

REHABILITACIÓN TRAS RECONSTRUCCIÓN DEL LCA CON PLASTIA H-T-H

REHABILITATION AFTER BONE-TENDON-BONE ACL PLASTIA

INTRODUCCIÓN

La rehabilitación tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior ha experimentado cambios muy importantes en las últimas décadas a raíz de los nuevos conocimientos científicos y observaciones clínicas, que han permitido desarrollar protocolos más agresivos para acelerar el proceso de rehabilitación. No obstante, su objetivo básico sigue siendo el mismo: conseguir el mismo nivel de actividad funcional prelesional. Para ello hemos de conseguir una recuperación óptima del balance articular, fuerza, propiocepción y estabilidad, que permitan un funcionamiento normal de la rodilla. Estos objetivos se han de conseguir cumpliendo dos preceptos fundamentales:

- Protección de la plastia para permitir su correcta integración ("ligamentización").
- Minimizar las complicaciones.

Los protocolos acelerados han demostrado disminuir notablemente estas últimas, en comparación con los clásicos programas de rehabilitación caracterizados por largos períodos de inmovilización, y cinesiterapia de refuerzo muscular muy paulatina. La mayoría se fundamentan en los resultados de numerosos estudios de experimen-

tación animal, biomecánicos y clínicos, aunque todavía disponemos de pocas bases científicas de cómo afecta la rehabilitación al proceso de ligamentización de la plastia *in vivo* en humanos, siendo este aspecto difícil de abordar desde el punto de vista ético.

Los protocolos de rehabilitación acelerados actuales siguen unos principios básicos:

- Control del dolor, del derrame y del edema.
- Movilización y carga precoz de la extremidad.
- Cinesiterapia específica que no produzca excesivas tensiones en la plastia. Ejercicios en cadena cinética cerrada.
- Reeduación neuromuscular propioceptiva.
- Reincorporación rápida a la práctica deportiva/actividades de la vida diaria.

OBJETIVOS

El objetivo es realizar una revisión de la literatura analizando los diferentes aspectos que influyen en el resultado final de todo el proceso de rehabi-

A. Sánchez Ramos^{1,2}

C. Fernández García²

G. Llorens Torrent²

E. Pérez Pérez²

V. Sotos Borrás³

L. Til Pérez⁴

¹Servicio de Medicina Física y Rehabilitación Consorci Sanitari de Terrassa Barcelona
²Eurosport Servicio de Medicina Física y Rehabilitación Institut Universitari Dexeus Barcelona

³Servicio de Medicina Física y Rehabilitación Hospital San Jaime de Torrevieja Alicante
⁴Centro de Alto Rendimiento. Sant Cugat del Vallés. Consorci Sanitario de Terrassa. Fútbol Club Barcelona

CORRESPONDENCIA:

Angel Sánchez Ramos
Jaume Vidal 13. Sant Feliu de Llobregat. 08980 Barcelona
E-mail: angelsanchez@comb.es

Aceptado: 05.10.2009 / Revisión nº 216

litación. Éstos son: plastias autólogas (biología y biomecánica), rehabilitación preoperatoria, derrame articular (dolor, movilización precoz), cinesiterapia pasiva continua, cinesiterapia (cadena cinética abierta-cerrada), propiocepción, electroestimulación, ortesis, pruebas funcionales y complicaciones tras cirugía del LCA.

Para ello se realizó una búsqueda bibliográfica, con las palabras clave rehabilitación y plastias de LCA hasta agosto 2009 en las principales bases de datos: PubMed-Medline, Cochrane Library: Cochrane Database of Systematic Reviews (CDSR) y Database of Reviews (DARE) TRIP Database e Índice Médico Español (IME).

REHABILITACIÓN TRAS RECONSTRUCCIÓN DEL LCA CON PLASTIA H-T-H. BASES CIENTÍFICAS

Plastias autólogas. Plastia H-T-H. Biología y biomecánica

Actualmente los materiales de los que se dispone para la sustitución del LCA son las plastias biológicas (autoinjertos y aloinjertos) y las sintéticas (Leeds-Keio, Gore-tex, Ligaid, SEM, etc.). La mayoría de la bibliografía sugiere que el tratamiento más utilizado es la reconstrucción del LCA con plastias intraarticulares autólogas. Las plastias autólogas utilizadas con más frecuencia son la plastia de tendón rotuliano (hueso-tendón-hueso: H-T-H), semitendinoso, recto interno y tracto iliotibial. El injerto H-T-H sigue siendo uno de los preferidos en la reparación del LCA, representando el 79,1% de las plastias utilizadas por los cirujanos, y el patrón con el que deben compararse el resto de injertos¹⁻³.

Para conocer las propiedades biomecánicas de los diferentes injertos autólogos en relación con el LCA original, se realizaron varios estudios destacando los de Noyes, *et al*⁴ y los de Clancy⁵. Noyes demuestra en tejidos procedentes de donantes jóvenes una resistencia máxima del LCA de 1.725 N (100%), plastia H-T-H de 14 mm de 2.900 N (168%), plastia H-T-H de 10 mm de 1.828 N (107%), semitendinoso de 1.216 N (70%), recto

interno de 838 N (49%) y tracto iliotibial de 769 N (44%). La introducción de las plastias cuádruples de isquiotibiales con una resistencia de casi el doble del LCA original ha incrementado de forma notable su utilización⁶. Se puede considerar, por tanto, que en condiciones de laboratorio los injertos de tendón rotuliano e isquiotibiales son los que ofrecen unas mejores características biomecánicas.

Amiel, *et al*⁷ definen el proceso de adaptación del injerto a la nueva situación como "ligamentización". Éste pasa por cuatro fases: una inicial de necrosis avascular en la que disminuyen la densidad celular y la vascularización local. Una segunda fase de revascularización que se inicia con la formación de una neomembrana sinovial y sigue con la vascularización intrínseca. Una tercera fase de proliferación celular, en la que se produce un incremento entre el segundo al cuarto mes del número de fibroblastos y se mantiene hasta el final del primer año. Una fase final de remodelación del colágeno donde disminuye la celularidad y la vascularización y se produce una maduración del colágeno.

Los clásicos estudios de Clancy⁸ y Arnoczky⁹, y más recientes de Rougraff¹⁰ y Marumo¹¹, han permitido estudiar la revascularización de los injertos de tendón rotuliano. Durante las primeras 6-8 semanas el injerto de tendón rotuliano permanece avascularizado, nutriéndose del líquido sinovial. A las 3-4 semanas una membrana sinovial rica en vasos empieza a envolver el injerto desde la periferia a la zona central. Según Rougraff¹⁰ el injerto es viable a partir de esta tercera semana, lo que permite la implementación de protocolos acelerados. A las 6 semanas está totalmente envuelto por la vaina sinovial. A las 6-8 semanas se inicia la vascularización intrínseca del injerto, igualmente desde la periferia hacia la zona central. A las 20 semanas el injerto entero muestra vasos intrínsecos, completándose la revascularización.

Alrededor de los 3 años existen pocas diferencias histológicas entre el injerto y el LCA normal.

La resistencia mecánica del injerto ha sido estudiada en diferentes modelos animales. Los

trabajos de Christel¹² y Newton¹³ han puesto de manifiesto como al año existen unos valores de tensión en la rotura del injerto que oscilan entre un 30-50% de los valores del LCA normal.

En relación con la fijación intraósea de los injertos en los túneles óseos, Huegel, et al¹⁴ muestran una fijación fibroblástica y osteoblástica entre las semanas 6 y 8 postoperatorias. Sin embargo, otros investigadores como Kurosaba¹⁵ demuestran que es necesario un período de 3-4 meses para conseguir una consolidación estable.

Noyes, et al¹⁶ indican que las actividades deportivas más estresantes someten al LCA normal a un 50% como máximo de su resistencia. Del resultado de las anteriores investigaciones y de estos datos Brotzman, et al¹⁷ creen que la plastia de tendón rotuliano es capaz de resistir un programa intenso de potenciación muscular a los 3 meses después de la reconstrucción, y a los 5-6 meses carrera en superficies regulares. Sin embargo, estudios clínicos como los de Shelbourne y Gray¹⁸ demuestran el retorno a la actividad deportiva completa a los 6,2 meses.

