

Reeducación de la rodilla tras lesión o cirugía del ligamento cruzado posterior

P. Christel
A. Darnault
J. Simonnet

Todavía no se conoce por completo la estructura y la función del ligamento cruzado posterior (LCP). Aunque la indicación quirúrgica tras la lesión de dicho ligamento sigue siendo objeto de controversias, varios estudios mostraron que en la evolución natural de las laxitudes posteriores crónicas de la rodilla puede aparecer una lesión degenerativa de los compartimientos femorotibial interno y femoropatelar [19, 22, 37, 42, 61]. La reeducación de la rodilla tras lesión o cirugía del LCP debe basarse en los conocimientos de anatomía funcional y biomecánica. Además, han de tomarse en cuenta los efectos que causan, según su naturaleza, los ejercicios físicos aplicados a la rodilla laxa u operada. El concepto de cadena cinética abierta o cerrada resulta, para ello, de suma utilidad.

Anatomía funcional y aspectos biomecánicos

El LCP, que se extiende desde la superficie retroespinal de la tibia hasta la cara intercondílea del cóndilo interno, está situado cerca del eje de rotación vertical de la rodilla. Tradicionalmente se describen en él dos contingentes de fibras distintos: el anterolateral (AL) y el posteromedial (PM), cuando en realidad bien podría tratarse de un continuum fibroso, sin haces individualizables.

El hecho de que hasta ahora se haya estudiado mucho menos el LCP que el ligamento cruzado anterior (LCA) probablemente se deba a la menor frecuencia de lesiones del primero, y también a su mayor complejidad. En esta parte del capítulo se resumen los conocimientos actuales sobre el comportamiento biomecánico del LCP y de las estructuras posteroexternas y posterointernas que contribuyen a la estabilización posterior de la rodilla. En ellos se apoyan los protocolos de reeducación.

Propiedades mecánicas del LCP

No sólo resulta más difícil tomar las medidas del LCP que las del LCA, sino que además las características anatómicas del primero son más complejas, dado que existen dos con-

tingentes muy distintos y que no se conoce bien la función de los ligamentos meniscofemorales. Las propiedades mecánicas dependen de numerosos parámetros: la edad de la persona, la velocidad de la puesta en tensión, la dirección de la carga, el grado de flexión de la rodilla y la geometría del ligamento.

La resistencia a la rotura del LCP es de aproximadamente 1 700 N [48]. Así pues, a diferencia de lo que suele admitirse, el LCP no es dos veces más resistente que el LCA. Las propiedades dependen del contingente sometido a prueba: el contingente AL es significativamente más resistente y más rígido que el PM [1, 50]. La edad condiciona las propiedades mecánicas: a edades idénticas, el contingente AM (anteromedial) tiene la misma resistencia mecánica que el LCA entero. Aunque no se ha evaluado con exactitud la contribución de los ligamentos meniscofemorales, su rigidez es similar a la del contingente AL [37].

Estudios cinemáticos

Se refieren a las variaciones de distancia de las inserciones del LCP durante los movimientos de flexión/extensión. Se han utilizado varios métodos: la extensometría, la isometría y los modelos matemáticos.

En flexión

Está demostrado que el LCP se alarga con la flexión de la rodilla, con la contracción de los isquiotibiales y con la rotación interna. El alargamiento varía según el contingente [2, 12, 23]. La medida de las variaciones de longitud y de tensión de los contingentes AL y PM del LCP en cajón poste-

Pascal CHRISTEL: Ancien professeur des Universités, praticien hospitalier, clinique Nollet, 21, rue Brochant, 75017 Paris.

Alain DARNAL: Médecin chef de service, centre de rééducation fonctionnelle de la Châtaigneraie Menucourt.

Jean SIMONNET: Médecine physique, 7 bis, rue Le Sueur, 75116 Paris.

rior muestra que el contingente AL está especialmente solicitado entre 60 y 80°, mientras que el PM lo está entre 0 y 30°, y nuevamente después de los 120° (fig. 1). Durante la flexión de la rodilla se produce, en términos generales, un aumento de la distancia entre los sitios de inserción del LCP con puesta en tensión del conjunto del LCP (en los diez primeros grados de flexión disminuye aproximadamente 1 mm la distancia de las inserciones del contingente AL, y luego aumenta progresivamente, hasta 6 mm para 135° de flexión). El contingente PM es la parte más isométrica del ligamento, con sólo 0,4 mm de aumento de distancia en los primeros grados de flexión, y luego ninguna variación entre 10 y 135° de flexión. La mitad posterior del contingente AL es más isométrica que la mitad anterior (4 y 8 mm de aumento de distancia, respectivamente). Así, el contingente posterior es la parte más isométrica del ligamento, y el alargamiento va aumentando a medida que se consideran las fibras más anteriores.

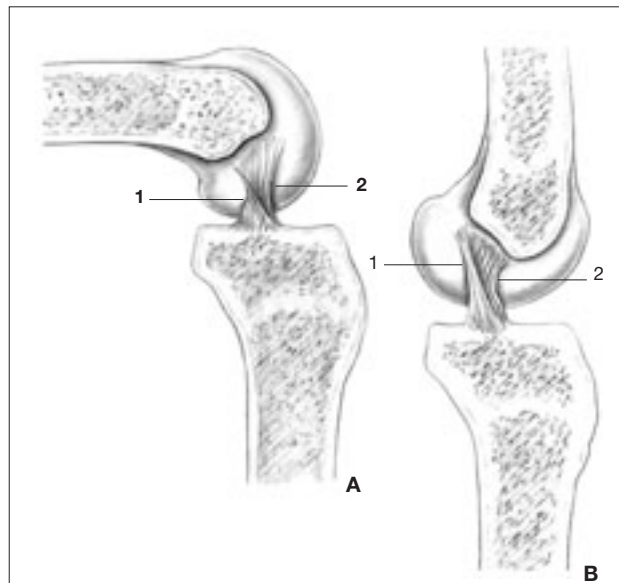
Entre 0 y 30° de flexión, un cajón posterior moderado de 2 mm será absorbido en un 65 % por las formaciones periféricas y en un 35 % por las fibras PM. Cuando se ejercen cargas mayores, con cajones posteriores de 4 a 6 mm, las proporciones no se modifican al principio de la flexión, pero la participación de las fibras PM y AL aumenta muy rápidamente (fig. 2), de modo que en un cajón posterior a 90° de flexión, las cargas se reparten de la siguiente manera: contingentes AL+PM = 85 %; ligamentos femoromeniscales: 7 %; resto: 8 % [51].

La rotación externa pone en carga el LCP de modo inconstante, y sólo entre 80 y 90° de flexión de la rodilla. Los esfuerzos que inducen el varo o el valgo sobre el LCP son mayores a 90° de flexión. Cuando la tibia se halla en rotación interna o en rotación externa, la aplicación de una fuerza anteroposterior se acompaña de un muy leve aumento de la carga en el LCP [64].

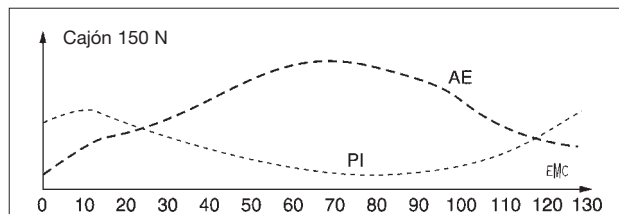
Medidas isométricas

Las medidas «isométricas», que plantean problemas de precisión, dependen de la gravedad (el peso de la pierna tiende a inducir un cajón posterior), del contingente ligamentario considerado y del sitio de la medición. Sin embargo, como para el LCA, el sitio femoral es el factor primordial que determina la variación de longitud del LCP. Una variación proximal/distal en el seno del sitio de inserción femoral tiene mayor efecto que una variación anteroposterior. La cartografía isométrica de la inserción femoral del LCP tiene una forma de ojiva, con la base situada contra el techo de la escotadura intercondílea y la punta dirigida hacia atrás, y levemente distal (fig. 3). No se ha identificado ningún punto estrictamente isométrico. Los puntos situados por delante de esta línea corresponden a un aumento de tensión de las fibras ligamentarias durante la flexión de la rodilla, mientras que los puntos situados por detrás de ella corresponden a un aumento de tensión al extender la rodilla. Por ende, cuanto más distal es el sitio de inserción femoral, más aumenta la separación de los sitios de inserción del LCP durante la flexión. El sitio tibial tiene escaso efecto sobre la variación de longitud del LCP [36]. Si se toma como punto de referencia el punto isométrico femoral, la línea de transición tibial es transversal (cruza el borde posterior del sitio de inserción). Todo punto situado por delante de esta línea induce un aumento de tensión en el ligamento durante la extensión de la rodilla.

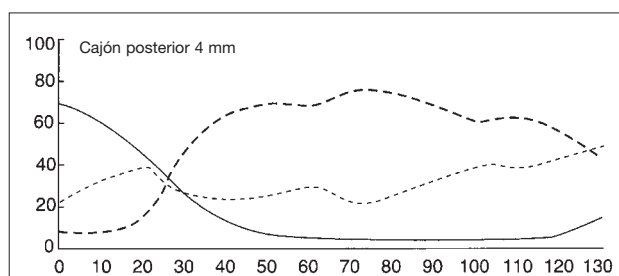
Es esencial considerar el sitio de inserción para obtener una cinemática del LCP normal, pero el hecho de tensar el injerto a 90° de flexión aplicando un cajón anterior parece ser un parámetro más importante para restablecer una laxitud posterior normal [7]. Tomando en cuenta las fibras en tensión y su orientación, el LCP resulta más eficaz en exten-



1 Representación esquemática del ligamento cruzado posterior con la rodilla en flexión y en extensión. El contingente de fibras anteroexterno está tenso en flexión, mientras que el contingente posterointerno lo está en extensión.
A 1. Fibras posteriores relajadas;
2. fibras anteriores tensas.
B. 1. Fibras posteriores tensas;
2. fibras anteriores relajadas.

