La capsula de la rodilla está integrada por una capsula posterior, una medial, una lateral y una anterior. La *capsula posterior* tiene fibras verticales que se unen proximalmente a las márgenes posteriores de los cóndilos femorales y la fosa intercondilar; distalmente, al margen posterior de los cóndilos tibiales y del área intercondilar, y proximalmente, a la inserción distal de los gastrocne-

mios. Se encuentra reforzada por el ligamento poplíteo arqueado y el ligamento poplíteo oblicuo.

La *capsula medial* está conformada por fibras que se unen al cóndilo femoral y tibial donde ésta se une con el ligamento colateral medial; se encuentra reforzada por expansiones de los músculos sartorio y semimembranoso.

En la *capsula lateral*, las fibras se atan al fémur por encima del músculo poplíteo, siguiendo el tendón hacia el cóndilo tibial y hacia la cabeza del peroné. La *capsula anterior* se une con las expansiones del vasto medial y lateral, mientras se une al borde y al ligamento patelar. Allí, las fibras se extienden posteriormente al ligamento colateral y al cóndilo tibial.

Bursas

Las bursas son estructuras que se ubican alrededor del tejido blando y las superficies articulares; tienen como función reducir la fricción, además de servir como cojín para amortiguar el movimiento de una estructura del cuerpo con otra.

Las bursas que se encuentran en el complejo de la rodilla son: la *superficial*, localizada entre el tendón patelar y la piel y la *profunda*, entre el tendón patelar y la tibia. La *bursa prepatelar*, ubicada entre la piel y el aspecto anterior de la patela; y la *bursa tibiofemoral*, dispuesta entre la cabeza de los gastrocnemios y la capsula articular. También existe una bursa entre el tendón de los músculos de la pata de ganso y el ligamento colateral medial, y una superficial, en los músculos de la pata de ganso.

Retináculos

Los retináculos son estructuras que sirven para conectar la rótula al fémur, a los meniscos y a la tibia. Son dos: uno medial y uno lateral. El *retináculo lateral* es el más fuerte y grueso; se mezcla con el bíceps femoral para formar un tendón conjunto. Posee dos capas, una superficial y una profunda. Estas estructuras se orientan longitudinalmente con la extensión de la rodilla (8). La capa superficial contiene proyecciones de fibras del músculo vasto lateral y de la banda iliotibial; la capa profunda proviene del ligamento patelofemoral lateral y de las fibras profundas de la banda iliotibial. El retináculo medial es más delgado que el lateral y no interviene directamente sobre la posición de la patela con relación al fémur.

Meniscos

Los meniscos son dos estructuras asimétricas de fibrocartílago con forma de semianillo o semicírculo que se interponen entre los cóndilos femorales y los platillos tibiales. Presentan mayor grosor en la zona periférica (8-10 mm), que en la parte central (0,5-1 mm) (9) y se abren hacia la tuberosidad intercondilea. Cada menisco tiene un cuerno anterior y un cuerno posterior a través de los cuales se unen firmemente a la tibia. Accesoriamente, los meniscos se encuentran unidos al fémur y a la rótula.

El menisco lateral es muy cerrado y se describe en forma de “O” o anillo completo, mientras que el menisco medial es más ancho y tiene forma de “C”. Existen uniones comunes para los dos y propias para cada uno de ellos, las cuales permiten la estabilidad del menisco durante los movimientos generados en la rodilla. El menisco medial presenta mayores restricciones a nivel capsular y ligamentario que el menisco lateral.

Las uniones comunes son los ligamentos coronarios (expansiones de la cápsula articular que unen la periferia del menisco a los platillos tibiales), el ligamento transverso (une anteriormente los meniscos) y los ligamentos patelomeniscales (engrosamientos capsulares que unen directa o indirectamente los meniscos a la patela).

Adicionalmente, el *menisco medial* tiene unión en el cuerno anterior con el ligamento cruzado anterior (LCA) y en el cuerno posterior con el ligamento cruzado posterior (LCP), mientras que el *menisco lateral* sólo se une en la parte posterior al LCP; contribuyendo, de esta manera, a la estabilidad anteroposterior de la rodilla. El menisco medial está unido al ligamento colateral medial (LCM), a la vez que el menisco lateral no presenta relación con el ligamento colateral lateral (LCL).

Desde el punto de vista dinámico, a través de conexiones capsulares, el músculo poplíteo se une al menisco lateral, y el semitendinoso, al menisco medial (10).

Los meniscos incrementan el área de superficie articular y brindan lubricación articular a través de la circulación forzada de fluidos durante actividades con o sin soporte de peso (11).

Aunque los meniscos son considerados avasculares, sus bordes periféricos son vascularizados por extensiones capilares de las arterias geniculadas, superior e inferior, medial y lateral. Por esta razón, pequeños desgarros que ocurren en la periferia donde se recibe un adecuado aporte sanguíneo, pueden cicatrizar.

Los meniscos pueden obtener nutrientes a través de fuerzas compresivas y de distracción que ocurren típicamente durante la cinemática de la rodilla en la marcha (11).

Ligamentos

Los ligamentos colaterales son dos y refuerzan la cápsula articular en su aspecto medial y lateral. El *ligamento colateral medial* (LCM) refuerza la cápsula articular en su parte medial y brinda un medio de unión al menisco medial. Es una resistente cinta fibrosa, triangular y aplanada, de base anterior y de vértice anclado al menisco medial. Este ligamento se extiende desde el cóndilo medial del fémur hasta el extremo superior de la tibia con una orientación hacia abajo y adelante. Se encuentra reforzado por los tendones de la pata de ganso y las expansiones tendinosas del vasto medial del cuádriceps.