Los protocolos de rehabilitación deben respetar estos principios biológicos y biomecánicos a la hora de programar cada una de las fases del programa de reeducación.

Rehabilitación preoperatoria

Los clásicos y más recientes estudios de Shelbourne^{19,20} y otros autores^{21,22} demuestran una disminución de la incidencia de artrofibrosis y una mejor recuperación de la fuerza del cuádriceps cuando se retrasa la cirugía un mínimo de 3 semanas y hasta 6 semanas desde la fecha lesional. Otros estudios no confirman esta hipótesis: así, Hunter, et al²³ no encuentran diferencias en cuanto a balance articular y laxitud en un año de seguimiento en pacientes a los que se realizó la reparación de LCA con plastia H-T-H de forma aguda o bien diferida; también Marcacci, et al²⁴ comparan un grupo operado antes de los 15 días y otro después de los 3 meses, obteniendo este último peor resultados en cuanto a retorno a la práctica deportiva, y puntuación en los *scores* de Lysholm e IKDC.

Sin embargo, la mayoría de autores^{17,19-26} recomiendan un período de “enfriamiento” previo a la cirugía con el objeto de minimizar estas complicaciones. Los últimos protocolos de rehabilitación²⁷⁻³⁰ incluyen en sus programas una fase de reeducación preoperatoria en espera de la cirugía reparadora, y que coinciden en sus objetivos: disminución del derrame-edema-dolor, recuperación del balance articular completo, cinesiterapia potenciación de cuádriceps e isquiotibiales, y preparación-educación para el proceso postoperatorio. Se recomendaría por tanto una fase inicial de rehabilitación preoperatoria para conseguir estos objetivos y disminuir la incidencia de artrofibrosis como complicación postoperatoria.

Derrame articular. Dolor

La disminución del dolor y del derrame deben ser un objetivo fundamental en la fase inicial postoperatoria tras reconstrucción del LCA^{17,27,29,30}. La persistencia de dolor y derrame ocurre aproximadamente en un 12% de los casos³¹, provocando una disminución de la respuesta muscular³² y concretamente una inhibición refleja del cuádriceps de un 30-50% como demostró Kennedy³³ al estimular mecanorreceptores tipo I y II. Se recomienda, por tanto, un manejo temprano del derrame para disminuir estos efectos adversos. La mayoría de protocolos^{17,27,29,30} utilizan técnicas como la crioterapia, compresión, elevación de la extremidad y ejercicios de bombeo muscular activo (activos libres flexo-extensión tobillo). La técnica más estudiada^{29,34-38} ha sido la crioterapia-compresión, siendo el resultado de los estudios contradictorios. Lessard³⁴ y Barber³⁵ obtienen en sus estudios una disminución del dolor, menor utilización de analgésicos y mejoría de su balance articular y tolerancia a la carga parcial. Daniel³⁶, Edwards³⁷ y Konrath³⁸ no observan ninguna diferencia al comparar estos parámetros entre grupo crioterapia y control. Dos estudios de Paessler³⁹ y Dervin⁰ demuestran, el primero, una disminución de dolor, consumo de analgésicos y mejoría del balance articular al comparar crioterapia más compresión y crioterapia aislada, y el segundo no encuentra diferencias al comparar compresión con compresión y

crioterapia. Un reciente metanálisis de Raynor, *et al*⁴¹ recomienda la utilización de la crioterapia en el postoperatorio por disminuir de forma clara el dolor y la ausencia de efectos secundarios, aunque no se observen beneficios en el arco de movilidad y drenaje articular.

Movilización precoz. Cinesiterapia pasiva continua

Los programas clásicos de rehabilitación^{17,42} de la década de 1970 y principios de la de 1980 eran muy conservadores, con períodos prolongados de inmovilización y pautas de cinesiterapia con muchas restricciones con el teórico objetivo de proteger el proceso de cicatrización de la plastia. Esta forma tan conservadora de iniciar la rehabilitación favorecía la aparición de complicaciones como adherencias intraarticulares, derrames, problemas patelofemorales y atrofia del cuádriceps^{17,21,22}.

Noyes, *et al*⁴³ demuestran en 1987 que el inicio de una movilización precoz tras reparación de LCA no incrementaba las complicaciones postoperatorias (derrame, hemartrosis, edema), sin afectar el resultado final del balance articular, días de hospitalización y medicación administrada. Tres años más tarde, Shelbourne y Nitz⁴⁴ establecen las bases de los programas actuales de rehabilitación al publicar un estudio donde comparan un protocolo clásico con uno acelerado, basado en la movilización y carga precoz, potenciación muscular agresiva en cadena cinética cerrada y retorno a la práctica deportiva en 4-6 meses. Los resultados muestran una disminución de la incidencia de artrofibrosis de un 12% a un 4%, una mejoría más rápida del balance articular y balance muscular, y unos mejores resultados en la medición de la laxitud postoperatoria mediante KT-1000. Estos resultados han sido confirmados en publicaciones posteriores por él mismo¹⁸ y por otros autores^{17,27,29,43,45}, resaltando todos ellos la notable disminución de la incidencia de rigidez de rodilla.

En cuanto a la mejoría del balance articular en los protocolos acelerados la mayoría de programas (Shelbourne, Noyes, Campbell, Kerlan-

Jobe, Paulos-Stern)²⁵⁻²⁷, están de acuerdo con los objetivos de Fu, *et al*⁴⁶ de que la extensión completa se ha de conseguir entre las 1-2 semanas y la flexión sobre las 4-8 semanas poscirugía.

La utilización de la movilización pasiva continua (CPM) se incluye actualmente en la mayoría de protocolos tras reconstrucción del LCA^{17,27}. La introducción de la misma en 1980 por Salter al estudiar los efectos fisiológicos sobre el cartílago y estructuras articulares ha sido refrendada por numerosos estudios recogidos en su libro *Continuous Passive Motion*⁴⁷. Sus efectos beneficiosos se han demostrado en las características biomecánicas e histológicas de los mismos: nutrición del cartílago articular, inhibición de formación de adherencias intraarticulares, aceleración del *clearance* en la hemartrosis, y mejoría de las propiedades mecánicas del tejido colágeno.

La utilización inicial por Noyes⁴³ y Shelbourne⁴⁴ tras reconstrucción con plastia H-T-H se ha seguido de otros estudios clínicos donde se compara la efectividad del CPM con la cinesiterapia activa, analizando parámetros como balance articular, valores KT-1000, toma de medicación y evacuación del drenaje. Los resultados son desiguales; así, Rosen⁴⁸ no encuentra diferencias al comparar cinesiterapia, CPM y tratamiento combinado, en cuanto a movilidad, estabilidad, medicación y estancia hospitalaria. McCarthy⁴⁹ comunica una disminución en el consumo de medicación analgésica en el grupo que utilizó CPM, siendo sin embargo el nivel de dolor percibido similar al grupo control. Witherow⁵⁰, no obstante, encuentra un menor consumo de analgésicos en el grupo que no utilizó CPM, e igual balance articular a los 6 meses. Engstrom⁵¹ no encuentra diferencias en cuanto a la movilidad a las 6 semanas entre grupo CPM y control, y Gaspar⁵² notifica una discreta diferencia en movilidad al alta hospitalaria que se iguala a los 6 meses. Richmond⁵³ al comparar la utilización de CPM durante 4 o 14 días no encuentra diferencias en cuanto a movilidad, derrame y atrofia. Se recomienda por tanto que de forma precoz se inicie la movilización tras cirugía, ya sea de forma pasiva y/o activa, no justificándose de forma convincente la utilización de artromotores

en comparación con la cinesiterapia activa, en relación con los diferentes parámetros clínicos expuestos.

Cinesiterapia. Cadena cinética cerrada-cadena cinética abierta

La realización de un protocolo de rehabilitación tras reparación del LCA con plastia H-T-H debe tener en cuenta los efectos de la cinesiterapia sobre la traslación tibial y sobre la tensión y fuerzas aplicadas a la plastia⁵. Son varios los estudios que han valorado los efectos de la cinesiterapia de cadena abierta y cadena cerrada sobre la traslación tibial¹⁷. En los ejercicios de cadena cerrada el segmento distal (pie) está fijo, y el movimiento de una articulación provoca el movimiento en las demás articulaciones de la cadena cinética, por tanto el movimiento conjunto de pie/tobillo/rodilla/cadera.