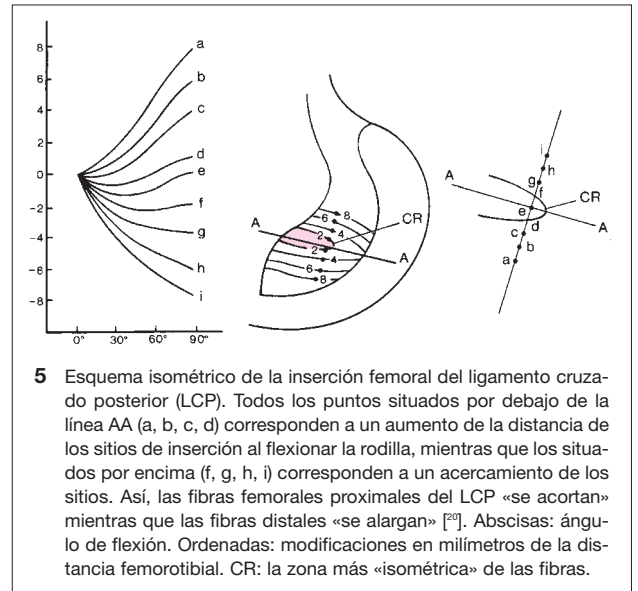
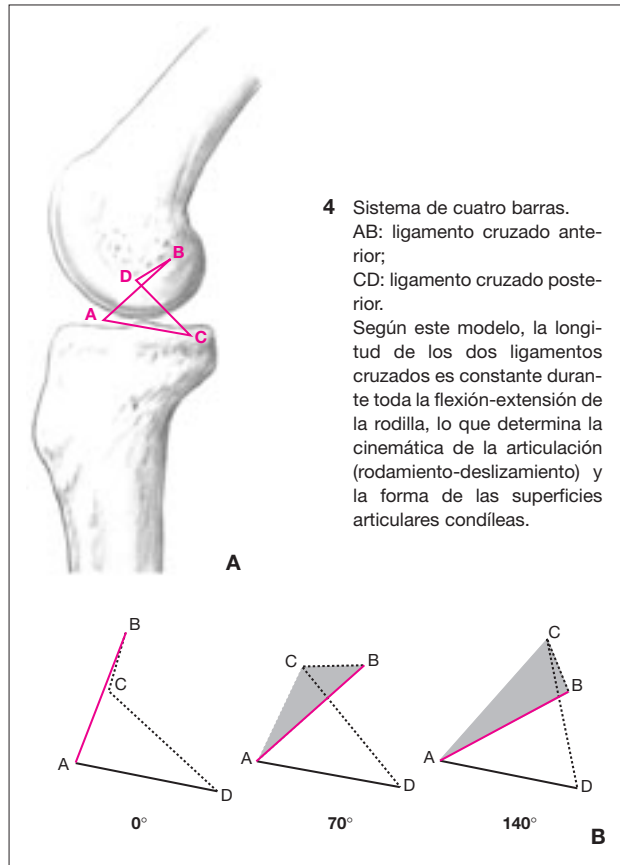


2 Puesta en carga de los contingentes anteroexternos (AE) y posterointernos (PI) al flexionar la rodilla manteniendo aplicado un cajón posterior de 150 N. Entre 0 y 30° de flexión se carga sobre todo el contingente PI, y de ahí en adelante, el contingente AE (según Race et al [50]).



3 Distribución de la carga al aplicar un cajón posterior de 4 mm. Entre 0 y 30° de flexión predomina la carga de las formaciones posteroexternas (según Race et al [50]).

sión que en flexión. Las fibras posteriores tensas en extensión son más horizontales que las fibras tensas a 90°; por ello deben reclutarse más fibras a fin de resistir a la traslación tibial posterior en flexión. El haz posterior del LCP sirve de vínculo isométrico en el modelo de cuatro barras (4-bar linkage) (fig. 4) e impone la cinemática de la rodilla, mientras que la parte anterior del ligamento se comporta



Sección aislada del LCP

Se acompaña de 5 ó 6 mm de retroceso posterior de la tibia entre 0 y 30° de flexión. Es estabilizador secundario para la rotación interna, la rotación externa, el varo/valgo, la extensión y la descoaptación [26]. Los estabilizadores secundarios del LCP son el ligamento lateral externo (LLE), el tendón poplíteo, el punto de ángulo posteroexterno (PAPE) y el ligamento lateral interno (LLI) [9].

Función de las estructuras posteroexternas: sinergia LCP/elementos posteroexternos [27, 28, 43] Traslación tibial posterior

Sección aislada del LLE y complejo posteroexterno

La sección aislada del LLE o del complejo ligamentario posteroexterno «profundo» (ligamento arqueado, tendón poplíteo, ligamento fabeloperoneo, cápsula posteroexterna sin el LLE) no provoca un aumento de la traslación posterior directa, cualquiera sea el ángulo de flexión (cuadro I). La sección de todas las estructuras posteroexternas hace que, a 30° de flexión, la traslación posterior del platillo tibial externo aumente, como término medio, 8 mm. Sin embargo, este aumento del retroceso posterior del platillo tibial externo no es significativo a 90° de flexión (promedio: 2,7 mm). En las rodillas que presentan una hiperlaxitud fisiológica se observa una subluxación del platillo tibial externo de mayor magnitud que en las rodillas sin laxitud fisiológica. En realidad, la laxitud fisiológica del LCP condiciona tal rotación externa (RE). Si el LCP es naturalmente muy tenso, la sección posteroexterna a veces no aumenta la rotación externa, dada la función de freno secundario inherente a dicho ligamento. Las secciones asociadas del LCP, del complejo ligamentario profundo y del LLE hacen que la traslación posterior de la tibia aumente significativamente (de 20 a 25 mm), cualquiera sea el grado de flexión.

Laxitud en varo

Cuando se secciona solamente el LLE, se observa, con respecto a una rodilla normal, un aumento pequeño pero significativo (de 1 a 4°) en varo, cualquiera sea el ángulo de flexión. Cuando se secciona el complejo ligamentario profundo a nivel del fémur, se produce un aumento semejante del

como una reserva de fibras que van siendo reclutadas progresivamente al aumentar las sollicitaciones en el ligamento [29, 32]. El sitio de inserción más isométrico y más isotónico (fig. 5) se localiza en una pequeña superficie, levemente distal con respecto al centro de la pared interna de la escotadura intercondílea [44].

Las simulaciones numéricas en computadora confirmaron las medidas experimentales, y sirvieron para afinarlas. Se observa que el LCP soporta las mayores variaciones de cargas a 90° de flexión, y que la influencia de los sitios de inserción sobre la variación de cargas del LCP es mínima entre 45 y 75° [3]. La inserción femoral isométrica se encontraría 2 a 4 mm por detrás de una indentación característica del techo de la escotadura, e incluiría la parte posterior del sitio de inserción anatómico [36].

Consecuencias biomecánicas de la rotura del LCP

En este ámbito existen pocos datos experimentales. El estudio de las presiones de contacto femorotibial interno y femoropatelar, en rodillas intactas y después de la sección secuencial del LCP y de los elementos capsuloligamentarios posteroexternos, mostró que la presión femoropatelar y la fuerza del cuádriceps aumentaban significativamente tras la sección combinada del LCP y de las estructuras posterolaterales. La presión del compartimiento femorotibial interno aumenta significativamente tras la sección del LCP [38].

Función del LCP en la estabilidad de la rodilla

Mediante las secciones ligamentarias sucesivas se puede determinar la función estabilizadora primaria o secundaria de las estructuras capsuloligamentarias. El resultado de estas experiencias depende de la secuencia de las secciones ligamentarias, y de la naturaleza y las modalidades de la carga aplicada a la articulación.

Cuadro I.– Efecto de las secciones ligamentarias posteriores y posteroexternas sobre la estabilidad de la rodilla [63].

Secciones	Laxitud en varo	Traslación posterior directa	Rotación tibial externa
LLE (inserción femoral)	Poco aumentada (de 1 a 4°)	Sin efecto	Poco aumentada (de 2 a 8°)
Tendón poplíteo	Poco aumentada a 90°	Sin efecto	Poco aumentada (de 6 a 9° en flexión)
LLE + tendón poplíteo	Aumentada (de 5 a 9°)	Poco aumentada (3 mm)	Aumento (14°) máximo a 30°
LCP	Sin efecto	Aumentada, sobre todo en flexión (3 mm a 30°, 11 mm a 90°)	Sin efecto
LLE + poplíteo + LCP	Aumentada (de 14 a 19°)	Aumentada (de 20 a 25 mm)	Aumento más allá de los 60° (20°)

LLE: ligamento lateral externo; LCP: ligamento cruzado posterior.

varo a 90°. La expansión peronea del poplíteo cumple una función estabilizadora al menos tan importante como la de la inserción condílea del tendón [6]. Cuando se secciona el LLE y el complejo ligamentario profundo, se produce un aumento mayor del varo (de 5 a 9°). Éste aumenta más aún (de 14 a 19°) cuando se corta el LCP, cualquiera sea el ángulo de flexión. La sección combinada del LCP y de todas las estructuras posteroexternas provoca una laxitud en varo superior a 30° cuando la rodilla se halla flexionada a 60°.

Rotaciones tibiales

La sección de las estructuras posteroexternas provoca un aumento de la rotación tibial externa que es máxima a 30° de flexión de la rodilla, independientemente de que el LCP esté intacto o seccionado [26]. Por lo tanto, a 30°, un aumento de la rotación tibial externa indica una lesión de las estructuras posteroexternas.

Tras la sección del LCP y de las estructuras posteroexternas se produce un aumento significativo del retroceso de ambos platillos tibiales, interno y externo, tanto a 30° como a 90° de flexión. El aumento de la traslación posterior del platillo tibial externo mide, en promedio, 17,8 mm a 30° de flexión y 23,5 mm a 90° de flexión. Para el platillo tibial interno, tal aumento es igual a 7,6 mm a 30° de flexión y a 12,3 mm a 90° de flexión.