El LCM presenta dos fascículos: uno superficial y uno profundo. El fascículo más profundo es un engrosamiento de la cápsula articular que se une al menisco medial. El fascículo superficial se une con la cápsula posterior y se separa del menisco y de la cápsula medial por una bursa.

El *ligamento colateral lateral* (LCL) se extiende desde el cóndilo lateral hasta el peroné y tiene una orientación oblicua hacia abajo y atrás. No presenta uniones con el menisco lateral y se encuentra reforzado por la fascia lata y las expansiones tendinosas del vasto lateral del cuádriceps.

Los ligamentos cruzados son dos ligamentos robustos, ubicados centralmente en la cápsula articular, por fuera de la cavidad sinovial. Son denominados cruzados porque se cruzan entre sí.

El *ligamento cruzado anterior* (LCA) se une al aspecto anterior de la espina de la tibia, pasa por debajo del ligamento transverso y se extiende superior y posteriormente para unirse en la parte posteromedial del cóndilo femoral lateral. Presenta dos bandas o fascículos: anteromedial y posterolateral que toman su nombre de acuerdo con el sitio de unión tibial.

El *ligamento cruzado posterior* (LCP) es más fuerte, más corto y menos oblicuo en su dirección que el LCA. Se fija en el área intercondilea posterior de la tibia y la extremidad posterior del menisco lateral. Se dirige hacia arriba, delante y adentro, ensanchándose para insertarse en la superficie lateral del cóndilo medial del fémur (5). Presenta dos bandas o fascículos, al igual que el LCA, el posteromedial y el anterolateral; este último se considera el más importante.

El *ligamento rotuliano* es una banda plana, ancha y corta que se extiende desde el vértice de la rótula hasta la tuberosidad anterior de la tibia. Sus fibras superiores se continúan sobre la cara anterior de la rótula con las fibras del tendón del cuádriceps femoral.

El *ligamento poplíteo oblicuo* es una expansión del tendón del semimembranoso, cerca de su inserción en la tibia. Se confunde parcialmente con la cápsula fibrosa, dirigiéndose hacia arriba y afuera para unirse con la parte lateral de la línea intercondilea y el cóndilo lateral del fémur (5).

El *ligamento poplíteo arqueado* constituye un sistema de fibras capsulares en forma de “Y”, cuyo tronco está unido a la cabeza del peroné. La rama posterior se arquea medialmente sobre el tendón emergente del músculo poplíteo para insertarse en el borde posterior del área intercondilea de la tibia. La rama anterior, que algunas veces falta, se extiende hasta el epicóndilo lateral del fémur donde se une con la cabeza lateral del gastrocnemio (5).

Cinemática de la rodilla

Según Levangie y Norkin (10), en el complejo de la rodilla, los movimientos primarios son la flexión y extensión, y, en menor amplitud, la rotación interna y la externa; éstos últimos ocurren sólo en la articulación femorotibial.

A consecuencia de la incongruencia articular y la variación en la elasticidad de los ligamentos, la rodilla realiza movimientos de deslizamiento anterior o posterior de la tibia o el fémur, según sea el tipo de cadena cinética que se esté realizando y ésta, a la vez, está acompañada de una ligera abducción o aducción, las cuales buscan equilibrar las fuerzas en varo o valgo que ocurren en la rodilla. Los movimientos de abducción y aducción no son considerados en la osteocinemática de la rodilla.

Osteocinemática

El movimiento de flexión y extensión de la rodilla es uno de los dos grados de libertad de con los que cuenta esta articulación. Se realiza en un plano sagital, con un eje horizontal que pasa a través de los cóndilos femorales. Este eje presenta una ligera oblicuidad, más inferior en la cara medial de la articulación, lo cual causa que la tibia se dirija lateralmente en el movimiento de extensión y medialmente en el movimiento de máxima flexión.

El centro instantáneo de rotación es un punto de bisagra o eje que sólo existe en un corto espacio de tiempo (12); es allí donde se da un movimiento

de rodamiento, no de deslizamiento. Cuando dos superficies se encuentran en movimiento, en cualquier momento existe alguna que no se mueve y actúa como centro de rotación. En el caso de la articulación femorotibial, está ubicada en los cóndilos femorales y realiza semicírculos en dirección posterior y superior.

El complejo de la rodilla cuenta con músculos biarticulares que pueden generar variaciones en los rangos de movimiento. Un rango normal de movimiento para la flexión de rodilla es de 130° a 140°; sin embargo, si la cadera se encuentra en una posición de hiperextensión, el rango podrá disminuir a un valor de 120° por la fuerza tensil que ejerce el músculo recto anterior sobre el movimiento de la rodilla. En la flexión máxima de cadera, el rango de movimiento puede aumentar hasta un rango de 160°.

Cuando se realiza una cadena cinética cerrada, la restricción de movimiento en la articulación tibioperoneoastragalina puede limitar los movimientos de flexoextensión de rodilla, es decir que si existe una restricción en la dorsiflexión, se limitará el movimiento de flexión de rodilla; si existe una limitación en la plantiflexión, llevará a una restricción en la extensión de rodilla (10).

Los rangos de movimiento máximos requeridos durante actividades funcionales son: para la marcha, flexión de 60°; para el ascenso de escaleras, 80° y para la posición sedente, 90°. La extensión de rodilla es de 0° y puede ser funcional entre 5-10°.

El segundo grado de libertad de movimiento con el que cuenta la articulación tibiofemoral está constituido por los movimientos de *rotación axial*, el cual se genera como un mecanismo de rotación automática o terminal. El mecanismo de rotación terminal ocurre en la posición estrecha de la articulación (es decir en donde existe la mayor congruencia de las superficies articulares y la mayor tensión de los tejidos periarticulares).