En cadena abierta, la extensión activa de la rodilla provoca una traslación anterior de la tibia debido al componente de cizallamiento anterior producido por el cuádriceps⁵⁴. Estas fuerzas de traslación disminuyen al aplicar la fuerza axialmente en relación con la tibia⁵⁵. Al medir la traslación de tibia al contraer el cuádriceps en diferentes ángulos se encontró una mayor traslación anterior sobre los 30° de flexión, no produciéndose desplazamiento entre 60 y 75°. La flexión de la rodilla producida por la contracción aislada de los isquiotibiales producía una traslación posterior de la tibia. Durante el movimiento pasivo en cadena abierta, la tensión del LCA en rodilla de cadáver disminuye desde la extensión completa hasta los 30-40°, para aumentar progresivamente hasta llegar a los 110-120°⁵⁶.

La cinesiterapia en cadena cerrada produce una cocontracción de cuádriceps-isquiotibiales, aumentando las fuerzas de compresión, minimizando las fuerzas de cizallamiento y por tanto la traslación tibial anterior, lo que contribuye a aumentar la estabilidad de la articulación^{57,58}.

Los ejercicios en cadena cerrada reducen por tanto la tensión en la plastia H-T-H, pudiéndose incorporar de forma precoz en los programas de

rehabilitación como ejercicios de potenciación de cuádriceps e isquiotibiales^{17,27,29,30}.

Además de estos aspectos beneficiosos de los ejercicios en cadena cerrada en la relación con la “protección” de la plastia, podemos añadir otras ventajas: al ser ejercicios en carga, son más fisiológicos por simular las actividades de la vida diaria y atléticas, y conseguir una mayor participación de la coordinación neuromuscular. Además, este tipo de ejercicios reduce la incidencia de problemas patelofemorales, al reducir las fuerzas de presión entre patela y fémur en relación con los ejercicios en cadena abierta^{59,60}.

De los resultados de dichos estudios se observa que la mayoría de protocolos^{17,27} presentan unas bases genéricas similares a la hora de programar la cinesiterapia. Todos hacen énfasis en la realización de ejercicios en cadena cerrada desde el inicio de la rehabilitación, sin limitación de arcos articulares para su consecución. Se pueden realizar de diferentes formas: *mini-squats*, bicicleta estática, *step-ups*, *press-banca*, isocinético (dispositivo cadena cerrada). El tiempo, resistencia y número de repeticiones estarán de acuerdo con cada individuo, especialidad deportiva y fase de rehabilitación.

La cinesiterapia en cadena abierta presenta ciertas restricciones derivadas de los estudios de biomecánica⁵⁴⁻⁵⁶. La potenciación de isquiotibiales se puede realizar sin ningún problema en cualquier arco articular^{17,56}. Los ejercicios de cuádriceps, sin embargo, deben limitarse en los últimos 30°-40° de extensión para evitar una tensión excesiva sobre la plastia^{57,58}. La mayoría de protocolos^{17,27} limitan la realización de estos durante los primeros 3 meses posteriores a la cirugía, permitiendo la realización de ejercicios de cuádriceps en cadena abierta sin limitación en el arco articular a partir de este periodo.

Sin embargo, un reciente estudio de Beynnon⁶¹ rompe esta tendencia conservadora, comprobando cómo los ejercicios en cadena abierta sin limitación de arco articular realizados a partir de la sexta semana no comprometen la viabilidad de la plastia ni aumentan la laxitud al final del progra-

ma de rehabilitación. Por tanto, en deportistas profesionales se debe contemplar la introducción precoz de la misma para acelerar el proceso de recuperación y permitir la práctica deportiva al sexto mes posterior a la cirugía.

La introducción de los ejercicios isocinéticos^{62,63} en los protocolos de rehabilitación está generalizando su utilización en los programas de reeducación tras reconstrucción del LCA^{27,30}. Algunos programas los introducen a partir de la quinta-sexta semana²⁶, ya sea con dispositivo especial de cadena cerrada o bien limitando los últimos 30° de extensión. Se recomienda inicialmente la selección de velocidades medias/altas por producir una menor traslación tibial anterior^{27,55}. Los isocinéticos también se utilizan en los diferentes protocolos^{17,30} como test de valoración funcional de cara al retorno a la práctica deportiva. La mayoría de protocolos exigen una fuerza de cuádriceps igual o superior al 80-85% de la extremidad sana, un 90-100% de fuerza en isquiotibiales y unas ratios isquiotibiales/cuádriceps del 70-80%. Estas cifras no obstante todavía se han de valorar con prudencia por la falta de estudios que las relacionan con los tests funcionales, siendo por tanto únicamente orientativas de la función muscular⁶⁴.

Propiocepción

El papel de la propiocepción en el control y prevención de lesiones de la rodilla ha sido objeto de diversos estudios^{65,66}. Los mecanorreceptores de la rodilla se sitúan en el LCA, LLI-LLE, meniscos, tendón rotuliano, cápsula articular y almohadilla grasa infrarrotuliana. Se han descrito cuatro tipos: corpúsculos de Paccini, corpúsculos de Rufini, corpúsculos neurotendinosos de Golgi y terminaciones libres⁶⁷.

Solomonow, *et al*⁶⁸ demostraron que al someter al LCA a una tensión elevada, se producía un incremento de actividad electromiográfica en los isquiotibiales, considerándose como un refuerzo de protección. Barrack⁶⁵ y Friden⁶⁶ mostraron una alteración en la propiocepción en pacientes con deficiencia de LCA, a la hora de detectar movimiento pasivo y reproducir la po-

sición articular. Barrett⁶⁹ demostró en pacientes sometidos a reconstrucción del LCA una buena correlación entre las mediciones de propiocepción y la función y satisfacción del paciente. Sin embargo, según McDonald⁷⁰, las mediciones de propiocepción (percepciones de movimiento y posición articular), son claramente inferiores en rodillas sometidas a reconstrucción al compararlas con las sanas. Beard, *et al*⁷¹ muestran también unos mayores resultados funcionales en aquellos pacientes que se sometieron a un programa de reeducación neuromuscular en comparación con los que sólo realizaron potenciación muscular.

La mayoría de programas hacen énfasis en la necesidad de una reeducación neuromuscular propioceptiva^{17,27,30}, con el objeto de mejorar el uso de la información sensitiva profunda, mediada por la cápsula-ligamentos para conseguir una correcta estabilización dinámica de la articulación.

Electromioestimulación

La utilización de la electroestimulación después de la reconstrucción del LCA es un tema controvertido por la disparidad de resultados de los diferentes estudios. Su objetivo principal sería evitar la atrofia de cuádriceps en el postoperatorio²⁷.

Synder-Mackler, *et al*⁷² demuestran en un primer estudio una menor pérdida de fuerza de cuádriceps y unos mejores resultados en la cadencia de velocidad de marcha y flexión de rodilla en el grupo sometido a electroestimulación en comparación con grupo control que sólo realizó ejercicio.

Dos trabajos posteriores^{73,74} del mismo autor reflejan un mayor pico de fuerza de cuádriceps cuando los pacientes realizaron electroestimulación-alta intensidad en comparación con ejercicio voluntario y electroestimulación a baja intensidad. Dos estudios de Wigerstad-Lossing⁷⁵ y Delitto⁷⁶ muestran igualmente un mayor pico de fuerza isométrico en aquellos pacientes que realizaron electroestimulación en comparación con ejercicios voluntarios.

Eriksson, *et al*⁷⁷ realizan biopsia a la primera y quinta semanas en grupos con electroestimulación y control (isométricos), demostrando una mayor concentración de succinato-deshidrogenasa y, por tanto, de la vía oxidativa. Lieber⁷⁸ y Sisk⁷⁹, sin embargo, no encuentran una diferencia en el pico de fuerza en extensión al comparar electroestimulación y ejercicio voluntario isométrico.