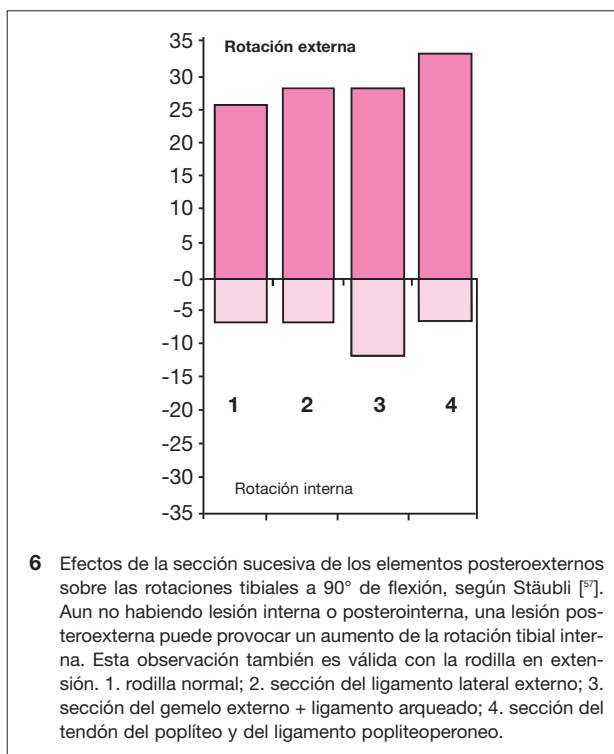
Rotaciones tibiales inducidas

Cuando en una rodilla intacta se aplica un cajón posterior a la tibia, por lo general ésta gira en rotación externa [27, 35, 62], y a veces en rotación interna [57, 58, 59] (fig. 6). Este tipo de desplazamiento, llamado «rotación inducida», disminuye con la extensión de la rodilla. La sección aislada del LCP suprime la rotación externa inducida por el cajón posterior, pero si además se seccionan las estructuras posteroexternas, la rotación externa inducida vuelve a aparecer.

La sección combinada del LLE y del complejo ligamentario profundo aumenta significativamente la rotación externa inducida por la traslación posterior de la tibia, cualquiera sea el ángulo de flexión. Si además de los elementos precedentes se secciona el LCP, se produce un aumento no significativo de la rotación externa inducida.

Traslaciones tibiales inducidas

Así como hay rotaciones inducidas por las traslaciones anteroposteriores, hay también traslaciones tibiales inducidas



6 Efectos de la sección sucesiva de los elementos posteroexternos sobre las rotaciones tibiales a 90° de flexión, según Stäubli [27]. Aun no habiendo lesión interna o posterointerna, una lesión posteroexterna puede provocar un aumento de la rotación tibial interna. Esta observación también es válida con la rodilla en extensión. 1. rodilla normal; 2. sección del ligamento lateral externo; 3. sección del gemelo externo + ligamento arqueado; 4. sección del tendón del poplíteo y del ligamento popliteoperoneo.

por los movimientos de rotación interna o externa. La aplicación de una fuerza en rotación externa produce una traslación posterior inducida de la tibia. Cuando se seccionan simultáneamente el LLE y el complejo posteroexterno profundo sobreviene un aumento significativo de la traslación posterior inducida al aplicar un par en rotación externa, cualquiera sea el ángulo de flexión. La combinación de la sección del LLE, del complejo ligamentario profundo y del LCP provoca un aumento suplementario de la traslación posterior inducida.

Estructuras ligamentarias internas y posterointernas y LCP

El punto de ángulo posterointerno impide la subluxación posterior del platillo tibial interno [59]. El LLI es el freno primario del valgo cuando la rodilla está cerca de la extensión [31]. Sin embargo, la sección del LLI no redundará en un aumento del valgo en extensión completa. La sección asociada del LCP provoca un aumento significativo de la laxitud en valgo, aun en extensión completa. En las publicaciones hay pocos datos acerca de cómo contribuye cada una de las estructuras capsuloligamentarias internas y posterointernas en la estabilidad posterior del compartimiento femorotibial interno.

Consecuencias clínicas y semiológicas

Estos resultados sugieren que la traslación posterior, la laxitud en varo y la rotación externa de la tibia son los principales signos que deben evaluarse para detectar una lesión del LCP y de las estructuras posteroexternas.

Así, una rotura completa de las estructuras posteroexternas con un LCP intacto trae aparejado un aumento del varo, una traslación posterior de la tibia y un aumento de la rotación externa tibial a 30° de flexión. Puesto que el aumento de la rotación externa es máximo a 30° de flexión, debe buscarse la anomalía en ese ángulo. Si a 90° de flexión se detecta un aumento de la rotación externa, debe pensarse en la posibilidad de una lesión asociada del LCP.

Las lesiones que sólo involucran al LCP provocan una traslación posterior máxima de 12 mm entre 75 y 90° de flexión de la rodilla. No hay modificación de las rotaciones o de la laxitud en varo/valgo. La laxitud posterior cerca de la

extensión se debe a una lesión secundaria de los frenos. Puesto que a 90° de flexión la traslación posterior de la tibia se duplica con respecto a la que se observa a 30°, debe buscarse el cajón posterior a 90°, y no a 30°. Un cajón posterior de más de 15 mm a 90° de flexión indica una lesión asociada de las estructuras posteroexternas y/o posterointernas. Estos resultados también demuestran que las estructuras posteroexternas cumplen una función protectora respecto del LCP, y por consiguiente, cuando dichas estructuras se encuentran lesionadas es fundamental reconstruirlas al mismo tiempo que el LCP [39].

Conceptos generales sobre los ejercicios en cadena cinética abierta o cerrada

La rotura del LCP lleva a un aumento de la traslación posterior de la tibia. Por consiguiente, la reeducación de una laxitud posterior, operada o no, debe evitar todos los ejercicios que puedan inducir un aumento de dicha traslación posterior y condicionar la reparación o la reconstrucción ligamentaria.

Se llevaron a cabo numerosos estudios a fin de medir los desplazamientos articulares que se producen en función del ejercicio impuesto. Los resultados de tales estudios pueden utilizarse para evaluar los efectos de la contracción muscular y de la posición de la articulación sobre el desplazamiento relativo de las superficies articulares. En varios de ellos se evaluaron las consecuencias del trabajo en cadena cinética abierta o cerrada sobre la presión femoropatelar, la traslación femorotibial y las sollicitaciones ligamentarias.

Al practicar los ejercicios en cadena abierta, el segmento distal del miembro inferior está en descarga, y entonces la rodilla puede flexionarse o extenderse bajo la acción única de los isquiotibiales o del cuádriceps. En cadena cerrada, el segmento distal del miembro está fijo, y los movimientos de una articulación sólo son posibles gracias a los movimientos simultáneos de las otras articulaciones, a través de una cadena cinética predecible. Cuando la persona se pone en cuclillas con los pies en el suelo, la extremidad distal funciona como una cadena cinética cerrada, con movimientos simultáneos del tobillo, la rodilla y la cadera. El trabajo en cadena cerrada necesita que los isquiotibiales y el cuádriceps se contraigan simultáneamente. La contracción del cuádriceps controla el brazo de palanca del momento de flexión aplicado a la rodilla, mientras que los isquiotibiales controlan el brazo de palanca de flexión aplicado a la cadera.

Presión femoropatelar

El trabajo en cadena abierta o cerrada tiene consecuencias diferentes sobre la articulación femoropatelar, parámetro importante en los pacientes que presentan una lesión del LCP, ya que con la evolución de la laxitud tienden a sufrir dolores rotulianos. Al extender la rodilla en cadena abierta, el brazo de palanca del momento de flexión aumenta continuamente de la flexión a la extensión, provocando un incremento de la tensión cuadrípital y de la presión de contacto femoropatelar. La presión alcanza su máxima intensidad hacia los 35° de flexión [32], y a medida que la rodilla se extiende, disminuye la superficie de contacto femoropatelar [33].

Al contrario, practicando el trabajo en cadena cinética cerrada, el brazo de palanca del momento de flexión aumenta con la flexión. Para equilibrar el aumento del momento de flexión es preciso que aumente la tensión cuadrípital. Ello hace que crezca la fuerza de reacción femo-

ropatelar, pero dicha fuerza se reparte sobre una superficie de contacto más extensa, de modo que el aumento de la presión de contacto es mínimo.

Hungerford y Barry midieron la presión femoropatelar inducida por la extensión en cadena abierta con una bota de 9 kg, y la compararon con la que se registra al ponerse en cuclillas en apoyo bipodálico. En cadena abierta, la presión era superior entre 0 y 53° de flexión; pero entre 53 y 90°, la presión era superior al ponerse en cuclillas.

Sollicitaciones ligamentarias

El trabajo en cadena cinética abierta o cerrada induce niveles diferentes de traslación tibial y de estiramiento ligamentario. Sawhney et al [35] estudiaron en flexión de 30 y 75° la traslación tibial de la rodilla intacta bajo el efecto de la contracción isométrica del cuádriceps. Observaron que ésta provocaba una traslación tibial anterior a 30 y 45° de flexión, carecía de efecto a 60°, y producía una leve traslación posterior de la tibia a 75°. Llegaron a la conclusión de que el sector angular neutro del cuádriceps (es decir, el ángulo en el que la contracción isométrica del cuádriceps no ocasiona ninguna traslación tibial) se sitúa entre 60 y 75°. El trabajo en cadena abierta más allá de 75° de flexión provoca un retroceso posterior de la tibia debido al componente de cizallamiento inducido por la orientación del tendón rotuliano.

Green et al [27] estudiaron radiológicamente los desplazamientos tibiofemorales de las rodillas de cadáveres en tres condiciones experimentales: flexión en decúbito ventral con y sin LCP, cocontracción isométrica cuádriceps/isquiotibiales y extensión en cadena abierta en decúbito dorsal contra el peso de la pierna. Los resultados muestran que en las tres situaciones se produce una traslación posterior de la tibia durante la flexión de la rodilla. La traslación posterior de la tibia es insignificante en decúbito ventral a 10° de flexión, pero más allá de los 30° se vuelve significativa.

Dürselen et al experimentaron en rodillas de cadáveres los efectos de la contracción muscular isométrica en cadena abierta [23]. Con ayuda de escalas de extensometría se midió el alargamiento de los ligamentos cruzados, y se observó que la activación de los gemelos aumenta significativamente la longitud del LCP más allá de los 40° de flexión, mientras que la activación del cuádriceps aumenta considerablemente la longitud del LCA entre 20 y 60°, y reduce el alargamiento del LCP en el mismo sector de movilidad. La activación de los isquiotibiales provoca un aumento significativo de la longitud del LCP entre 70 y 110° de flexión.

En realidad, no se conocen los efectos reales del trabajo en cadena cinética cerrada sobre la traslación tibial y las modificaciones de longitud del LCP. La compresión de las superficies articulares por efecto del apoyo aumenta la estabilidad articular y reduce la traslación tibial. Además, en cadena cerrada existe una cocontracción del cuádriceps y los isquiotibiales, ya que el cuádriceps se contrae para equilibrar el momento de flexión aplicado a la rodilla, y los isquiotibiales se contraen para equilibrar el momento de flexión aplicado a la cadera. Esta cocontracción reduce la traslación tibial. Ohkoshi et al [41] observaron que cuando la flexión del tronco aumenta, aumenta también la contracción de los isquiotibiales en cadena cerrada, lo cual produce un incremento del componente de cizallamiento posterior a nivel de la rodilla con la flexión del tronco.