La rotación activa de la tibia difiere de la rotación automática en que es causada por la fuerza muscular y transmitida a los componentes pasivos, mientras que la rotación automática es un mecanismo de atornillamiento, debido a los diferencias de movimientos que ocurren entre el compartimiento medial y lateral. La rotación automática se adiciona por la tensión de los ligamentos cruzados.

La rotación axial ocurre alrededor del eje longitudinal cuando se cierra el tubérculo intercondilar tibial. La rotación medial y la lateral de la rodilla son movimientos de la tibia y se dan como consecuencia de la incongruencia articular y laxitud ligamentaria en la articulación femorotibial. Su rango de rotación

depende del grado de flexoextensión en el que se encuentra la articulación. Así, cuando la rodilla se encuentra en extensión completa, la rotación axial no es posible ya que las superficies articulares están en máxima congruencia y los tejidos blandos periarticulares se encuentran tensos, el tubérculo tibial está en la fosa intercondilar y el menisco se encuentra atrapado entre las dos superficies articulares. De 60-70°, las rotaciones ya se pueden dar; a los 90° de flexión, la cápsula y los ligamentos se encuentran más laxos y permiten una rotación externa de la tibia de 40° y la rotación interna de 30°. Al igual que con el movimiento de extensión, con máxima flexión se limitan las rotaciones.

Artrocinemática

Para describir la artrocinemática en la articulación femorotibial, es necesario recordar las diferencias volumétricas entre los cóndilos femorales y los platillos tibiales, ya que esto determinará los movimientos de las superficies óseas. Se trata de una *cadena cinética cerrada*, en la cual la superficie articular de los cóndilos femorales se mueven con respecto a los platillos tibiales; durante el movimiento de flexión, artrocinemáticamente ocurre un rodamiento posterior y simultáneamente un deslizamiento anterior de los cóndilos femorales que evita un rodamiento posterior del fémur, fuera del cóndilo tibial. De 0-25° ocurre un rodamiento posterior, el cual es acompañado por un deslizamiento anterior para crear un giro en la tibia. Se considera que existe un rodamiento puro al comenzar la flexión y un deslizamiento puro al final de la flexión (12). El deslizamiento anterior se facilita por las fuerzas que, secundariamente al movimiento de la superficie articular, se generan en los meniscos.

En el movimiento de extensión, cuando el fémur se mueve con respecto a la tibia desde flexión, ocurre un rodamiento de los cóndilos femorales sobre la tibia, colocando el cóndilo en posición neutra; luego se presenta un deslizamiento posterior de los cóndilos femorales y por último un giro.

Al existir una diferencia en el tamaño de los cóndilos femorales al final de los movimientos de flexión y extensión, existe un mecanismo denominado de atornillamiento (*screw home*) o rotación automática de la rodilla. Éste ocurre tanto en cadena cinética abierta como en cadena cinética cerrada. En la cadena cinética abierta, la tibia rota lateralmente cuando el fémur está relativamente fijo durante los últimos 30° de extensión; en la flexión ocurre una rotación medial de la tibia en el fémur. Este mecanismo se debe a la existencia de un área de mayor carga en el cóndilo medial que en el lateral. Cuando se ha superado la

totalidad de la superficie articular del cóndilo externo, el fémur rota alrededor de la espina de la tibia hasta que la rodilla queda encajada en extensión.

La mecánica de *la articulación patelofemoral* difiere en gran medida de la femorotibial. Esta articulación tiene diversas funciones a saber: aumentar el brazo de palanca del cuádriceps, producir la estabilidad funcional bajo carga, permitir que la fuerza del cuádriceps se transmita en ángulo y proporcionar un aspecto estético a la rodilla, entre otras. En esta articulación no se habla propiamente de osteocinématica, ya que lo que hace es contribuir en los movimientos de flexoextensión de la articulación femorotibial. En ella se describen los movimientos de inclinación medial y lateral, rotación medial y lateral y traslación medial y lateral (10).

Durante la extensión completa, la patela se sitúa en la superficie superior del fémur y se le llama extensión patelar. En la flexión completa, la rótula se encuentra en el surco intercondilar y se desplaza al extremo distal del fémur. En el plano sagital este movimiento se denomina flexión patelar.

Las inclinaciones de la patela contribuyen a que ésta se ajuste a las irregularidades en el surco intercondileo. La inclinación medial ocurre entre los 0-30° de flexión y la inclinación lateral ocurre entre los 20-100° de flexión de rodilla. Además, la patela rota alrededor de un eje anteroposterior, el cual se denomina de acuerdo con el movimiento de rotación del polo inferior, ya sea medial o lateral. El movimiento de traslación medial ocurre en extensión completa con rotación medial de la tibia y lateralmente con flexión completa de rodilla (10).

Cabe anotar que toda la superficie articular de la patela no está permanentemente en contacto con el fémur durante el movimiento de flexoextensión de rodilla. Durante el movimiento de extensión hacia flexión de la misma, la carilla inferior de la patela entra en contacto a partir de los 20° de flexión; a los 45°, la carilla media; a los 90° de flexión, la carilla superior; y a los 135°, las carillas laterales. Este comportamiento biomecánico es de vital importancia para la prescripción de ejercicio en personas con malalineamiento patelofemoral.

Cinética estática y dinámica de rodilla

La cinética es una rama de la biomecánica que hace referencia a las fuerzas que producen el movimiento o mantienen el equilibrio. Se dice, además, que corresponde al estudio del sistema que estabiliza las articulaciones. Nordin (3) hace referencia tanto al análisis dinámico como estático de fuerzas y momentos que actúan sobre una articulación.