Dos estudios de Draper, *et al*^{80,81} estudian el efecto de electromio-*biofeedback*. En un primer trabajo, demuestran un mejor pico de fuerza isométrico de cuádriceps en el grupo que realiza EMG-*biofeedback* en comparación con ejercicio aislado. En un segundo, trabajo comparan electroestimulación con EMG-*biofeedback*, obteniendo un mejor resultado en la fuerza en extensión en el grupo que realizó EMG-*biofeedback*.

Una buena parte de los estudios y revisiones^{74,80-82}, parecen avalar por tanto las técnicas de electroestimulación muscular para mejorar la fuerza, sin que se observe una clara correlación de esta con las escalas y test de valoración funcional, y el resultado final de la rehabilitación. El EMG-*biofeedback* también podría desempeñar un papel en la recuperación de la atrofia muscular. La mayoría de estudios la utilizan durante las primeras 4-12 semanas postcirugía, con una frecuencia de 3-5 días a la semana, sesiones de 30-40 minutos y utilizando electroestimulación de alta intensidad. La electroestimulación es un arma terapéutica que nos puede ayudar a mejorar la fuerza de cuádriceps en las fases iniciales del proceso de rehabilitación.

Ortesis de rodilla en la cirugía del LCA

El uso sistemático de las ortesis de rodilla es controvertido por la discordancia entre las teorías proporcionadas por las diferentes marcas comerciales y los estudios realizados sobre el tema. Desde que James Nicholas desarrolló la ortesis Lenox-Hill a mediados de la década de 1960 para intentar estabilizar la inestabilidad crónica de rodilla, su uso se había realizado de manera intuitiva, con pocos estudios que pudieran demostrar su efectividad real. Por este motivo la AAOS (Ameri-

can Academy of Orthopaedic Surgeons) celebró, en agosto de 1984, un seminario sobre ortesis de rodilla. Para dicho seminario se prepararon diversos estudios y dio pie a una evaluación continuada de los avances en la protección de la rodilla y de la literatura publicada en este campo, sugiriéndose la siguiente clasificación⁸³:

Ortesis profilácticas: diseñadas para prevenir o disminuir la gravedad de las lesiones de rodilla.

Ortesis rehabilitadoras: permiten la movilidad controlada de la rodilla lesionada, cuya lesión ha sido tratada de forma quirúrgica o conservadora.

Ortesis funcionales: diseñadas para proporcionar estabilidad en la rodilla inestable o para proteger durante el ejercicio o la actividad intensa las rodillas reconstruidas.

Ortesis rehabilitadoras

Desde que se demostró que la movilización precoz facilita el proceso rehabilitador de las rodillas con lesión del LCA, mejorando la cicatrización de tejidos blandos y cartílago⁸⁴, la ortesis rehabilitadora tiene como función permitir una movilidad precoz y controlada de las zonas lesionadas.

Hoffman estudió en cadáver este tipo de ortesis⁸⁵ llegando a la conclusión de que aquellas que presentaban placas laterales de material plástico y barras articuladas con bloqueo eran las que proporcionaban mayor estabilidad articular.

Sus características más importantes son^{86,87}: que permitan un control exhaustivo de los movimientos que tienen lugar en la articulación de la rodilla, que ofrezcan estabilidad sin desplazarse una vez colocada, que sean adaptables en forma y tamaño, confortables y de fácil colocación y ajuste.

Las ortesis rehabilitadoras pueden ajustarse al movimiento o pueden bloquearse en el ángulo de flexión deseado para controlar las fuerzas ejercidas sobre la estructura reparada, en función del protocolo, el tipo de injerto y fijación y los procedimientos quirúrgicos concomitantes. Cawley⁸⁸ demuestra que estas ortesis permiten entre 15 y

20° más de movilidad por encima del valor marcado, por ello se aconseja establecer el límite entre 10 y 20° por debajo de la movilidad deseada.

Los más recientes ensayos clínicos⁸⁹⁻⁹¹ que evalúan la inflamación, derrame, hemartrosis, dolor y parámetros clínicos como laxitud, balance articular, balance muscular y puntuación en escalas IKDC o Lysholm, son contradictorios. Se aprecian únicamente en alguno de ellos menos complicaciones en el postoperatorio inmediato como dolor y derrames, pero sin repercusión en la movilidad, laxitud, fuerza y escalas de valoración funcional a largo plazo.

Las revisiones de Beynon²⁹ y Wright⁹² en la misma línea ponen de manifiesto la poca evidencia respecto a su utilización. El primero justifica su utilización en el postoperatorio inmediato por el dolor y sensación subjetiva de seguridad del paciente. El segundo no encuentra ninguna evidencia en cuanto al dolor, movilidad, estabilidad del injerto y protección. Por tanto su utilización dependerá de las preferencias del equipo médico en relación a las características de cada paciente y tipo de cirugía.

Ortesis funcionales

Los estudios biomecánicos sobre la capacidad de las ortesis funcionales para controlar las traslaciones anteriores de la tibia o los efectos que tiene sobre el paciente cuando la lleva puesta^{92,93} nos permiten clasificarlas, de acuerdo con su modo de funcionamiento, en activas o pasivas. Las pasivas resisten la traslación tibial en todo momento mediante una resistencia directa o precarga, mientras que las activas aplican sólo cuando aparece la inestabilidad. Se considera que las activas son más eficaces para controlar la traslación tibial, aunque pueden crear una movilidad anormal en otra localización al intentar controlar activamente un movimiento.

En función de su estructura también se clasifican en dos grupos: las compuestas por barras articuladas y correas y las compuestas por barras articuladas y valvas, sin que haya diferencias mecánicas significativas entre ellas.

Los mencionados estudios biomecánicos, junto con otros ensayos clínicos y de laboratorio, evidencian la capacidad de control del valgo y del desplazamiento anterior en condiciones fisiológicas pero no en situaciones de estrés; en las situaciones intermedias, es decir, condiciones de baja carga, también se observa una mejoría que varía del 50 al 80% según autores. No obstante, en los estudios realizados por Colville⁹⁴, cerca del 90% de los pacientes sentía una mejoría subjetiva de sus síntomas a pesar de que, objetivamente, la inestabilidad mejoró una media de un grado. Esto lleva a muchos cirujanos y rehabilitadores a la prescripción de las ortesis durante el período de rehabilitación y la actividad deportiva durante al menos un año después de la reconstrucción.

Con respecto al deporte, hay estudios que sugieren que llevar la ortesis aumenta el gasto energético de la extremidad con el consiguiente gasto de oxígeno y que, a nivel teórico, podría aumentar el riesgo de lesión⁹⁵. El efecto positivo estaría relacionado con una respuesta adaptativa de reequilibrio neuromuscular entre cuádriceps e isquiotibiales que facilitan la estabilidad en los cortes para cambio de dirección en la carrera⁹², aunque no se ha conseguido demostrar un efecto claramente propioceptivo de las ortesis de rodilla.

Basándose en estos análisis, especialmente en los de Branch⁹⁵, las ortesis para LCA no intervinieron deben prescribirse a pacientes con un grado moderado de inestabilidad, para utilizarlas durante actividades con un potencial de carga moderado o bajo. Se debe avisar a los pacientes que todavía pueden sufrir subluxaciones incluso con las ortesis y comprometer adicionalmente la articulación. En el caso del LCA intervenido, algunos estudios apuntan hacia su eficacia por la reducción de las cargas repetitivas durante las actividades de la vida diaria y el deporte teniendo así, en teoría, un impacto sobre el deslizamiento del injerto.

No obstante, los últimos estudios de seguimiento funcional tras cirugía del LCA^{96,97} parecen demostrar que los resultados a largo plazo no vienen determinados por el uso de ortesis, sino por el programa de rehabilitación empleado.

Podemos concluir por tanto que el uso de las ortesis funcionales para el LCA es un tema controvertido, sin evidencia de su eficacia y sobre el que no hay un acuerdo unánime entre los expertos.