Utilizando una simulación biomecánica, Palmitier et al [45] demostraron que cuando la dirección de la resultante de las fuerzas en apoyo era cercana al eje vertical de la tibia, disminuían las fuerzas de cizallamiento tibiofemorales. Lutz et al [38]

lo confirmaron experimentalmente in vivo, y calcularon las fuerzas de cizallamiento que se producen en ocasión de la extensión y la flexión isométrica en cadena abierta, y también en cadena cerrada a 30, 60 y 90° de flexión. Los resultados indican que existe una disminución de las fuerzas de cizallamiento anterior a 30 y 60° de flexión en cadena cerrada con respecto a la extensión en cadena abierta. Por otra parte, es significativamente menor el cizallamiento posterior en cadena cerrada con una cocontracción cuádriceps/isquiotibiales suficiente para reducir la traslación tibial.

Sin embargo, un estudio reciente [40], en el que se comparan tres ejercicios de levantamiento de pesas, mostró que el componente anterior inducido por el cuádriceps supera el componente de cizallamiento posterior producido por los isquiotibiales, lo que da un momento extensor residual neto.

El trabajo en cadena cerrada es más fisiológico que el trabajo en cadena abierta. En cadena cerrada, al levantarse de la posición flexionada, se produce una extensión simultánea de la cadera y la rodilla. El músculo recto anterior se alarga por delante de la cadera y se acorta por delante de la rodilla. En cambio, los isquiotibiales se alargan por detrás de la rodilla y se acortan a nivel de la cadera. La contracción excéntrica y cócéntrica resultante en cada extremidad del músculo determina una contracción «seudoisométrica» [54]. Este tipo de contracción se pone en juego al caminar, subir o bajar escaleras, correr y saltar, pero no puede reproducirse mediante un trabajo en cadena abierta en flexión o en extensión.

Consecuencias para la reeducación

A partir de los elementos precedentes se comprende que para la reeducación del LCP, operado o no, es esencial utilizar ejercicios en cadena cinética abierta y en cadena cerrada. El trabajo de la extensión en cadena abierta puede efectuarse sin riesgo entre 0 y 75° de flexión. Sin embargo, es importantísimo tomar todos los recaudos necesarios para evitar los dolores femoropatelaes, que pueden arruinar definitivamente el resultado terapéutico. Debe evitarse el trabajo de la extensión en cadena abierta entre la flexión completa y 75°, porque genera una subluxación posterior de la tibia. Asimismo, ha de proscribirse el trabajo de la flexión en cadena abierta cuando el paciente presenta lesiones del LCP, operadas o no.

Puede utilizarse el trabajo en cadena cerrada para disminuir la traslación tibial y las sollicitaciones femoropatelaes. Entre 20 y 60° de flexión, el trabajo en cadena cerrada induce una traslación tibial anterior [40]. Además, debe reducirse al máximo la inclinación sagital del tronco, para disminuir la actividad de los isquiotibiales y el cizallamiento posterior a nivel de la rodilla [44].

En términos generales, los ejercicios en cadena cinética cerrada ofrecen una restauración funcional más específica que en cadena abierta. El trabajo en cadena cinética cerrada debe ocupar gran parte del programa de reeducación, siempre que se lo practique a conciencia y de modo correcto. De lo contrario, puede hacer que persista una debilidad del cuádriceps, siendo entonces necesario practicar ejercicios en cadena abierta a fin de reforzarlo.

Evolución natural de las roturas del ligamento cruzado posterior no operado

Las roturas aisladas del LCP no provocan el mismo grado de inestabilidad y de molestia funcional que las roturas del LCA. Por lo demás, en la sintomatología predomina el dolor sobre la inestabilidad [14]. La mayoría de los pacientes

que presentan una rotura aislada del LCP logran recuperar su nivel de actividad anterior a la lesión, con una sintomatología mínima. El nivel de actividad y el resultado subjetivo parecen depender de la capacidad del cuádriceps para estabilizar dinámicamente la rodilla. Parolie y Bergfeld [46] mostraron que, a largo plazo, todos los pacientes que recuperaban su nivel de actividad anterior y estaban satisfechos con el tratamiento, tenían resultados isocinéticos del cuádriceps superiores al 100 % con respecto a los del lado opuesto. Al contrario, los que no estaban conformes con sus rodillas tenían valores de par isocinético inferiores al 100%. El nivel de actividad funcional de los pacientes que han sufrido una rotura del LCP no se halla correlacionado con el grado de inestabilidad [19, 46]. Sin embargo, al cabo de unos quince años se produce una lesión degenerativa femorotibial interna y femoropatelaar [21, 41], probablemente debida a la disfunción cinemática secundaria a la rotura del LCP.

Reeducación del ligamento cruzado posterior no operado

Reeducación de una rotura aislada del LCP

A nivel de la rodilla, la rotura del LCP provoca un cajón posterior de amplitudes limitadas, que no supera 1 cm. Es máximo a 90° de flexión, y desaparece en extensión por efecto de la puesta en tensión de los elementos posteriores de la rodilla.

Esta laxitud tiene dos consecuencias: por un lado, un mal control del rodamiento de los cóndilos, aumentando el movimiento de deslizamiento sobre los platillos tibiales, lo que a largo plazo provocaría el deterioro del compartimiento femorotibial interno; por otro lado, la posteriorización de la tuberosidad tibial anterior, con descenso de la rótula en el canal troclear y aumento de las sollicitaciones femoropatelaes, que a veces provocan dolor.

¿Qué se observa en los movimientos de la rodilla?

En los movimientos de extensión activa, varios son los elementos que contribuyen a reducir el cajón posterior: la contracción del cuádriceps, la relajación de los isquiotibiales y la puesta en tensión de los elementos posteriores. En la flexión de la rodilla, sólo la contracción excéntrica del cuádriceps se opone a la posteriorización de la tibia por contracción de los isquiotibiales y por deslizamiento anterior del fémur a raíz del efecto del peso del cuerpo sobre la rodilla en carga.

Un cuádriceps poderoso y «atento» puede controlar la rodilla, suprimiendo el cajón posterior y la sensación de inestabilidad que lo acompaña, especialmente al bajar escaleras y en la recepción de saltos.

En la práctica, estudiando el ciclo fisiológico de la marcha se mostró que cuando la rodilla presenta una laxitud posterior, el cuádriceps anticipa su contracción [10]; otro tanto ocurriría con el tríceps.

La buena tolerancia funcional depende directamente de la recuperación del cuádriceps, que debe adquirir una fuerza normal, y hasta superior a la del lado sano. Una vez lograda esta meta desaparecen todas las molestias en la vida corriente, y muchas veces el paciente puede reanudar la práctica de deportes al mismo nivel que antes del accidente [21, 46, 48]. El principal escollo son los dolores femoropatelaes, favorecidos por la sobrecarga mecánica a que se ve sometida la rótula, y también por las lesiones ocasionadas por el traumatismo (choque anterior).

La reeducación apunta a obtener un aparato extensor apto para controlar, permanentemente y en cualquier circunstancia, el cajón posterior de la rodilla.

Consecuencias terapéuticas

Comienzo

Cuando una lesión reciente y aislada del LCP ha sido diagnosticada al principio, debe recibir tratamiento ortopédico. Éste comprende una fase de inmovilización (de 3 a 6 semanas) en extensión por férula posterior, con una cuña de espuma en la parte alta de la tibia para reducir todo lo posible el cajón posterior.

La reeducación comienza precozmente, con el fin de recuperar al cuádriceps de su estado de sideración. Es imprescindible hacer los ejercicios en los 20 últimos grados de extensión, de modo que los elementos posteriores de la rodilla controlen el cajón.

Se empieza en isometría, con las técnicas habituales, solicitando en particular las cadenas de extensión del miembro inferior. Resulta interesante asociar una flexión dorsal de la articulación tibiotarsiana para poner en tensión los gemelos y el poplíteo. En los casos rebeldes pueden resultar útiles las corrientes excitomotoras. Para mejorar la toma de conciencia del trabajo muscular y articular, a partir de la tercera semana se indican ejercicios dinámicos en el mismo sector, con resistencia manual y control del cajón.

En reposo, no se debe colocar un cojín bajo el segmento crural, dejando en el vacío la extremidad superior de la tibia, porque la simple acción de la gravedad provocaría una retroposición de la tibia [51].

Después de la inmovilización

Por lo general, una vez pasada la fase de inmovilización, la recuperación de las amplitudes articulares no plantea casi ningún problema. Sin embargo, en algunos casos particulares en los que hace falta ganar amplitudes en flexión, están proscritos los ejercicios activos que ponen en juego los isquiotibiales, así como las fuertes presiones sobre las tuberosidades tibiales. Una vez que se ha liberado la rótula por movilización transversal y longitudinal y se han ablandado los fondos de saco subcuadricipitales, ya pueden emplearse las técnicas de contracción/relajación cuadrípital con descenso rotuliano asociado.

Para trabajar en el reforzamiento muscular es imprescindible poner en práctica las técnicas antálgicas, asociadas al drenaje circulatorio y a las maniobras antiinflamatorias, eventualmente completadas con un tratamiento médico. Puede indicarse el hielo, la fisioterapia y la electroterapia.

Fortalecimiento muscular

El fortalecimiento muscular cuadrípital es el punto clave de la reeducación [4]. Se aplican las técnicas isométricas en diferentes ángulos articulares (entre 0 y 60° de flexión) evitando los sectores dolorosos si los hubiera. Sigue luego un trabajo isotónico concéntrico cadena abierta entre 75 y 0° de flexión [53], con frenado de la flexión por trabajo excéntrico del cuádriceps. Estos ejercicios hacen que el cuádriceps trabaje de modo casi exclusivo en fuerza y en resistencia.

Se proscriben las técnicas que solicitan los isquiotibiales, ya sea en el trabajo en barra (utilizado en la lesión del LCA) o más aún en el trabajo isocinético con flexión activa de la rodilla contra resistencia.

En los pacientes muy tónicos es necesario practicar estiramientos de los isquiotibiales para limitar el componente pasivo que favorece el cajón posterior.