En este documento, la cinética se desarrolla teniendo en cuenta los componentes pasivos (capsuloligamentosos) y activos (músculos) que intervienen en la estabilidad de la rodilla, sin desconocer la existencia e importancia de otros tipos de análisis cinéticos.

La rodilla, siendo anatómicamente una articulación de tipo condílea y mecánicamente troclear, brinda un pobre soporte desde el punto de vista de simetría y congruencia articular y tiene dos grandes exigencias biomecánicas: la generación de una gran estabilidad, durante el soporte de peso, asociado con la extensión máxima de la articulación; en segunda instancia, debe ser lo suficiente móvil para producir una flexión que permita una adecuada alineación con las demás articulaciones del miembro inferior durante posturas dinámicas.

La contribución de los componentes pasivos y activos es dependiente de la posición de la rodilla y de las articulaciones vecinas, de la magnitud y dirección de las fuerzas generadas y de la disponibilidad de restrictores secundarios.

Durante la postura bípeda, en reposo, se presenta principalmente una estabilización pasiva, dada por el bloqueo de las superficies articulares y por la generación de un momento en extensión en la rodilla al paso de la gravedad. Esta fuerza es contrarrestada por la tensión de la cápsula posterior y los ligamentos asociados, por lo cual se requiere una mínima actividad muscular (10).

Las estructuras óseas de la articulación de la rodilla contribuyen principalmente a la estabilidad en la extensión final; sin embargo, son los tejidos blandos los responsables de brindar la restricción durante la mayor parte de la movilidad de la articulación.

Estabilidad estática

Entre los estabilizadores pasivos de la rodilla se encuentran la cápsula articular, los meniscos y los ligamentos.

Cápsula articular

La cápsula articular de la rodilla es muy laxa en su parte anterior, lo cual facilita el movimiento de flexión. Por esto, durante la extensión se forman unos pliegues encima y a los lados de la rótula (13). Durante la flexión, las estructuras pasivas periarticulares tienden a estar laxas y la relativa incongruencia articular permite una mayor traslación anterior y posterior y la rotación de la tibia sobre el fémur, a diferencia de la extensión completa, la cual se describe como la posición de bloqueo de esta articulación, ya que durante ésta se encuentra

tanto el mayor grado de tensión de los ligamentos colaterales y cruzados, como la mayor congruencia articular.

El papel biomecánico de la cápsula está asociado con la restricción de movimientos extremos de la articulación. Además, la cápsula de la rodilla presenta un alto grado de inervación por nociceptores y mecanorreceptores (corpúsculos de Paccini y Ruffini), lo cual contribuye a la respuesta muscular (10).

Meniscos

Los meniscos mejoran la congruencia articular entre el fémur y la tibia, contribuyen en gran medida a la distribución de las fuerzas y brindan cierto grado de estabilidad a la articulación (11). Los meniscos se mueven durante los movimientos de flexión, extensión y rotación de la rodilla. Por sus uniones capsuloligamentosas, el menisco medial es menos móvil que el lateral.

Durante la extensión, los meniscos son empujados hacia adelante por los ligamentos meniscopatelares que transmiten la tensión generada por la contracción del músculo cuádriceps. Durante la flexión, el menisco medial es empujado hacia atrás por su conexión con el músculo semimembranoso y el lateral, por el tendón del poplíteo. En la rotación de la rodilla, los meniscos se mueven en dirección contraria a sus correspondientes platillos tibiales. La rotación externa de la tibia genera un movimiento posterior del menisco medial, mientras que el menisco lateral se mueve hacia adelante. Durante la rotación interna ocurre lo contrario. Este movimiento de los meniscos es ocasionado por la tensión de los ligamentos meniscopatelares y la geometría articular de los cóndilos femorales.

El menisco medial tiene mayor susceptibilidad para el soporte de enormes cargas compresivas, las cuales se presentan durante la mayoría de las actividades diarias. Aunque las fuerzas compresivas pueden alcanzar dos o tres veces el peso corporal durante la marcha o el ascenso de escaleras, o hasta tres o cuatro veces durante la carrera, el menisco asume el 50-70% de estas cargas impuestas (10).

Ligamentos

De acuerdo con la disposición anatómica de sus fibras, los ligamentos de la rodilla estabilizan la articulación mediolateralmente (resistencia a las fuerzas valguizantes o varizantes) o anteroposteriormente (resistencia a la hipere-

tensión). De igual manera, brindan estabilidad para el componente rotacional presente en esta articulación.

La principal función de los *ligamentos colaterales* es resistir las fuerzas valguzantes o varizantes generadas en la rodilla; es decir, brindan la estabilidad mediolateral. El LCM se encuentra tenso en todo el rango de movimiento de la rodilla, pero su comportamiento varía de acuerdo con el movimiento generado. Todas las fibras están tensionadas en extensión, mientras que en flexión se generan fuerzas tensiles en las fibras con orientación anterior, y en el rango medio de movimiento, la tensión se da en las fibras posteriores (14). De acuerdo con lo documentado por Norkin (10), este ligamento resiste las fuerzas en valgo y controla la rotación lateral de la tibia. En caso de ausencia del LCA, el ligamento colateral medial restringe el desplazamiento anterior de la tibia.

En la estabilidad medial, los ligamentos colaterales actúan como restrictores secundarios el LCA, LCP y el compartimiento lateral; este último debido al incremento en las fuerzas compresivas (11).