Pruebas funcionales

La utilidad de las pruebas funcionales está dirigida a la evaluación de la estabilidad funcional de la articulación de la rodilla tras la cirugía del LCA. La evaluación clásica se basa en la valoración de la fuerza de la musculatura flexoextensora, el cociente isquiotibiales/cuádriceps, los tests de laxitud estática y el balance articular, pero estos datos no nos aportan demasiada información acerca de la respuesta de dicha rodilla llevada a las actividades de la vida diaria. Las pruebas funcionales intentan simular, en un entorno controlado, las fuerzas que se experimentan en las actividades cotidianas como correr, saltar o realizar cambios de dirección. Por ello se aconseja incluirlos en la batería de asesoramiento utilizada para planificar la reinserción en las actividades cotidianas de los pacientes intervenidos, especialmente en los atletas.

A pesar de las ventajas que ofrecen dichas pruebas funcionales, muchos de los tests descritos han sido poco evaluados y no proporcionan resultados fiables. Los aceptados comúnmente como más fiables^{17,27,30,98} son la prueba del salto con una sola pierna (distancia recorrida con un salto con una sola pierna, medida por tiempo 6 metros, distancia recorrida con triple salto) y la prueba del salto vertical, considerándose normal valores del 85% o superiores de la extremidad sana.

Barber, *et al*⁹⁸ recomiendan estas pruebas utilizadas de forma combinada para obtener tasas de sensibilidad y especificidad adecuadas.

Algunos autores⁹⁹⁻¹⁰¹ sugieren que la valoración se debe clasificar en dos funciones diferentes: actividades de vida diaria y función fuerza/estabilidad. Un estudio realizado por Risberb y Ekeland⁹⁹ indica que 3 meses después de la cirugía, el test del ocho y el de la subida rápida de escaleras ofrecen una aproximación a las actividades

de vida diaria y tras 6 meses, el paciente debe ser capaz de llevar a cabo el test del triple salto para poder asesorar la función fuerza/estabilidad.

En la actualidad cada vez se imponen con más fuerza la valoración funcional mediante tests isocinéticos^{17,27,63,64}. La objetividad y reproducibilidad de las pruebas permiten un buen seguimiento tras la reconstrucción del LCA⁶². La mayoría de protocolos exigen una fuerza de cuádriceps del 80-85% y de isquiotibiales del 90-100% para el retorno a la práctica deportiva. Todavía se deben realizar más estudios para conseguir una buena correlación con los tests y *scores* funcionales.

La utilización de las escalas de valoración funcional (Lysholm, IKDC, etc..) se realiza cada vez mayor frecuencia para analizar y concretar los resultados funcionales tras las cirugía reparadora del LCA^{102,103}, y poder así monitorizar la evolución de los deportistas y compararlos con estándares aceptados oficialmente.

En las publicaciones de valoración de resultados tras la cirugía del LCA^{64,100,101}, la valoración funcional se realiza de forma habitual con las pruebas mencionadas. Pero no debemos olvidar que las pruebas funcionales son un dato más que debemos incorporar a la batería de pruebas de valoración como ya hemos citado anteriormente.

Complicaciones tras la cirugía del LCA

Artrofibrosis

Se trata de la complicación más frecuente tras la cirugía. Los diversos estudios refieren incidencias que oscilan entre el 4-24% con respecto a la contractura en flexión de más de 5°. La rigidez articular se define como la contractura en flexión de la rodilla de más de 10° y/o flexión menor⁴⁶ de 125° a los 3 meses de la reparación²¹.

Diversos factores se implican en la patogenia de la artrofibrosis: cronología de la cirugía tras la lesión, movilización articular posquirúrgica, derrame articular persistente, síndrome de contractura infrapatelar y la algodistrofia.

La cirugía realizada inmediatamente después de la lesión aumenta el riesgo de artrofibrosis, especialmente si se realiza durante las dos primeras semanas²¹. La mayoría de los autores aconseja como momento idóneo entre las semanas 3 y 6^{19,22,104} siempre que se haya conseguido restaurar el balance articular completo y haya disminuido notablemente el dolor. Si no se hubieran conseguido estas premisas, se deberá demorar la intervención.

La movilización articular posquirúrgica debe ser precoz para evitar la formación de adherencias articulares y rotulianas para conseguir precozmente el mejor balance articular posible según el criterio de todos los protocolos actuales de rehabilitación tras la plastia del LCA.

La asociación de otras lesiones concomitantes como lesión meniscal, lesión del LLI o del LCP reparadas en el mismo acto quirúrgico puede tener también una movilización precoz para obtener resultados finales idénticos, pero bajo una selección de los pacientes según los gestos quirúrgicos asociados^{29,105,106}.

Podemos considerar establecida la artrofibrosis según los criterios citados previamente: contractura en flexión mayor de 10° y/o flexión menor de 125° a los 3 meses de la cirugía. Shelbourne propone una clasificación adicional en cuatro grupos según el grado de flexión, teniendo en cuenta que la extensión siempre tiene un déficit mayor de 10°. Una vez instaurada, debemos adoptar la actitud terapéutica más adecuada¹⁰⁷.

El primer paso será intensificar la rehabilitación recurriendo, si es necesario, al uso de sistemas que generen fuerzas de baja carga continuada en las partes blandas con limitación del movimiento en un intento de mejorar el balance articular.

En caso de que no funcione este sistema, se puede recurrir a las movilizaciones bajo anestesia con catéter epidural para complementar con rehabilitación intensiva, aunque existen pocas referencias bibliográficas que analicen sus ventajas

con respecto a técnicas más agresivas^{107,108}.

Si las medidas conservadoras fallan, deberemos recurrir a la artrólisis artroscópica y desbridamiento de adherencias, obteniéndose beneficio independientemente de la técnica quirúrgica empleada para la plastia y sin aumento del desplazamiento anterior de la rodilla¹⁰⁹.

Derrame sinovial permanente

Aproximadamente el 12% de los pacientes^{17,31} sufren derrame sinovial permanente tras la plastia de LCA. El aumento de presión intraarticular activa los mecanorreceptores articulares tipo I y II estimulando el arco reflejo espinal a través del reflejo de Hoffman. Se produce así una inhibición neuromuscular del cuádriceps^{32,33} que se manifiesta clínicamente como una atrofia grave de dicho músculo. Por este motivo es importante controlar el edema precozmente y evitar la inducción de las partes blandas perirrotulianas, que podrían limitar el balance articular.

Para ello, disponemos de diferentes sistema de compresión y crioterapia y, si no es suficiente, recurriremos a los antiinflamatorios no esteroideos. Debemos tener presente que un programa rehabilitador de potenciación agresivo también puede exacerbar dicho derrame: si fuera éste el caso deberemos plantearnos una modificación del programa hasta que el derrame esté controlado.

Complicaciones rotulianas

Es fundamental la movilización rotuliana precoz, como ya hemos citado anteriormente, para prevenir las adherencias y el acortamiento del tendón rotuliano que podrían originar una limitación del balance articular, un síndrome doloroso y/o un síndrome de patela baja posquirúrgica o de la contractura infrapatelar.

El síndrome doloroso puede ser debido a la contractura en flexión por inmovilización prolongada, debilidad del cuádriceps, actividad intensa de potenciación del cuádriceps con ejercicios de cadena cinética abierta o a una tendinitis rotuliana.

Dicha tendinitis no tiene su origen en el implante del injerto^{17,27}, sino en la mencionada actividad de potenciación agresiva del cuádriceps. Por ello se aconseja el uso de potenciación en cadena cerrada cercana a la extensión para disminuir la intensidad de la fuerza en la articulación femoropatelar. Si instauramos tratamiento precozmente, en la fase aguda, suele ser reversible; en la fase crónica es más rebelde al tratamiento y puede dificultar los avances en el proceso rehabilitador.

La aparición del síndrome de la contractura infrapatelar¹⁰ está relacionada con la combinación de dos factores¹¹: cirugía rotuliana y rehabilitación posquirúrgica dolorosa, sin contracción activa de cuádriceps. Para evitarlo, podemos mantener la inmovilización ortésica en 20º de flexión para tensar el tendón rotuliano y, sobre todo, incluir contracciones activas de cuádriceps en el programa de rehabilitación. Middleton³⁰ utiliza el trabajo excéntrico para mejorar estos déficits de movilidad en relación con la artrofibrosis y contractura infrapatelar.