Trabajo funcional y propioceptivo

Es el paso siguiente al trabajo de fortalecimiento muscular. Se lo efectúa en cadena cerrada con movilizaciones simultáneas de la cadera, la rodilla y el tobillo. Ello permite una

cocontracción seudoisométrica de los músculos poliarticulares, que favorece el control activo de la rodilla y estimula la propioceptividad sin provocar una gran sollicitación en cajón posterior, y exigiendo menos la articulación femoropatelar [54]. Se realizan los siguientes ejercicios:

— en carga: ponerse en cuclillas y levantarse con amplitud, velocidad y carga progresivas, mejor en puntas de pie, para sollicitar los planos musculares posteriores (gemelos y poplíteo);

— o bien ejercicios en la prensa, que hacen trabajar sólo el miembro inferior, más fáciles de medir en intensidad y cantidad, y que preparan la etapa siguiente;

— trabajo dinámico en carga propiamente dicho (carrera, salto): representa la última etapa antes de que el paciente pueda reanudar su actividad deportiva. Estos ejercicios suponen una fuerte sollicitación en cajón posterior, por la inclinación del platillo tibial y la energía cinética puesta en juego. El control se realiza más que nada por la acción excéntrica del cuádriceps. En este momento parece interesante practicar el entrenamiento isocinético excéntrico, siempre que no intervengan los isquiotibiales. También se puede recurrir a la prensa, sin una resistencia alta, pero a velocidad bastante rápida.

El trabajo puramente funcional se empieza en balneoterapia, para amortiguar las sollicitaciones impuestas a la rodilla, según una progresión que lleva hasta la actividad deportiva real.

Reeducación de las lesiones del ligamento cruzado posterior asociadas a otras lesiones capsuloligamentarias

Puesto que el LCP es muy resistente, estas lesiones corresponden a choques anteriores directos y violentos (golpe contra el tablero de mandos del automóvil, caída de moto, accidente de esquí, etc.), que a menudo se acompañan de lesiones múltiples (contusión femoropatelar, fractura de rótula, fractura del fémur, fractura-luxación de cadera, etc.). Es frecuente que estas últimas predominen clínicamente sobre todas las demás y sean el centro de las preocupaciones terapéuticas inmediatas, con lo que muchas veces la lesión del LCP pasa inadvertida en un primer momento, y sólo aparece secundariamente, cuando el paciente reanuda su actividad, presentándose como una laxitud posterior, a menudo superior a los 13 mm en cajón directo, con aumento de las laxitudes en rotación y lateralidad. Resulta difícil ejercer un control activo, y en los ejercicios dinámicos se pone de manifiesto una inestabilidad. Cuando las exigencias funcionales y deportivas no son muy importantes, se puede intentar una reeducación. En los otros casos, o cuando ha fracasado el tratamiento ortopédico, hay que recurrir a la cirugía.

Estas laxitudes ponen el aparato extensor en muy malas condiciones biomecánicas, a raíz de la considerable retroposición tibial y de la situación «muy baja» de la rótula, que provoca una pérdida de eficacia del aparato extensor, agotando su contractilidad en la reducción del cajón.

En tales condiciones es ilusorio pretender estabilizar activamente la rodilla con reducción del cajón posterior. Se ha de adoptar entonces una actitud muy diferente: a fin de limitar el deslizamiento anteroposterior permanente de la tibia bajo el fémur, se trata de mantener constantemente la tibia en posición posterior, lo que es mucho más fácil de realizar. Pero será preciso evitar la agravación del cajón posterior, no sollicitar demasiado los isquiotibiales, mantener el cuádriceps, lograr una buena dosificación y un equilibrio adecuado entre la fuerza de los flexores y los extensores y, por último, reforzar los músculos gemelos y poplíteo.

— *Los dolores femoropatellares* representan el principal problema de esta reeducación. Pueden existir de entrada, favorecidos o provocados por los mecanismos del traumatismo, o bien ser secundarios a las sollicitaciones excesivas del aparato extensor, en una configuración más exigente a nivel femoropatellar; siempre agravan el cuadro, inhibiendo el aparato extensor, y por lo tanto son la meta terapéutica prioritaria.

— *El pronóstico funcional* es modesto: basta con la ausencia de dolor y la estabilidad de la rodilla en la vida corriente, sin objetivos deportivos.

— *La reeducación* comprende, como siempre, y de modo prioritario, las técnicas antálgicas, a menudo necesarias en los dolores del aparato extensor, pero también en los elementos periarticulares lesionados, el plano posterior y el plano ligamentario interno.

— *En el plano muscular*, los isquiotibiales no necesitan, en principio, ningún trabajo particular, ya que presentan escasa atrofia y están en situación favorable para la acción. El trabajo del cuádriceps suele empezar con técnicas destinadas a luchar contra la sideración muscular, y prosigue con un trabajo dinámico en la mesa, realizado en barra con control isquiotibial, y estabilizando la rodilla en cajón posterior antes de la extensión activa. La flexión dorsal del pie mejora el control posterior de la rodilla para que no se acentúe el cajón.

Es importante respetar una progresión de los ejercicios en cuanto a la amplitud, la fuerza y la resistencia, verificando siempre la perfecta «estabilidad» de la rodilla durante los movimientos. En algunos casos la evolución es lenta, pero hay que saber esperar.

Otro riesgo de esta reeducación es su tendencia a exagerar el recurvatum de la rodilla. En un primer tiempo se trata de un falso recurvatum, debido al aspecto que da la retroposición de la extremidad superior de la tibia. Pero la lesión de los elementos posteriores y su puesta en tensión con la rodilla en carga tienden a crear un verdadero recurvatum generador de dolores. Así, es necesario reforzar muy pronto los gemelos y el poplíteo. A veces también se utiliza una férula articulada antirrecurvatum.

El trabajo dinámico en carga cadena cerrada restaura la verdadera estabilidad de la rodilla, pero se lo ha de realizar con prudencia, ya que no se trata de «atletizar» la articulación. Se emplean resistencias moderadas, con numerosas repeticiones, a fin de conseguir, más que nada, una buena resistencia. El trabajo dinámico en carga cadena abierta se limita a algunos gestos funcionales de la vida corriente (pequeñas carreras, descenso de escaleras, etc.). Deben excluirse los ejercicios de alta energía (salto en cama elástica).

Tratamiento quirúrgico

En este ámbito hay pocos trabajos de referencia. Las series, generalmente retrospectivas, comprenden un pequeño número de casos, y puesto que los conocimientos biomecánicos y semiológicos son recientes, los resultados de los estudios publicados escapan a los criterios de evaluación actuales, especialmente en cuanto al resultado anatómico. Este aspecto se encuentra en plena evolución.

A continuación, sólo se tratará la técnica quirúrgica, dado que las indicaciones todavía son objeto de grandes debates [16].

Rotura aislada reciente del LCP

Debe señalarse que esta lesión suele pasar inadvertida, y que la lesión del LCP por lo general se diagnostica a distancia, varios meses o años después del traumatismo inicial.

Si bien en el tratamiento quirúrgico del LCA dejaron de usarse las suturas porque no daban buenos resultados anatómicos, en la rotura del LCP se observa lo contrario. Las avulsiones tibiales o condíleas pueden ser objeto de una re inserción por sutura transósea que, aunque no tenga un resultado anatómico perfecto, es totalmente aceptable. Parece claro que ello es así gracias a la vascularización y a la vaina sinovial del LCP. Los arrancamientos óseos de la superficie retroespinal pueden tratarse con tornillos, por acceso posterior electivo de tipo Trickey. Sin embargo, es necesario saber que en tales casos el resultado anatómico no es superior al de las re inserciones por sutura.

Las roturas en el medio no tienen el mismo pronóstico que las desinserciones, y la mayoría de los autores están de acuerdo en reforzar la sutura mediante un tendón de la pata de ganso, o bien en reemplazar de entrada el LCP por un injerto tendinoso autólogo (tendón de la pata de ganso o tendón rotuliano). Algunos proponen asociar un refuerzo sintético para mejorar la resistencia mecánica de la reconstrucción y posibilitar una reeducación «agresiva» inmediata.

A diferencia del LCA, en cuyo tratamiento la mayoría de los cirujanos abandonó el uso de las prótesis ligamentarias sintéticas, tales implantes parecen poder emplearse en caso de rotura reciente del LCP, con buenos resultados a corto y mediano plazo. El hecho de que el LCP se localice esencialmente en la zona retrosinovial favorecería la tolerancia de estas prótesis. Sin embargo, el codo obligatorio a nivel del paso transtibial (fig. 7) y la dificultad para obtener una correcta isometría al practicar la reconstrucción justifican ciertas reservas en cuanto a la evolución a largo plazo y la tolerancia de estas prótesis.

La cirugía del LCP a raíz de una rotura reciente y sin otras lesiones debe utilizarse casi únicamente en las personas jóvenes y realmente deportistas, con una alta demanda funcional. La mayoría de las roturas aisladas deben ser objeto de un tratamiento conservador, pero no así las roturas ligamentarias múltiples, propias de los accidentes en la vía pública. En estos casos la actitud terapéutica se vuelve más quirúrgica, con reparaciones múltiples y postoperatorios a menudo difíciles.

Laxitud posterior crónica

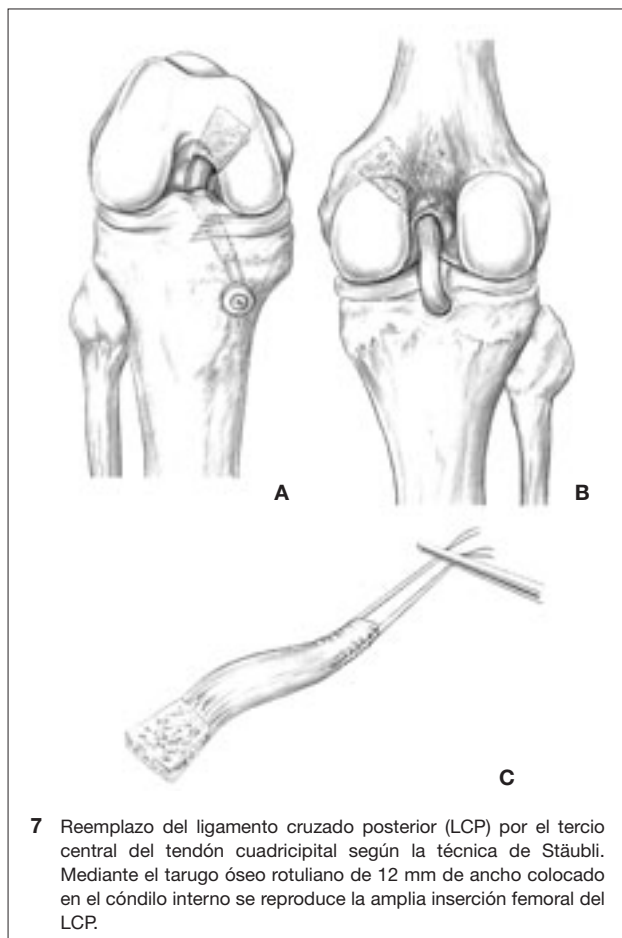
Sólo cabe indicar una cirugía de reemplazo del LCP lesionado.