El LCL asegura la estabilidad lateral de la rodilla en extensión y es el principal estabilizador de las fuerzas en varo. A los 25° de flexión de rodilla, este ligamento presenta su mayor contribución (69%) para el control de la apertura lateral de la rodilla (11). El LCL se tensiona durante la extensión y se relaja con la flexión de rodilla, principalmente después de los 30° (14).

Los LCA y LCP actúan como restrictores secundarios de las fuerzas en varo a los 8° de flexión de rodilla; sin embargo, su acción disminuye a medida que aumenta dicho movimiento. Otras estructuras que favorecen la estabilidad lateral de la rodilla son la cápsula articular posterior, el compartimiento medial, el músculo poplíteo, la banda iliotibial y el bíceps femoral (11).

El LCA cumple varias funciones importantes en la estabilidad de la articulación: es el principal restrictor de la traslación anterior de la tibia sobre el fémur, controla la rotación de la tibia y evita la hiperextensión de la rodilla. De igual manera, ayuda a controlar los movimientos de deslizamiento y rodamiento de la articulación. Durante la rotación medial de rodilla, el fascículo anteromedial del ligamento es sometido a estiramiento con su mayor pico entre 10° y 15° (10). El fascículo anteromedial se encuentra tenso, tanto en la flexión como en la extensión, mientras que el fascículo posterolateral sólo se somete a tensión durante la extensión. Por esta razón, el LCA mantiene una tensión media durante los movimientos de flexo-extensión de la rodilla (14). A los 30° de flexión de

rodilla, los dos fascículos no presentan una tensión significativa, por lo cual se logra el mayor grado de desplazamiento anterior de la tibia.

Como se mencionó, el LCA cumple también un papel secundario como estabilizador mediolateral de la rodilla. Adicionalmente, es necesario tener en cuenta que los músculos que actúan sobre la articulación de la rodilla tienen el potencial para generar fuerzas tensiles sobre el LCA o, por el contrario, minimizan la carga mecánica sobre el mismo. En el siguiente cuadro se sintetiza esta relación.

Tabla 1. Relación acción muscular con la función del LCA

MÚSCULO	FUNCIÓN	ACCIÓN
Cuadriceps	Genera una fuerza cizallante anterior de la tibia sobre el fémur durante la extensión completa y una gran tensión sobre el LCA entre 20°-60° de flexión de rodilla.	Acción antagónica al LCA.
Gastrocnemios	Ocasiona un empuje anterior de la tibia durante la contracción activa del músculo o durante el estiramiento pasivo por la relación del tendón con el aspecto posterior de la tibia.	Acción antagónica al LCA.
Isquiotibiales	Durante la flexión, generan una fuerza cizallante posterior de la tibia sobre el fémur. A mayor flexión mayor es la fuerza generada. Disminuye las fuerzas sobre el LCA entre 15°-60° de flexión de rodilla.	Acción sinergista al LCA
Soleo	Durante una cadena cinética cerrada con el pie apoyado en el suelo, puede provocar una traslación posterior de la tibia.	Acción sinergista al LCA

El LCP restringe en un porcentaje significativo la traslación posterior de la tibia con relación al fémur. El músculo poplíteo y la cápsula posterolateral son estabilizadores secundarios.

El mayor desplazamiento posterior de la tibia con relación al fémur se presenta entre los 75°-90° de flexión de rodilla; por encima de este rango de movimiento, los estabilizadores secundarios cumplen una función pobre. El comportamiento biomecánico es diferente para los dos fascículos que conforman el LCP. El fascículo anterolateral se encuentra laxo durante la extensión completa de rodilla, mientras que a los 80-90° de flexión se presenta el mayor grado de tensión. El fascículo posteromedial presenta un comportamiento contrario al fascículo anterolateral, es decir, se encuentra laxo en la flexión y tenso durante la extensión.

Así como el LCA, el LCP también cumple una función secundaria en la estabilidad mediolateral de la rodilla. Es importante recordar que los ligamentos cumplen su función de acuerdo con la orientación de sus fibras. En la rodilla, ninguno de los ligamentos presenta una disposición en el plano transversal; es por esto que el control rotacional es dado por diferentes estructuras pasivas de la articulación.

El LCP resiste la rotación medial de la tibia a 90° de flexión, pero no en extensión completa. Su papel en la restricción de la rotación lateral es muy poco significativo. El papel sinérgico del músculo cuádriceps en la función del LCP, disminuye las fuerzas posteriores de la tibia al producirse una contracción en el rango de movimiento entre 20° y 60° de flexión de la rodilla.

Estabilidad dinámica

Los diferentes grupos musculares que atraviesan el complejo articular de la rodilla brindan la estabilidad activa o dinámica. Los músculos que afectan directamente la articulación de la rodilla incluyen cuatro extensores y siete flexores. De igual manera, existen grupos musculares biarticulares y grupos que sólo atraviesan dicha articulación.

El cuádriceps femoral pertenece a los músculos extensores con sus cuatro porciones. Dentro del grupo de flexores encontramos: el grupo *hamstring* (bíceps braquial, semitendinoso y semimembranoso), el sartorio, el gracilis, el popliteo, los gastrocnemius (gemelo y soleo). También involucra el movimiento funcional de la rodilla el músculo genu articularis, el cual une la bursa suprapatelar y sirve para retraerla y evita el atrapamiento de la cápsula cuando la articulación está extendida. La banda iliotibial atraviesa lateralmente la articulación y sirve para estabilizarla en extensión. El músculo plantar delgado (*plantaris*) también

atraviesa la articulación de la rodilla y contribuye al movimiento de ésta, aún siendo tradicionalmente un plantiflexor del cuello de pie (6).