Algodistrofia

La algodistrofia o síndrome doloroso regional complejo tipo I es un cuadro caracterizado por la alodinia e hiperalgesia, acompañado de edema, trastornos vasomotores cutáneos y sudoración anómala en el territorio de la rodilla. Su aparición en el proceso de rehabilitación enlentecerá notablemente la consecución del balance articular, balance muscular y realización de las actividades de la vida diaria con normalidad. Por tanto su diagnóstico precoz será fundamental, y se basará en los criterios clínicos y soporte de exploraciones complementarias como la gammagrafía ósea.

La actitud terapéutica que debe seguirse es controvertida, y hay pocos estudios que marquen unas pautas claras de actuación, ya que muchas de las medidas empleadas son empíricas: se debe intentar mantener el balance articular conseguido hasta el momento y pautar analgesia para permitir la movilización. Existe poca bibliografía que demuestre una evidencia científica clara respecto a las diferentes alternativas terapéuticas (bloques simpáticos o simpaticolíticos, corti-

coides, calcitonina, bifosfonatos, capsaicina), recomendándose el manejo según la experiencia y posibilidades de cada equipo^{112,113}.

RESUMEN

Los protocolos de rehabilitación tras reconstrucción del LCA han sufrido notables transformaciones en las últimas décadas, desde los protocolos clásicos y conservadores de Paulos hasta los actuales y más agresivos de Beynon. El proceso de reeducación ha de sustentarse en la evidencia científica en cada uno de los diferentes elementos que lo componen. Los protocolos acelerados actuales se basan en una período de enfriamiento y rehabilitación preoperatoria con el objetivo de conseguir un balance articular y muscular adecuados. La reeducación postoperatoria se iniciará de forma precoz, con un buen control del dolor, buscando la rápida recuperación del balance articular, la carga completa y un refuerzo muscular intensivo inicialmente en cadena cerrada y a partir de la sexta semana en cadena cinética abierta, junto con un programa de reeducación neuromuscular propioceptiva. La utilización de técnicas de electromioestimulación ayudará en las fases iniciales en la recuperación de los desequilibrios del balance muscular. Las ortesis desempeñan todavía un papel discutido durante el proceso de rehabilitación, pudiendo ser utilizadas en las primeras fases de rehabilitación para el mayor confort del paciente. Es fundamental la valoración y monitorización mediante los tests funcionales, las escalas de valoración funcional y los tests instrumentados isocinéticos. El cumplimiento de estas premisas minimizará las complicaciones (artrofibrosis, síndromes rotulianos y algodistrofia) permitiendo el retorno a la práctica deportiva al mismo nivel prelesional.

Palabras clave: Rehabilitación. Ligamento cruzado anterior. Plastia H-T-H.

SUMMARY

Rehabilitation protocols after ACL reconstruction has undergone remarkable transforma-

tions in recent decades, from the classic and conservative Paulos' protocols to the current most aggressive of Beynnon. The rehabilitation process must be supported by scientific evidence in each of the different elements that compose it. The current accelerated protocols are based on a period of cooling and pre-operative rehabilitation in order to achieve a suitable joint and muscle balance. The postoperative rehabilitation starts early, with good pain control, for the speedy recovery of the joint stock, the full load and intensive muscle strengthening initially using closed chain and from the sixth week open kinetic chain, along with a proprioceptive neuromuscular re-education program. The electromyostesi-

mulation techniques helps in the initial stages in the recovery of muscle imbalances. Orthoses still play a discussed role during the rehabilitation process and can be used in the early stages of rehabilitation for greater patient comfort. It is essential to the assessment and monitoring by the functional tests, functional assessment scales and isokinetic instrumented test. The fulfillment of these assumptions will minimize complications (Arthrofibrosis, patellar syndrome and reflex sympathetic dystrophy) allowing the return to sports at the same level before de injury.

Key words: Rehabilitation. Anterior Cruciate Ligament. Bone-Tendon-Bone ACL Plastia.

B I B L I O G R A F Í A

- Vaquero Martín J, Calvo Haro A, Forriol Campos F.** Reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Trauma Fund MAPFRE* 2008;19:22-38.
- Josa Bullich S.** Plastias con injertos autólogos sustitutivos del ligamento cruzado anterior. Ligamentos artificiales. En: Josa Bullich S, De Palacios y Carvajal J (eds.). Aloinjertos congelados en fresco en las lesiones del ligamento cruzado anterior. Cirugía de la rodilla. Barcelona: Editorial Jims, 1995.
- Marx RB, Jones EC, Angel M, Wickiewicz TL, Warren RF.** Beliefs and attitudes of members of the American Academy of Orthopedic Surgeons regarding the treatment of anterior cruciate ligament injury. *Arthroscopy* 2003;19:762-70.
- Noyes FR, Butler DL, Grood ES, Zernicke RF, Hefzy MS.** Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. *J Bone Joint Surg (Am)* 1984;66:344-52.
- Clancy WG, Narechania RG, Rosenberg TD, Gmeiner JG, Wisnefske DD, Lange TA.** Anterior and posterior cruciate ligament reconstruction in rhesus monkeys. A histological, microangiographic, and biomechanical analysis. *J Bone Joint Surg (Am)* 1981;63:1270-84.
- Aune AK, Holm I.** Four strand hamstring tendon autograft compared with patellar tendon bone autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2001;29:722-8.
- Amiel D, Kleiner JB.** The phenomenon of "ligamentation": anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon. *J Orthop Res* 1986;4:162-72.
- Clancy WG, Thompson E, Duelland R, Wilson JW, Vanderby R, Graf BK.** Anterior cruciate and posterior ligament reconstruction with patellar tendon utilizing a medial vascularized graft, lateral vascularized graft, and free patellar tendon graft. *Trans Ortop Res Soc* 1987;12:70.
- Arnoczky SP, Tarvin GB, Marshall JL.** Anterior cruciate ligament replacement using patellar tendon. An evaluation of graft revascularization in the dog. *J Bone Joint Surg (Am)* 1982;64:217-24.
- Rougraff B, Shelbourne KD, Gerth PK, Warner J.** Arthroscopic and histologic analysis of human patellar tendon autografts used anterior ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1993;21:277-84.
- Marumo K, Saito M, Yamagishi T, Fujii K.** The "ligamentization" process in human cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar and hamstring tendons. *Am J Sports Med* 2005;33:1166-73.
- Christel P.** La ligamentisation du LCA. *J Traumatol Sport* 1997;4:66-74.
- Newton PO, Horibe S, Woo SL-Y.** Experimental studies on anterior cruciate ligament autografts and allografts. En: Daniel D (ed.). *Knee Ligaments: Structure, Function, Injury and repair*. New York, NY: Raven Press, 1990;389-400.