Reconstrucción del LCP

La mayoría de los autores utilizan autoinjertos tomados del tendón de la pata de ganso, y sobre todo del tendón rotuliano, que pueden colocarse por artroscopia [8]. A menudo se les agrega un refuerzo sintético. En términos generales, las prótesis no demostraron ser útiles. Las técnicas de dos haces (fig. 8) consisten en sustituir por dos bandeletas tendinosas distintas el contingente anterior y el contingente posterior del LCP, lo que posibilita una reconstrucción más anatómica y funcional que con las técnicas de un solo haz [13, 24].

Basándose en los nuevos conocimientos anatómicos, biomecánicos y biológicos, esta cirugía mostró recientemente progresos significativos [5]. Los resultados anatómicos mejoraron considerablemente gracias al mejor emplazamiento de los injertos, la reparación de las lesiones periféricas y los protocolos de reeducación adecuados.

La tolerancia de las laxitudes posteriores crónicas aisladas generalmente es buena, pero no ocurre lo mismo con las laxitudes combinadas, posteroposteroexternas o posteroposterointernas [17]. En estos casos la reconstrucción aislada del LCP por lo general no resulta suficiente, y hay que asociarle una reconstrucción de los elementos periféricos.



7 Reemplazo del ligamento cruzado posterior (LCP) por el tercio central del tendón cuadriceps según la técnica de Stäubli. Mediante el tarugo óseo rotuliano de 12 mm de ancho colocado en el cóndilo interno se reproduce la amplia inserción femoral del LCP.

Reconstrucciones periféricas

Se trata de poner nuevamente en tensión los diferentes elementos capsuloligamentarios distendidos si la calidad de los tejidos lo permite, o bien de practicar una reconstrucción por autoinjerto tendinoso (tendón de pata de ganso, tendón rotuliano, fascia lata o tendón del bíceps). En algunos casos puede ser necesario utilizar el tendón rotuliano del lado opuesto.

Es una cirugía difícil, que hasta ahora ha dado resultados anatómicos bastante decepcionantes. En este ámbito aún queda mucho por hacer.

Aunque complica el postoperatorio, esta cirugía «periférica» resulta imprescindible, ya que, como se dijo en el capítulo sobre biomecánica, en las laxitudes complejas el LCP solo no puede garantizar toda la estabilidad posterior de la rodilla.

Osteotomía tibial

Puede ser necesaria cuando existe un morfotipo en genu varum, o bien en un caso de laxitud posteroposterexterna o de pendiente tibial anormal, demasiado oblicua hacia abajo y adelante. La osteotomía se utiliza entonces con el fin de normalizar el eje del miembro inferior (osteotomía de normocorrección) o la pendiente tibial (osteotomía de abertura anterior). Se la ha de efectuar como primer tiempo operatorio, ya sea junto con la cirugía ligamentaria, o sola, dejando el tiempo ligamentario para más adelante. Después de la osteotomía, la articulación debe quedar en descarga durante aproximadamente 6 meses, lo que retarda el progreso de la reeducación.

Olecranización

Este método, propuesto por Grammont en 1987, consiste en colocar un alambre vertical, patelotibial, transformando la rótula en «olécranon» de la rodilla a fin de que la tibia no pueda subluxarse hacia atrás (fig. 9), pero sin impedir la reeducación. Aunque el concepto es simple, la realización no siempre resulta fácil. Hay que prestar atención al trayecto del alambre y a la necesidad de no fijar la tibia en subluxación anterior o posterior.

Se le ha reprochado a este método, que, por otra parte, resulta extremadamente eficaz para evitar la traslación posterior de la tibia, la aparición de síndromes femoropatellares dolorosos. Los estudios biomecánicos [32] mostraron que la olecranización aumenta la presión de contacto femoropatellar, así como la carga de la parte distal de la superficie articular rotuliana. Por consiguiente, es imprescindible que la olecranización sea breve, y que la rodilla no quede inmovilizada, sino lo contrario.

Según la experiencia multicéntrica francesa presentada en el congreso de la SOFCOT (Sociedad francesa de cirugía ortopédica y traumatología) en 1994 [15, 16], el análisis retrospectivo de los resultados de la cirugía del LCP crónico no muestra ventajas ni inconvenientes en relación con la olecranización de la rótula.

Reeducación postoperatoria

Sus modalidades tienen una importancia considerable. El injerto tendinoso o la reparación ligamentaria son frágiles, y pueden distenderse por efecto de la gravedad o de una traslación tibial posterior activa, secundaria a ejercicios musculares inapropiados. De ahí que durante toda la reeducación deban tomarse en cuenta y respetarse los principios de biomecánica expuestos en el primer capítulo.

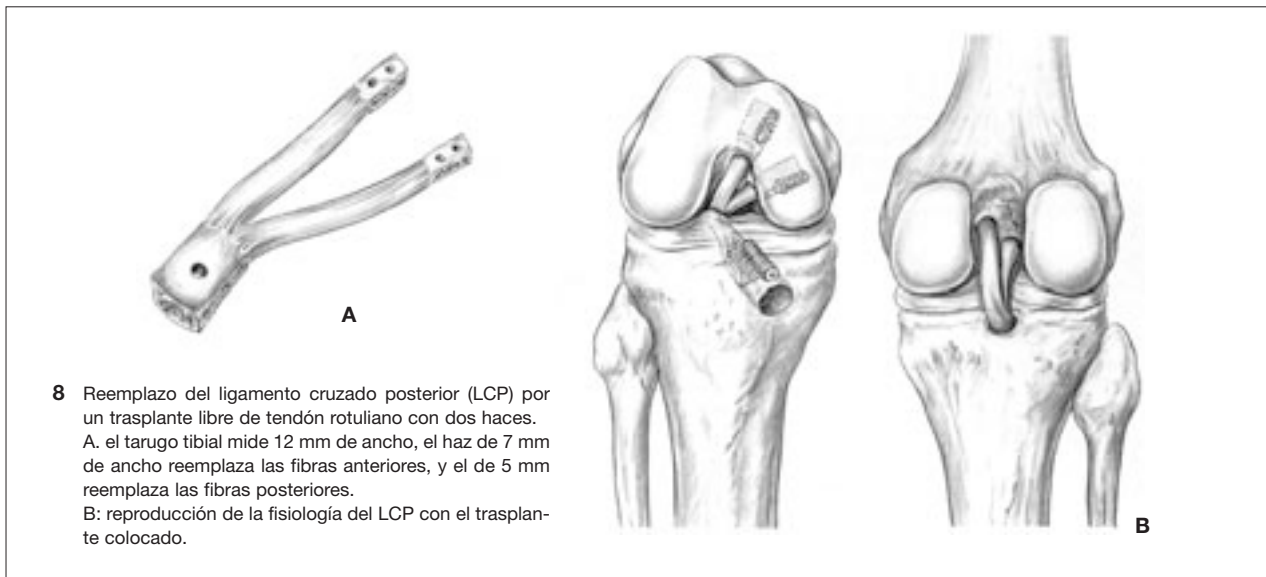
La primera meta de la reeducación postoperatoria consiste en restaurar la función, protegiendo a la vez la cicatrización de los tejidos. Por lo general hay que lograr un compromiso adecuado entre la inmovilización y la movilización protegida.

Fase postoperatoria inicial

Corresponde a las 4 primeras semanas postoperatorias. A la salida de la sala de operaciones se inmoviliza la rodilla en extensión completa, con una férula semirrígida que toma el muslo y la pierna. Cuando la rodilla se halla en extensión completa, las superficies articulares condíleas están tensas y resisten a la subluxación posterior de la tibia provocada por la gravedad. Para disminuir este efecto de subluxación posterior se coloca una almohada, únicamente bajo la pantorrilla (fig. 10). El día siguiente a la intervención se empiezan los ejercicios de contracción isométrica del cuádriceps en extensión completa. Al cabo de una semana se sustituye la férula por una ortesis articulada, de la medida adecuada, con un sector de movilidad 90 ó 60°. Los pacientes pueden desplazarse valiéndose de muletas y con apoyo en extensión. La movilización asistida se inicia durante la primera semana, sosteniendo la tibia [62].

Reeducación en un centro especializado tras la plástica del ligamento cruzado posterior

La ligamentoplastia de los LCP a menudo se acompaña de la reparación de los elementos posteriores y laterales de la rodilla, e incluso de una osteotomía. Esta cirugía se emplea



8 Reemplazo del ligamento cruzado posterior (LCP) por un trasplante libre de tendón rotuliano con dos haces. A. el tarugo tibial mide 12 mm de ancho, el haz de 7 mm de ancho reemplaza las fibras anteriores, y el de 5 mm reemplaza las fibras posteriores. B: reproducción de la fisiología del LCP con el trasplante colocado.



9 Olecranización.



10 Inmovilización postoperatoria con férula amovible.

en los pacientes jóvenes con una demanda funcional importante, sea de orden profesional o deportivo.

Una vez superada la fase postoperatoria inmediata, la atención continúa en un centro de reeducación. En un primer tiempo, las preocupaciones esenciales son la protección de la plástica hasta su «anclaje» (hueso/hueso: 4 semanas, tendón/hueso: 8 semanas) y las dificultades derivadas de la toma del injerto frecuentemente efectuada a expensas del tendón rotuliano. Para que una plástica por ligamentización se vuelva sólida debe transcurrir no menos de un año. La reeducación funcional debe respetar una cronología basada en los elementos que se acaban de mencionar, pero

en realidad no presenta ninguna dificultad particular porque va dirigida a una rodilla «estabilizada». A continuación se enumeran las cuatro fases de la reeducación, según la distinción establecida por los autores.