Los músculos que trabajan en la articulación de la rodilla pueden clasificarse en biarticulares y en monoarticulares, dependiendo del número de articulaciones que atraviesen. Así, como músculos biarticulares están los que vienen de la articulación de la cadera y los que atraviesan la articulación de cuello de pie, a saber: el recto femoral, los *hamstrings*, los gemelos, el gracilis, el sartorio y la banda iliotibial. Éstos representarían su acción según el punto articular que se esté tomando como fijo y, por supuesto, como móvil. Los músculos monoarticulares que encontramos en esta articulación son: el popliteo, el genu articularis, los vastos medial y oblicuo, el vasto intermedio y el soleo.

Grupo extensor de la rodilla

Las cuatro cabezas del músculo cuádriceps femoral proveen la extensión de la rodilla; el recto femoral es la única porción de éste que atraviesa la cadera y la rodilla. En la tabla 2 se describe de manera sintética el origen, la inserción, la función, el tipo de músculo, los músculos sinérgicos y antagonistas para cada grupo muscular.

Tabla 2. Músculo recto femoral

Origen	Cabeza recta: Espina iliaca anterior inferior. Cabeza refleja: Supraacetabular Groove Cápsula de la articulación de la cadera.	
Inserción	Borde superior de la patela y continúa distalmente a ésta para unirse a la tuberosidad tibial, como el ligamento patelar.	
Inervación	Nervio femoral (L2-L4)	
Tipo de músculo	Postural	
Función	En la cadera	En la rodilla
	Flexión de la cadera	Extensión de la rodilla
Músculos sinergistas	A la flexión de cadera	A la extensión de rodilla
	Iliopsoas Pectineo Sartorio Gracilis Tensor de la fascia lata En algunos momentos: Aductor corto, mediano y mayor	Vasto medial Vasto lateral Vasto intermedio
Músculos antagonistas	Para la flexión de cadera	Para la extensión de rodilla
	Glúteo mayor Bíceps femoral Semimembranoso Semitendinoso Aductor mayor	Bíceps femoral Semimembranoso Semitendinoso Gastrocnemios Poplíteo Gracilis Sartorio

Fuente: Chaitow L, Walker J. Clinical application of neuromuscular techniques. Vol 2. The lower body. New York: Churchill Livingstone; 2000.

Tabla 3. Músculo vasto medial

Origen	Del aspecto posterior y medial del cuerpo del fémur. Septum medial intermuscular. Labio medial de la línea áspera. Parte superior de la línea medial supracondilar. Mitad inferior de la línea intertrocánterica.
Inserción	Borde medial de la patela, continua distal para llegar a la tuberosidad tibial. Algunas fibras se fusionan con el retináculo medial patelar. Algunas fibras tienen una orientación más oblicua; son conocidas como vasto medial oblicuo.
Inervación	Nervio femoral (L2-L4)
Tipo de músculo	Fásico
Función	Extensión de la rodilla
Músculos sinergistas	A la extensión de rodilla Recto femoral Vasto lateral Vasto intermedio
Músculos antagonistas	Para la extensión de rodilla Bíceps femoral Semitendinoso Semimembranoso Gastrocnemios Poplíteo Gracilis Sartorio

Fuente: Chaitow L, Walker J. Clinical application of neuromuscular techniques. Vol 2. The lower body. New York: Churchill Livingstone; 2000.

Tabla 4. Músculo vasto lateral

Origen	Desde la superficie inferior del trocánter mayor. La línea intertrocánterica del fémur. Tuberosidad Glútea Septum intermuscular lateral. Labio lateral de la línea áspera.
Inserción	Borde lateral de la patela. Algunas fibras se fusionan con el retináculo lateral patelar.
Inervación	Nervio femoral (L2-L4)
Tipo de músculo	Fásico
Función	Extensión de la rodilla y lleva lateralmente la patela hacia lateral
Músculos Sinergistas	Para la extensión de rodilla Recto femoral Vasto medial Vasto intermedio
Músculos Antagonistas	Para la extensión de rodilla Bíceps femoral Semitendinoso Semimembranoso Gastrocnemios Poplíteo Gracilis Sartorio

Fuente: Chaitow L, Walker J. Clinical application of neuromuscular techniques. Vol 2. The lower body. New York: Churchill Livingstone; 2000.

Tabla 5. Músculo intermedio

Origen	De la superficie anterior y lateral del fémur.
Inserción	Borde superior de la patela. Este músculo se inserta profundamente al recto femoral y a la porción profunda del vasto lateral.
Inervación	Nervio femoral (L2-L4)
Tipo de músculo	Fásico
Función	Extensión de la rodilla.
Músculos sinergistas	Para la extensión de rodilla Recto femoral Vasto medial Vasto lateral
Músculos antagonistas	Para la extensión de rodilla Bíceps femoral Semitendinoso Semimembranoso Gastrocnemios Poplíteo Gracilis Sartorio

Fuente: Chaitow L, Walker J. Clinical application of neuromuscular techniques. Vol 2. The lower body. New York: Churchill Livingstone; 2000.

Tabla 6. Músculo genu articular

Origen	De la superficie anterior del extremo distal del cuerpo del fémur, justamente al extremo del vasto intermedio.
Inserción	En la bursa suprapatelar
Inervación	No establecido
Tipo de músculo	No establecido
Función	Retrae la bursa suprapatelar y la capsula articular, evitando el atrapamiento de la capsula cuando la articulación está extendida.
Músculos sinergistas	Ninguno
Músculos antagonistas	Movimiento de Flexión de la articulación de la rodilla

Fuente: Chaitow L, Walker J. Clinical application of neuromuscular techniques. Vol 2. The lower body. New York: Churchill Livingstone; 2000.