14. Huegel M, Indelicato P. Trends in rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Sports Med* 1988;7:801-11.
15. Kurosaka M, Yoshija S, Andrish JT. A biomechanical comparison of different surgical techniques of graft fixation in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1987;15:225-9.
16. Noyes FR, Keller CS, Grood ES, Butler DL. Advances in the understanding of knee ligament injury, repair, and rehabilitation. *Med Sci Sports Exerc* 1987;16:427-32.
17. Brotzman SB, Head P. The Knee. En: Brotzman SB (ed.). *Clinical Orthopaedic Rehabilitation*. St. Louis: Mosby-Year Book, 1996.
18. Shelbourne KD, Gray T. Anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon graft followed by accelerated rehabilitation. A two- to nine-year followup. *Am J Sports Med* 1997;25:786-95.
19. Shelbourne DK, Wilckens JH, Mollashy A, De Carlo M. Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction. The effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *Am J Sports Med* 1991;19:332-6.
20. Shelbourne KD, Foulk DA. Timing of surgery in acute anterior cruciate ligament tears on the return of quadriceps muscle strength after reconstruction an autogenous patellar tendon graft. *Am J Sports Med* 1995;23:686-9.
21. Mohtadi HGH, Webster-Bogaert S, Fowler PJ. Limitation of motion following anterior cruciate ligament reconstruction: A case control study. *Am J Sports Med* 1991;19:620-5.
22. Strum GM, Friedman MJ, Fox JM. Acute anterior cruciate ligament reconstruction: Analysis of complications. *Clin Orthop* 1990;253:184-9.
23. Hunter RE, Mastrangelo J, Freeman JR, Purnell ML, Jones RH. The impact of surgical timing on postoperative motion and stability following anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 1996;12:667-74.
24. Marcacci M, Zaffagnini S, Iacono F, Neri MP. Early versus late reconstruction for anterior cruciate ligament rupture. Results after five years of followup. *Am J Sports Med* 1995;23:690-3.
25. Shelbourne KD, Klootwyk TE, DeCarlo MS. Rehabilitation program for anterior cruciate ligament reconstruction. *Sports Medicine and Arthroscopy Review* 1997;5:77-82.
26. Noyes FR, Mangine R. *Clinical Protocol and Reference Guide Anterior Cruciate Ligament*. Biodex Medical Systems, 1994.
27. D'Amato M, Bach BR. Rehabilitación ortopédica clínica. Lesiones de la rodilla. En: Brotzman SB (ed.). Madrid: Elsevier España, S.A., 2005.
28. Beynnon BD, Jonson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE. Treatment of anterior cruciate ligament injuries, Part I. *Am J Sports Med* 2005;33:1579-1602.
29. Beynnon BD, Jonson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE. Treatment of anterior cruciate ligament injuries, Part II. *Am J Sports Med* 2005;33:1751-67.
30. Middleton P, Puig PL, Trouve P, Savalli L, Roulland R, Boussaton M, et Potel JF. Rééducation des entorses du genou. *Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris). Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation*, 26-240-C-10, 1998.
31. Vargas JH, Ross DG. Corticosteroids and anterior cruciate ligament repair. *Am J Sports Med* 1989;17:532-4.
32. Newton RA. Joint receptor contributions to reflexive and kinesthetic responses. *Phys Ther* 1982;62:22-9.
33. Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC. Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am J Sports Med* 1982;10:329-55.
34. Lessard LA, Scudds RA, Amendola A, Vaz MD. The efficacy of crioterapy following arthroscopic knee surgery. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997;26:14-22.
35. Barber FA, Mc Guire DA, Click S. Continuous-flow cold therapy for outpatient anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 1998;14:130-5.
36. Daniel DM, Stone ML, Arendt DL. The effect of cold therapy on pain, swelling, and range of motion after anterior cruciate ligament reconstructive surgery. *Arthroscopy* 1994;10:530-3.
37. Edwards DJ, Rimmer M, Keene GC. The use of cold therapy in the postoperative management of patients undergoing arthroscopic cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1996;24:193-5.
38. Konrath GA, Lock T, Goltz HT, Schedler J. The use of cold therapy after anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective, randomized study and literature review. *Am J Sports Med* 1996;24:629-33.

39. Paessler H. Combination of cold and compression after knee surgery. A prospective randomized study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1994;2:160-5.
40. Dervin GF, Taylor DE, Keene GC. Effects of cold and compression dressing on early postoperative outcomes for the arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction patient. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;27:403-6.
41. Raynor MC, Pietrobon R, Guller U, Higgins LD. Cryotherapy after ACL reconstruction: a meta-analysis. *J Knee Surg* 2005;18:123-9.
42. Blackburn TA. Rehabilitation of anterior cruciate ligament injuries. *Orthop Clin North Am* 1985;16:241-69.
43. Noyes FR, Mangine RE, Barber S. Early knee motion after open and arthroscopic ACL reconstruction. *Am J Sports Med* 1987;15:149-60.
44. Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1990;18:292-9.
45. Noyes FR, Mangine RE, Barber SD. The early treatment of motion complications after reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop* 1992;277: 217-28.
46. Fu FH, Woo SLY, James JI. Current concepts for rehabilitation following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* 1992;15:270-8.
47. Salter RB. The history of Motions versus Rest for Joints. Continuous passive motion. Baltimore: Williams & Wilkins, 1993;30:23-30.
48. Rosen MA, Douglas W, Atuell A. The efficacy of continuous passive motion in the rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sport Med* 1992;20:122-7.
49. McCarthy MR, Yates CK, Anderson MA, Yates-McCarthy JL. The effects of immediate continuous passive motion on pain during the inflammatory phase of soft tissue healing following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* 1993;17:96-101.
50. Witherow GE, Bollen SR, Pinczewski LA. The use of continuous passive motion after arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction: help or hindrance? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1993;1:68-70.
51. Engstrom B, Sperber A, Wredmark T. Continuous passive motion in rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1995;3:18-20.
52. Gaspard L, Farkas C, Szepesi K, Csernatony Z. Therapeutic value of continuous passive motion after anterior cruciate replacement. *Acta Chir Hung* 1997;36:104-5.
53. Richmond JC, Gladstone J, MacGillivray J. Continuous passive motion after arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction: comparison of short-versus long-term use. *Arthroscopy* 1991;7:39-44.
54. Grood ES, Suntay WJ, Noyer FR. Biomechanics of the knee extension exercise: Effect of cutting the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 1984;66A:725-34.
55. Palmitier RA, An KN, Scott SG. Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sports Med* 1991;11:402-13.
56. Renmstron P, Arms SW, Stanwyck TS. Strain within the anterior cruciate ligament during hamstring and quadriceps activity. *Am J Sports Med* 1986;14:83-7.
57. Yack HJ, Collins CE, Whieldon TJ. Comparison of closed and open kinetic chain exercise in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Am J Sports Med* 1993;21:49-54.
58. Fitzgerald GK. Open versus closed kinetic chain exercise: issues in rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstructive surgery. *Phys Ther* 1997;77:1747-54.
59. Reilly DT, Martens M. Experimental analysis of the quadriceps muscle force and patello-femoral joint reaction force for various activities. *Acta Orthop Scand* 1972;43:126-37.
60. Cohen ZA, Roglic H, Gresamer RP, Henry JH, Levine WN, Mow VC, et al. Patellofemoral Stresses during Open and Closed Kinetic Chain Exercises. *Am J Sports Med* 2001;24:480-7.
61. Beynon BD, Jonson RJ, Abate JA, Nichols CN, Fleming BC, Poole AR, et al. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective, randomized, double-blind comparison of programs administered over 2 different time intervals. *Am J Sports Med* 2005;33:347-59.
62. Perrin DH. Isocinética. Ejercicios y evaluación. Barcelona: Ediciones Bellatera, 1994.