Fase I, de la segunda a la cuarta o sexta semana

El paciente ingresa al centro de reeducación con la rodilla inmovilizada cerca de la extensión, ya sea mediante una férula posterior con una cuña de espuma a nivel de la extremidad superior de la tibia para evitar su retroposición, o mediante una férula articulada con sector móvil 0/60, en la que se debe controlar la perfecta tensión de las correas suprarrotulianas y poplíteas inferiores, o bien mediante la olecranización de la rótula.

Al margen del control de la cicatrización y de la buena evolución postoperatoria, la reeducación comprende, antes que nada, un «despertar» o un mantenimiento del cuádriceps, cuya función es primordial para todo el resto del programa [4]. Si se efectuó una olecranización, resulta difícil o imposible trabajar con el cuádriceps mientras no se haya retirado el alambre. En todos los otros casos se emplean las técnicas habituales, sin olvidar que para obtener buenos resultados no debe haber dolor.

En cuanto resulte posible, se solicita un trabajo activo del cuádriceps en los 20 últimos grados de extensión, concéntrico y excéntrico. Para la posición de reposo se utiliza un cojín debajo de todo el hueco poplíteo, y no únicamente bajo el muslo, a fin de que el peso de la pierna no lleve la tibia hacia atrás (fig. 11).

Pueden emplearse los ejercicios isométricos de triple extensión del miembro inferior en las mismas amplitudes de la rodilla, para obtener una contracción sinérgica del cuádriceps y los gemelos (fig. 12).

Esta fase del *trabajo articular* consiste en mantener la articulación femoropatelar mediante movilizaciones de rótula longitudinales y transversales, ablandar los fondos de saco subcuadricipitales y observar las amplitudes articulares espontáneas en flexión, bajo el peso de la pierna, controladas por el trabajo excéntrico del cuádriceps. Este trabajo, realizado con la cadera extendida, favorece la relajación de los isquiotibiales. El mantenimiento articular también puede practicarse en decúbito dorsal, con flexión pasiva de la rodilla y extensión activa, a fin de posibilitar la relajación de los isquiotibiales (fig. 13).

Lo interesante de la férula articular es que mantiene el juego articular en un sector que protege la plástica. La marcha se efectúa con férula y dos bastones muletas en apoyo.



11 En posición de reposo, el cojín poplíteo sostiene los patillos tibiales para evitar el cajón posterior.



12 Reanudación de la actividad muscular del cuádriceps asociada a una flexión dorsal del pie.



13 La ganancia de amplitud en flexión se realiza con una reducción y un control manual del cajón posterior.

Se pasa a la fase 2 cuando ya están ancladas las plásticas y reparados los ligamentos. Ello lleva de 4 a 6 semanas, según las técnicas quirúrgicas.

Fase 2, de la cuarta a la octava semana

Pueden presentarse dos cuadros: el de una rodilla que evoluciona muy bien, cuyas amplitudes se han liberado espontáneamente, con un tono cuadricepsal satisfactorio, sin dolor articular ni reacción inflamatoria, o bien el de una rodilla que sigue estando rígida, con persistencia de la sideración muscular.

En este período la reeducación resulta mas fácil, porque la cicatrización cutánea ya está adelantada, el trasplante es menos frágil, los alambres de la olecranización ya han sido retirados y, si se ha practicado una osteotomía tibial asociada, ya se reanuda progresivamente el apoyo.

El trabajo muscular debe adecuarse al nivel de recuperación, pero siempre es posible acentuarlo. Los límites los fija el dolor en la zona del tendón rotuliano de la que se tomó el injerto, o bien la aparición de un síndrome femoropatear. En el primer caso se indica un reposo relativo, mientras que en el segundo se utilizan las técnicas habituales.

El trabajo estático en carga ocupa un lugar muy importante porque aumenta la fuerza muscular y mejora la propiocepción del conjunto de la cadena de los músculos extensores, en amplitudes articulares que irán progresando en flexión hasta 60°, mediante un trabajo muscular concéntrico y excéntrico del cuádriceps en carga en cadena cerrada, y con la prensa, según las modalidades ya descritas (fig. 14 y 15 A, B). Este trabajo muscular va asociado a una estimulación propioceptiva en carga, gracias a la cual, cuando la rodilla no duele y hay una fuerza muscular suficiente, se puede abandonar la contención con férula posterior o articulada, conservando durante un período intermedio un apoyo completo con la protección de los bastones.

Fase 3

El trabajo propioceptivo dinámico no empieza antes de la octava semana. Debe ser muy progresivo, con intensidad y duración adecuadas a las posibilidades del paciente. Para iniciar esta etapa es preciso que no haya dolor ni reacción inflamatoria en la rodilla, que el cuádriceps esté en muy buenas condiciones y que la rodilla cuente con una perfecta estabilidad pasiva.

Hay que prestar atención a una eventual laxitud articular en aumento, o a la aparición de dolor. Debe respetarse una progresión, haciendo ejercicios dinámicos en carga sin perder el contacto con el suelo (saltos «pegados») o bien ejercicios en balneoterapia, y después en cadena abierta (carrera, cambios de dirección, saltos, etc.) (fig. 16 A, B).

Al principio, tales ejercicios se practican con la férula articulada, limitando las amplitudes a 0/60 y luego a 0/90.

En forma paralela, el *fortalecimiento muscular* del cuádriceps y de los gemelos se intensifica en isométrico en los diferentes ángulos, en isocinético en fuerza y en resistencia, con prensa, squats y bicicleta. Todos estos ejercicios van especialmente dirigidos al aparato extensor en concéntrico y excéntrico, y le consagran un lugar preponderante al trabajo en cadena cerrada.

Es imposible fijar la duración de esta fase. Todo depende de los eventuales incidentes, de la rapidez de la recuperación, de la fuerza muscular y del control activo de la rodilla. Durante este período a menudo es interesante realizar una reeducación fraccionada a razón de dos o tres sesiones por semana, o bien observar dos o tres semanas de reposo («ventana terapéutica») antes de encarar un programa más intensivo. Por lo general esta fase de reeducación se prosigue en un consultorio privado de kinesiterapia.

Fase 4

Se sitúa hacia el cuarto mes de reeducación. Apunta esencialmente a recuperar la resistencia y a preparar para la práctica de deportes.

Si el hecho de reanudar la actividad profesional solicita intensamente la rodilla, se la ha de proteger mediante la férula articulada a fin de evitar todo accidente que pudiera dañar una plástica aún frágil.

Sólo al cabo de un año puede considerarse que se ha obtenido un resultado, y autorizar la reanudación de todas las actividades, con controles periódicos.



14 Trabajo estático en carga.



A



B

15 A, B. Trabajo con la prensa.



A



B

16 A, B. Progresión en carga antes de pasar a los ejercicios dinámicos.

Las lesiones del LCP pueden tratarse funcionalmente o quirúrgicamente. Para elegir el tipo de tratamiento y sus modalidades debe tomarse en cuenta la antigüedad de la lesión, la magnitud de la dificultad funcional, la edad y las necesidades funcionales del paciente.

Independientemente de que se haya practicado o no una operación, la reeducación debe insistir en fortalecer el cuádriceps sin imponerle exigencias excesivas a la articulación, sobre todo a nivel femoropatelar. El trabajo en cadena cerrada resulta eficaz para reforzar el cuádriceps y mantener un equilibrio con los isquiotibiales, pero evitando imperativamente la traslación posterior de la tibia. Conduciendo la reeducación de este modo, el paciente podrá reanudar progresivamente las actividades sin correr el riesgo de una traslación tibial posterior parásita inducida por el trabajo en cadena abierta.

Cualquier referencia a este artículo debe incluir la mención: CHRISTEL P, DARNAULT A. et SIMONNET J. - Rééducation du genou après lésion ou chirurgie du ligament croisé postérieur. - Encycl. Méd. Chir. (Elsevier, Paris-France), Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation, 26-240-D-20, 1997, 12 p.