Grupo flexor de la rodilla

Tabla 7. Músculo sartorio

Origen	Espina iliaca anterosuperior.	
Inserción	Parte proximal medial anterior de la tibia.	
Inervación	Nervio femoral (L2-L3)	
Tipo de músculo	Fásico tipo 2	
Función	Flexión de la cadera y de la rodilla durante la marcha. Flexión, abducción y rotador externo del fémur.	
Músculos sinergistas	Para la flexión de la cadera durante la marcha	Para la flexión de la cadera
	Bíceps femoral	Iliopsoas Pectíneo Recto femoral Tensor de la fascia lata
	Para la abducción de la cadera	Para la rotación lateral de la cadera
	Glúteo medio Glúteo menor Tensor de la fascia lata Piriforme	Porción larga del bíceps femoral Rotadores profundos de cadera Glúteo máximo Iliopsoas Fibras posteriores del glúteo medio y del menor
Músculos antagonistas	A la flexión de la cadera	A la Abducción del muslo
	Glúteo mayor Bíceps femoral Semitendinoso Semimembranoso	Grupo adductor Tensor de la fascia lata
	A la rotación lateral de la cadera	
	Tensor de la fascia lata	

Fuente: Chaitow L, Walker J. Clinical application of neuromuscular techniques. Vol 2. The lower body. New York: Churchill Livingstone; 2000.

Tabla 8. Músculo gracilis

Origen	Cerca de la sínfisis en la rama inferior del pubis.	
Inserción	Parte posterior y medial de la tibia.	
Inervación	Nervio obturador (L2-L3)	
Tipo de músculo	Fásico tipo 2	
Función	Aductor del muslo Flexor de la rodilla cuando esta recta Rota medialmente la pierna en la rodilla	
Músculos sinergistas	Para la adducción de la cadera	Para la flexión de la rodilla
	Gripo aductor Pectíneo	
	Para la rotación medial de la pierna en la rodilla	
	Semimembranoso Semitendinoso Poplíteo Sartorio	
Músculos antagonistas	Para la adducción de la cadera	Para la flexión de la rodilla
	Glúteo medio Tensor de la fascia lata	Cuadriceps femoral
	A la rotación medial de la pierna en la rodilla	
	Bíceps femoral	

Fuente: Chaitow L, Walker J. Clinical application of neuromuscular techniques. Vol 2. The lower body. New York: Churchill Livingstone; 2000.

Tabla 9. Músculo bíceps femoral

Origen	<p>Cabeza larga: De la tuberosidad isquiática Ligamento sacrotuberoso.</p> <p>Cabeza corta: Labio lateral de la línea áspera Línea supracondilea del fémur Septum lateral intermuscular que se fusiona con el tendón de la cabeza larga</p>	
Inserción	<p>Cabeza larga: Aspecto lateral de la cabeza del peroné y tibia</p> <p>Cabeza corta: Aspecto lateral de la cabeza del peroné y tibia.</p>	
Inervación	Nervio ciático (L5-S2)	
Tipo de músculo	Postural	
Función	Cabeza larga	Cabeza corta
	<p>Extiende, rota lateralmente y aduce el muslo. Rota posteriormente la pelvis en la cadera. Fleja y rota la extremidad inferior en la rodilla.</p>	<p>Fleja la rodilla y rota lateralmente la pierna en la rodilla.</p>

continúa...

Músculos sinergistas	Para la extensión de la cadera	Para la rotación lateral de la cadera
	Glúteo máximo Semimembranoso Semitendinoso Fibras inferiores del aductor mayor. Fibras posteriores del el glúteo medio y menor	Glúteo mayor Rotadores externos de cadera principalmente el Piriforme Sartorio Fibras posteriores del glúteo medio y menor Iliopsoas
	Para la aducción de cadera	Para la rotación pélvica posterior
	Bíceps femoral Semitendinoso Semimembranoso Aductor corto Aductor mayor Pectíneo Glúteo mayor Gracilis	Bíceps femoral Semitendinoso Semimembranoso Aductor Mayor Músculos abdominales
	Para la flexión de rodilla	
	Bíceps femoral Semitendinoso Semimembranoso Sartorio Gracilis Gastrocnemios Plantar delgado	

continúa...

Músculos antagónistas	Para la extensión de la cadera	Para la rotación lateral del muslo
	Iliopsoas Recto femoral Pectineo Aductor corto Aductor medio Sartorio Gracilis Tensor de la fascia lata	Aductores Semitendinoso Semimembranoso Iliopsoas Pectineo Fibras anteriores del glúteo medio y menor Tensor de la fascia lata
	Para la adducción de cadera	Para la rotación pélvica posterior
	Glúteos Tensor de la fascia lata Sartorio Piriforme Iliopsoas	Recto femoral Tensor de la fascia lata Fibras anteriores del glúteo medio y menor Iliaco Sartorio
	Para la flexión de rodilla	
	Cuádriceps	

Fuente: Chaitow L, Walker J. Clinical application of neuromuscular techniques. Vol 2. The lower body. New York: Churchill Livingstone; 2000.

Tabla 10. Músculo semitendinoso

Origen	De un tendón común con el bíceps femoral en la tuberosidad isquiática.
Inserción	Cóndilo posterior y medial de la tibia
Inervación	Nervio ciático L5-S2
Tipo de músculo	Postural

continúa...