63. **Melagati G, Volpi P.** The isokinetic method in rehabilitation after ACL reconstruction. *J Sport Traumatol Ve Res* 1997;19:159-71.
64. **Wilk KE, Romaniello WT, Soscia SM, Arvigo CA, Andrews JR.** The relations between subjective scores, isokinetic testing, and functional testing in the ACL-reconstructive knee. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994;20:60-73.
65. **Barrack RL, Skinner HB, Brokley SL.** Proprioception in the anterior cruciate ligament deficient knee. *Am J Sports Med* 1989;17:1-6.
66. **Friden T, Roberts D, Zatterstrom R, Lindstrand A, Moritz U.** Proprioception after an acute knee ligament injury: a longitudinal study on 16 consecutive patients. *J Ortop Res* 1997;15:637-44.
67. **Josa Bullich S.** Mecanorreceptores, arcos reflejos medulares y propiocepción de la rodilla. En: Josa Bullich S, De Palacios y Carvajal J (eds.). *Cirugía de la rodilla*. Barcelona: Editorial Jims, 1995.
68. **Solomonow M, Baratta R, Zhon BH.** The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. *Am J Sports Med* 1987;15:207-13.
69. **Barret DS.** Proprioception and function after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg* 1991;73B:833-7.
70. **MacDonald PB, Hedden D, Pacin O, Sutherland K.** Proprioception in anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knees. *Am J Sports Med* 1996;24:774-8.
71. **Beard DJ, Dodd CA, Trundle HR, Simpson AH.** Proprioception enhancement for anterior cruciate ligament deficiency. A prospective randomised trial of two physiotherapy regimes. *J Bone Joint Surg Br* 1994;76:654-9.
72. **Snyder-Mackler L, Ladin Z, Schepsis AA, Young JC.** Electrical stimulation of the thigh muscles after reconstruction of the anterior cruciate ligament. Effects of electrically elicited contraction of the quadriceps femoris and hamstring muscles on gait and on strength of thigh muscles. *J Bone Joint Surg* 1991;73:1025-36.
73. **Snyder-Mackler L, Delitto A, Bailey SL, Stralka SW.** Strength of the quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the anterior ligament. A prospective, randomized clinical trial of electrical stimulation. *J Bone Joint Surg Am* 1995;77:1166-73.
74. **Snyder-Mackler L, Delitto A, Stralka SW, Bailey SL.** Use of electrical stimulation to enhance recovery of quadriceps femoris muscle force production in patients following anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther* 1994;74:901-7.
75. **Wigerstad-Lossing I, Grimby G, Jonsson T, Morelli B, Peterson L, Renstrom P.** Effects of electrical muscle stimulation combined with voluntary contractions after knee ligament surgery. *Med Sci Sports Exerc* 1988;20:93-8.
76. **Delitto A, Rose SJ, McKowen JM, Lehman RC, Thomas JA, Shively RA.** Electrical stimulation versus voluntary exercise in strengthening thigh musculature after anterior cruciate ligament surgery. *Phys Ther* 1988;68:660-3.
77. **Eriksson E, Haggmark T.** Comparison of isometric muscle training and electrical stimulation supplementing isometric muscle training in the recovery after major knee ligament surgery. A Preliminary report. *Am J Sports Med* 1979;7:169-71.
78. **Lieber RL, Silva PD, Daniel DM.** Equal effectiveness of electrical and volitional strength training for quadriceps femoris muscle after anterior cruciate ligament surgery. *J Orthop Res* 1996;14:131-8.
79. **Sisk TD, Stralka SW, Deering MB, Griffin JW.** Effect of electrical stimulation on quadriceps strength after reconstructive surgery of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 1987;15:215-20.
80. **Draper V, Ballard L.** Electrical stimulation versus electromyographic biofeedback in the recovery of quadriceps femoris muscle function following anterior cruciate ligament surgery. *Phys Ther* 1991;71:455-61.
81. **Draper V.** Electromyographic biofeedback and recovery of quadriceps femoris muscle function following anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther* 1990;70:11-7.
82. **Wright RW, Preston E, Fleming BC, et al.** A systematic review of anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: part II: open versus closed kinetic chain exercises, neuromuscular electrical stimulation, accelerated rehabilitation, and miscellaneous topics. *J Knee Surg* 2008;21:225-34.
83. **American Academy of Orthopaedic Surgeons.** Knee Braces Seminar Report. En: Drez DJ Jr (ed.). Chicago, American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1985.

84. Salter RE, Field P. The effect of continuous compression on living articular cartilage. *J Bone Joint Surg* 1960;42A:31-49.
85. Hoffman AA, Wyatt RW, Bourne MM, Daniels AU. Knee stability in orthotic knee braces. *Am J Sports Med* 1984;12:371-4.
86. Paulos LE, France EP, Rosenberg TD, et al. The biomechanics of lateral knee bracing: I. Response of the valgus restraints to loading. *Am J Sports Med* 1987;15:419-29.
87. France EP, Paulos LE, Jayaraman G, et al. The biomechanics of lateral knee bracing: II. Impact response of the brand knee. *Am J Sports Med* 1987;15:430-8.
88. Cawley PW, France EP, Paulos LE. Comparison of rehabilitative knee braces: A biomechanical investigation. *Am J Sports Med* 1989;17:141-6.
89. Harilainen A, Sandelin J, Vanhanen I, Kivinen A. Knee brace after bone-tendon-bone anterior cruciate ligament reconstruction: randomized, prospective study with 2-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1997;5:10-3.
90. Moller E, Forssblad M, Hansson L, Wange P, Weidenhielm L. Bracing versus nonbracing in rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized prospective study with 2-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2001;9:102-8.
91. Brandsson S, Faxen E, Kartus J, Eriksson BI, Karlsson J. Is a knee brace advantageous after anterior cruciate ligament surgery? A prospective, randomized study with a two-year follow-up. *Scand J Med Sci Sports* 2001;11:110-4.
92. Basset GS, Fleming BW. The Lenox Hill brace in anterolateral rotatory instability. *Am J Sports Med* 1983;11:345-8.
93. Look FF, Tibone JE, Redfern FL. A dynamic analysis of a functional brace for anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med* 1989;17:519-24.
94. Colville MR, Lee CL, Ciullo JV. The Lenox Hill brace: An evaluation of effectiveness in treating knee instability. *Am J Sports Med* 1986;14:257-61.
95. Branch T, Hunter R, Reynolds P. Dynamic EMG analysis of anterior cruciate deficient legs with and without bracing during cutting. *Am J Sports Med* 1989;17:35-41.
96. McDevitt ER, Taylor DC, Miller MD, et al. Functional bracing after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, multi-center study. *Am J Sports Med* 2004;32:1887-92.
97. Risberg MA, Holm I, Steen H, Eriksson J, Ekeland A. The effect of knee bracing after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized study with two years' follow-up. *Am J Sports Med* 1999;27:76-83.
98. Barber SD, Noyes FR, Mangine R, DeMaio M. Rehabilitation after ACL reconstruction: function testing. *Sports Med Rehab Series* 1992;15:969.
99. Risberg MA, Ekeland A. Assessment of functional tests after anterior cruciate ligament surgery. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994;19:212.
100. Novak PJ, Bach BR Jr, Hager CA. Clinical and functional outcome of ACL-reconstruction in the recreational athlete over the age of 35. *Am J Knee Surg* 1996;9:11-6.
101. Juris PM, Pilleps EM, Dalpe C, Edwards C, Gotlin RS, Kane DJ. A dynamic test of lower extremity function following anterior cruciate ligament reconstruction and rehabilitation. *Orthop Sports Phys Ther* 1997;26:184-91.
102. García Perez F, Flórez García M. Escalas de valoración funcional en lesiones ligamentosas de rodilla. *Rehabilitación* 1994;28:456-64.
103. Figner Y, Lisholm J. Rating systems in the evaluation of the knee ligaments injuries. *Clin Orthop* 1985;198:43-9.
104. Passler JM, Schippinger G, Schweighofer F, Fellinger M, Seibert FJ. Complications in 283 cruciate ligament replacement operations with free patellar tendon transplantation. Modification by surgical technique and surgery timing. *Unfallchirurgie* 1995;5:220-46.
105. Barber FA, Click SD. Meniscus repair rehabilitation with concurrent anterior cruciate reconstruction. *Arthroscopy* 1997;4:433-7.
106. Robins AJ, Newman AP, Burks RT. Postoperative return of motion in anterior cruciate ligament and medial collateral ligament injuries. The effect of medial collateral ligament rupture location. *Am J Sports Med* 1993;1:20-5.
107. Shelbourne KD, Patel DV, Martini DJ. Classification and management of arthrofibrosis of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1996;6:857-62.

- 108. Iborra J, Pagés E, Cuxart A, Olona M, Ramón S, Jou N.** Rigidez de rodilla e intervenciones movilizadoras. Tratamiento rehabilitador. Estudio prospectivo 1989-1993. *Rehabilitación* 1995;29:183-9.
- 109. Cannon WD Jr, Vittori JM.** The role of arthoscopic debridement after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 1991;4:344-49.
- 110. Paulos LE, Wnorowski DC, Greenwald AE.** Infrapatellar contracture syndrome: an unrecognized cause of knee stiffness with patella entrapment and patella infera. *Am J Sports Med* 1987;15:331.
- 111. Dejour D, Levigne C, Dejour H.** Postoperative low patella. Treatment by lengthening of the patellar tendon. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1995;4:286-95.
- 112. Morros C, Cedo F.** Treatment with sympathetic intravenous block with reserpine in work-related reflex sympathetic dystrophy. *Rev Esp Anestesiol Reanim* 1994;5:288-91.
- 113. Pèlissier J, Viel E, Chauvineau V.** Algodistrofia o síndrome doloroso regional complejo tipo I. *Enciclopedia Médico-Quirúrgica* 2004;26-293-A-10.