- [1] Allen AA, Harner CD, Fu FH. Anatomy and biomechanics of the posterior cruciate ligament. *Sports Med Arthrosc Rev* 1994 ; 2 : 81-87
- [2] Arms SW, Johnson RJ, Pope MH. Strain measurement of the human posterior cruciate ligament. *Trans Orthop Res Soc* 1984 ; 9 : 355
- [3] Bach BR, Daluga DJ, Mikosz R, Andriacchi TP, Seidl R. Force displacement characteristics of the posterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 1992 ; 20 : 67-72
- [4] Boisaubert B, Durey A. Rééducation des lésions du ligament croisé postérieur opérées et non opérées. Rééducation des traumatismes sportifs. Paris : Masson, 1990 : 157-162
- [5] Bosch U, Kasperczyk WJ et al. Biology of posterior cruciate ligament healing. *Sports Med Arthrosc Rev* 1994 ; 2 : 88-99
- [6] Bousquet G, Charmion L, Passot JP, Girardin PH, Relaven, Gazielli : stabilisation du condyle externe du genou dans les laxités antérieures chroniques. *Rev Chir Orthop* 1986 ; 72 : 427-434
- [7] Burns WC, Draganich-Pyevich M, Reider B. The effect of femoral tunnel position and graft tensioning technique on laxity of the posterior cruciate ligament reconstructed knee. *Trans Orthop Res Soc* 1994 ; 19 : 628
- [8] Busch-Joseph CA, Bach BR. Arthroscopic assisted posterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft. *Sports Med Arthrosc Rev* 1994 ; 2 : 106-119
- [9] Butler DL, Noyes FR, Grood ES. Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. A biomechanical study. *J Bone Joint Surg* 1980 ; 62A : 259-270
- [10] Cain TE, Schwab GA. Performance of an athlete with straight posterior knee instability. *Am J Sports Med* 1981 ; 9 : 203-208
- [11] Castle TH, Noyes FR, Grood ES. Posterior tibial subluxation of the posterior cruciate deficient knee. *Clin Orthop* 1992 ; 284 : 193-202
- [12] Chambat P, Neyret P, Siegrist O, Panisset JC. La reconstruction du LCP - Principes généraux. *Rev Chir Orthop* 1995 ; 81 (suppl II) : 57-62
- [13] Chambat P, Siegrist O, Panisset JC. Indications chirurgicales dans les ruptures ligamentaires et les laxités chroniques du genou. *Rev Chir Orthop* 1995 ; 81 (suppl II) : 66-67
- [14] Chassaing U, Touzard R. Histoire naturelle de la rupture du ligament croisé postérieur. Résultats de l'étude multicentrique. *Rev Chir Orthop* 1995 ; 81 (suppl II) : 49-57
- [15] Christel P, Djan P, Peyrache MD. Biomécanique du ligament croisé postérieur et des structures capsulo-ligamentaires postéro-internes et postéro-externes. *Rev Chir Orthop* 1995 ; 81 (suppl II) : 26-31
- [16] Christel P, Djan P, Peyrache MD. Résultats du traitement chirurgical des lésions du ligament croisé postérieur. *Rev Chir Orthop* 1995 ; 81 (suppl II) : 51-55
- [17] Covey DC, Sapega AA, Bremerton MD. Injuries of the posterior cruciate ligament current concepts review. *J Bone Joint Surg* 1993 ; 75A : 1376-1380
- [18] Cross M, Powell JF. Long term follow-up of posterior cruciate ligament rupture : a study of 116 cases. *Am J Sports Med* 1984 ; 12 : 292-297
- [19] Dandy DJ, Pursey RS. The long term results of unrepaired tears of the posterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 1982 ; 64B : 92-94
- [20] Daniel DM, Stone ML, Barnett P, Sachs R. Use of the quadriceps active test to diagnose posterior cruciate ligament description and measure posterior laxity of the knee. *J Bone Joint Surg* 1988 ; 70A : 386-391
- [21] Dejour H, Walch G, Peyrot J, Eberhard PH. The natural history of rupture of the posterior cruciate ligament. *J Orthop Surg* 1988 ; 2 : 112
- [22] Dorlot JM, Christel P, Sedel L, Meunier A. The displacement of the bony insertion sites of the cruciate ligaments during the flexion of the knee. *Trans Orthop Res Soc* 1983 ; 8 : 328
- [23] Durselen L, Claes L, Kieffer H. The influence of muscle forces and external loads on cruciate ligament strain. *Am J Sport Med*, 1995 ; 23 : 129-135
- [24] Fenton PJ, Paulos LE. Posterior cruciate ligament reconstruction with allograft augmentation. *Sports Med Arthrosc Rev* 1994 ; 2 : 129-136
- [25] Fukubayashi T, Torzilli PA, Sherman MF, Warren RF. An in vitro biomechanical evaluation of anterior-posterior motion of the knee. Tibial displacement, rotation and torque. *J Bone Joint Surg* 1982 ; 64A : 258-264
- [26] Gollehon DL, Torzilli PA, Warren RF. The role of the posterolateral and cruciate ligaments in the stability of the human knee. *J Bone Joint Surg* 1987 ; 69A : 233-242
- [27] Green RB, Noble P, Woods G, Tullos H. Rehabilitation of the posterior cruciate deficient knee a biomechanical simulation. *Orthop Trans* 1989 ; 13 : 319
- [28] Grood ES, Hefsy MS, Lindenfield TN. Factors affecting the region of most isometric femoral attachment. Part I the posterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 1989 ; 17 : 197-207
- [29] Grood ES, Mehalik JN, Galloway MT, Cummings JF, Levy MS, Noyes FR. Posterior cruciate ligament reconstruction. Effect of femoral attachment site location on posterior tibial translation. Paris : European orthopaedic research society, 1991 : 1 : 60
- [30] Grood ES, Noyes FR, Butler Disunty WJ. Ligamentous and capsular restraints preventing straight medial an lateral laxity in intact human cadaver knees. *J Bone Joint Surg* 1981 ; 63A : 1257-1269
- [31] Grood ES, Stowers SF, Noyes FR. Limits of movement in the human knee : the effects of sectioning the PCL and posterolateral structures. *J Bone Joint Surg* 1988 ; 70A : 88-97
- [32] Hajena FW, Plitz W, Muhlerger G, Carl C. Retro-patellar forces after rupture of the PCL and patell. Tibial transfixation : an in vitro study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1994 ; 2 : 31-37
- [33] Hungerford DS, Barry M. Biomechanics of the patellofemoral joint. *Clin Orthop* 1979 ; 144 : 9-15
- [34] Inergensen K, Edwards JC, Jakob R. Positioning of the posterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1994 ; 2 : 133-137
- [35] Jakob R, Hassler H, Staebli HU. Observations on rotary instability of the lateral compartment of the knee. *Acta Orthop Scand* 1981 ; 191 (suppl) : 1-31
- [36] Keller PM, Shelbourne KD, Mc Carroll J, Rettig AC. Nonoperatively treated isolated posterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med* 1993 ; 21 : 132-136

- [37] Kurosawa H, Yamakoshi K, Yasuda K, Sasaki T. Simultaneous measurement of changes in length of the cruciate ligaments during knee motion. *Clin Orthop* 1991 ; 265 : 233-240
- [38] Lutz GE, Palmitier RA, An K, Chao E. Comparison of tibiofemoral joint forces during open-kinetic-chain and closed-kinetic-chain exercises. *J Bone Joint Surg* 1993 ; 75A : 732-739
- [39] Markolf KL, Wascher DC, Finerman GAM. Direct in vitro measurement of forces in the cruciate ligaments. Part II : the effect of section of the posterolateral structures. *J Bone Joint Surg* 1993 ; 75A : 387-394
- [40] Meglan D, Lutz G, Stuart M. Effects of closed kinetic chain exercises for ACL rehabilitation upon the load in the capsular and ligamentous structures of the knee. *Orthop Trans* 1993 ; 18 : 307
- [41] Neyret PH, Panisset JC, Ait SI, Selmi T, Godeneche A. Étude multicentrique. Présentation de l'étude. Synthèse des résultats. *Rev Chir Orthop* 1995 ; 81 (suppl II) : 46-48, 55-57
- [42] Noyes FR, Stowers SF, Grood ES, Cummings J, Van Ginke LA. Posterior subluxations of the medial and lateral tibiofemoral compartments. An in vitro ligament sectioning study in cadaveric knees. *Am J Sport Med* 1993 ; 21 : 407-414
- [43] Ogata K, Mc Carthy J. Measurements of length and tension patterns during reconstruction of the posterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 1992 ; 20 : 351-355
- [44] Ohkoshi Y, Yasuka K, Kaneda K, Wada T, Yamanaka M. Biomechanical analysis of rehabilitation in the standing position. *Am J Sports Med* 1991 ; 19 : 605-611
- [45] Palmitier RA, An K, Scott S, Chao K. Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sports Med* 1991 ; 11 : 402-413
- [46] Parolie JM, Bergfeld JA. Long-term results of non-operative treatment of isolated posterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 1993 ; 14 : 35-38
- [47] Prietto MP, Bain JR, Stone Brook SN. Tensile strength of the human posterior cruciate ligament. *Trans Orthop Res Soc* 1988 ; 17 : 195
- [48] Puddu G, Gianni E, Cerullo G. La réhabilitation après reconstruction du ligament croisé postérieur. *Rev Chir Orthop* 1995 ; 81 (suppl II) : 63-65
- [49] Race A, Amis AA. Mechanical properties of the two bundles of the human posterior cruciate ligament. Paris : European orthopaedic research society, 1991 : 1 : 59
- [50] Race A, Amis AA. Loading of the two bundles of the posterior cruciate ligament : an analysis of bundle function in A-P drawer. Paris : European orthopaedic research society, 1993 : 3 : 66
- [51] Rachet O, Quelard B, Chambat P, Dubernard F. Rééducation après plastie du ligament croisé postérieur. *Ann Kinesither* 1995 ; 22 : 323-332
- [52] Reilly DT, Martens M. Experimental analysis of the quadriceps muscle force and patello-femoral joint reaction force for various activities. *Acta Orthop Scand* 1972 ; 43 : 126-137
- [53] Sawhney R, Dearwater S, Irrgang JJ, Fu FH. Quadriceps exercise following anterior cruciate ligament reconstruction without anterior tibial displacement. Anaheim California : Annual conference of the american physical therapy association, juin 1990
- [54] Schutz EA, Ed M, Irrgang JJ. Rehabilitation following posterior cruciate ligament injury or reconstruction. *Sports Med Arthrosc Rev* 1994 ; 2 : 165-173
- [55] Sidles JA, Larson RV, Garbini JL, Downey DJ, Matsen FA. Ligament length relationships in the moving knee. *J Orthop Res* 1988 ; 6 : 593-610
- [56] Skyhar MJ, Warren RF, Ortiz GJ, Schwartz E, Otis JC. The effects of sectioning of the posterior cruciate ligament and the posterolateral complex on the articular pressure within the knee. *J Bone Joint Surg* 1993 ; 75A : 694-699
- [57] Stäubli HU. Posteromedial and posterolateral capsular injuries associated with posterior cruciate insufficiency. *Sports Med Arthrosc Rev* 1994 ; 2 : 146-164
- [58] Stäubli HU, Jakob R. Posterior instability of the knee near extension. A clinical and stressradiographic analysis of acute injuries of the posterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 1990 ; 72B : 225-230
- [59] Stäubli HU, Noesberger B, Jakob R. Stressradiography of the knee. Cruciate ligament function studied in 138 patients. *Acta Orthop Scand* 1992 ; 63 (suppl 249) : 27
- [60] Torg J, Barton T, Pavlov H, Stine R. Natural history of the posterior cruciate ligament-deficient knee. *Clin Orthop* 1989 ; 246 : 208-216
- [61] Torzilli PA, Greenberg RL, Insall J. An in vivo biomechanical evaluation of the anterior-posterior motion of the knee. Roentgenographic measurement technique, stress machine, and stable population. *J Bone Joint Surg* 1981 ; 63A : 960-968
- [62] Van Den Bossche J, Van Den Driessche G, Verdont R, Claesseeus H. Ligamentoplastie os/tendon, os de substitution du ligament croisé postérieur. *Rev Chir Orthop* 1991 ; 77 : 329-335
- [63] Warren RF. Anatomy and examination of the posterior and posterolateral knee. Instructional course on posterior cruciate ligament : surgical principles and techniques. San Francisco : American academy of orthopedic surgeons, 1993
- [64] Wascher DC, Markolf KL, Shapiro MS, Finerman GA. Direct in vitro measurement of forces in the cruciate ligaments. Part I : the effect of multiplane loading in the intact knee. *J Bone Joint Surg* 1993 ; 75A : 377-386