	En la cadera	En la rodilla
Función	Extensor, rotador interno, Aductor de la cadera. Rota posteriormente la pelvis en la cadera.	Flexión, rotación medial de la pierna en la rodilla.
Músculos sinergistas	Para la extensión de la cadera	Para la rotación medial de la cadera
	Glúteo mayor Semimembranoso Bíceps femoral Aductor mayor Fibras posteriores del glúteo medio y menor	Semimembranoso Fibras anteriores del glúteo medio y menor Tensor de la fascia lata Algunos aductores
	Para la aducción de cadera	Para la rotación posterior de la pelvis
	Bíceps femoral Semitendinoso Semimembranoso Aductores Glúteo mayor	Bíceps femoral Semitendinoso Semimembranoso Aductor mayor Músculos abdominales
	Para la flexión de la rodilla	
Bíceps femoral Semitendinoso Semimembranoso sartorio Gracilis Gastrocnemios Plantaris		

continúa...

Músculos antagónistas	Para la extensión de la cadera	Para la rotación medial de la cadera
	Iliopsoas Rector femoral Pectíneo Aductor corto Aductor mediano Sartorio Gracilis Tensor de la fascia lata	Cabeza larga del bíceps femoral Rotadores externos de la cadera Glúteo mayor Sartorio Fibras posteriores del glúteo medio y menor Psoas mayor
	Para la aducción de cadera	Para la rotación posterior de la pelvis
	Glúteos Tensor de la fascia lata Sartorio Piriforme Iliopsoas	Tensor de la fascia lata Fibras anteriores del glúteo medio y menor. Iliaco Sartorio
	A la flexión de la rodilla	
Cuádriceps		

Fuente: Chaitow L, Walker J. Clinical application of neuromuscular techniques. Vol 2. The lower body. New York: Churchill Livingstone; 2000.

Tabla 11. Músculo semimembranoso

Origen	De la tuberosidad isquiática.	
Inserción	Superficie posterior del cóndilo medial de la tibia.	
Inervación	Nervio ciático L5-S2	
Tipo de músculo	Postural	
Función	En la cadera	En la rodilla
	Extensor, rotador interno, Aductor del muslo en la cadera. Rota posteriormente la pelvis en la cadera	Flexión, rotación medial de la pierna en la rodilla

continúa...

Músculos sinergistas	Para la extensión de la cadera	Para la rotación medial de la cadera
	Glúteo mayor Semitendinoso Bíceps femoral Aductor mayor Fibras posteriores del glúteo medio y menor	Semitendinoso Fibras anteriores del glúteo medio y menor Tensor de la fascia lata Algunos aductores
	Para la aducción de cadera	Para la rotación posterior de la pelvis
	Bíceps femoral Semitendinoso Semimembranoso Aductores Glúteo mayor	Bíceps femoral Semitendinoso Semimembranoso Aductor mayor Músculos abdominales
	Para la flexión de la rodilla	
Bíceps femoral Semitendinoso Semimembranoso Sartorio Gracilis Gastrocnemios Plantar delgado		

continúa...

Músculos antagonistas	Para la extensión de la cadera	Para la rotación medial del muslo
	Iliopsoas Rector femoral Pectíneo Aductor corto Aductor mediano Sartorio Gracilis Tensor de la fascia lata	Cabeza larga del bíceps femoral Rotadores externos de la cadera Glúteo mayor Sartorio Fibras posteriores del glúteo medio y menor Psoas mayor
	Para la aducción de cadera	Para la rotación posterior de la pelvis
	Glúteos Tensor de la fascia lata Sartorio Piriforme Iliopsoas	Tensor de la fascia lata Fibras anteriores del glúteo medio y menor. Iliaco Sartorio
	A la flexión de la rodilla	

Fuente: Chaitow L, Walker J. Clinical application of neuromuscular techniques. Vol 2. The lower body. New York: Churchill Livingstone; 2000.

Referencias

- (1) Rosenberg A, Micos R. Biomecánica de la rodilla. En Scott N. Lesiones de los ligamentos y del aparato extensor de la rodilla. Diagnóstico y tratamiento. Nueva York. Editorial Mosby; 1992.
- (2) Kaltenborn F. Fisioterapia manual extremidades. 2ª ed. Madrid: McGraw Hill Interamericana; 2004.
- (3) Nordin M. Basic biomechanics of the musculoskeletal system. 3 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
- (4) Behnke R. Kinetic anatomy. 2ª ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2006.
- (5) Williams P. Anatomía de Gray. Bases anatómicas de la medicina y la cirugía. 38 ed. Madrid: Harcourt Brace; 2001.
- (6) Chaitow L, Walker J. Clinical application of neuromuscular techniques. Vol 2. The lower body. New York: Churchill Livingstone; 2000.
- (7) Cook C. Orthopedic manual therapy an evidence based approach. 1 ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall; 2007.
- (8) Fulkerson JP, Gossling HR. Anatomy of the knee joint lateral retinaculum. Clin Orthopaedic 1980;153:183-8.
- (9) Basas A, Fernández de la Peña C, Martín U. Tratamiento fisioterápico de la rodilla. Madrid: McGraw Hill Interamericana; 2003.
- (10) Nokin C, Levangie P. Joint structure & function. 4ª ed. Philadelphia. F.A.: Davis; 2005.
- (11) Voight M. Musculoskeletal interventions techniques for therapeutic exercise. New York: McGraw Hill; 2007.
- (12) Scott N. Lesiones de los ligamentos y del aparato extensor de la rodilla. Diagnóstico y tratamiento. Nueva York: Mosby; 1992.
- (13) Blandine C. Anatomía para el movimiento. Introducción al análisis de las técnicas corporales. 2ª ed. Barcelona: La Liebre; 2004.
- (14) Magee D. Orthopedic physical assessment. 4ª ed. Philadelphia: Saunders; 2006.

