

Fundamentos científicos de la rehabilitación tras la sustitución intraarticular del ligamento cruzado anterior

V. SANCHIS ALFONSO* G. PASTOR SAURA** D. GARCÍA SÁNCHEZ** M. J. SEGRERA ROVIRA
y A. ROCA SERRATOSA

* Servicio de Traumatología y Cirugía Ortopédica. Hospital Arnau de Vilanova. Valencia.

** Servicio de Rehabilitación. Hospital Clínico Universitario. Valencia.

Resumen.—Hay pocos aspectos de la rehabilitación en nuestra especialidad que sean tan complejos y controvertidos como la rehabilitación después de la sustitución intraarticular del ligamento cruzado anterior (LCA). La tendencia actual es utilizar protocolos de rehabilitación acelerada y rápido funcionalismo, todo lo cual está en relación directa con el avance en la investigación sobre el comportamiento biológico de los implantes, una mayor sofisticación en la técnica quirúrgica y los adelantos en las técnicas de rehabilitación. El objetivo de este trabajo es analizar no protocolos concretos, sino los problemas que plantea la cirugía del LCA y como minimizarlos en la medida de lo posible, protegiendo al mismo tiempo la plastia.

SCIENTIFIC PRINCIPLES OF REHABILITATION AFTER INTRAARTICULAR REPLACEMENT OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT

Summary.—There are few aspects of rehabilitation in our speciality which are so complex and controversial like rehabilitation after intraarticular replacement of the anterior cruciate ligament (ACL). Nowadays there is a trend to use protocols of accelerated rehabilitation and rapid functioning, and all this is related to the advances in research on the biological behavior of the grafts, a major sophistication in surgical technique and advances in rehabilitation techniques. The objective of this paper is not to analyze concrete protocols but rather the problems that state the surgery of the ACL, and how to diminish them to maximum, protecting at the same time the graft.

INTRODUCCIÓN

El éxito tras una reconstrucción intraarticular del ligamento cruzado anterior (LCA) depende no sólo de una técnica quirúrgica cuidadosa, sino también de una rehabilitación adecuada. Ahora bien, hay pocos aspectos de la rehabilitación en nuestra especialidad que sean tan complejos y controvertidos como la rehabilitación después de la sustitución intraarticular del LCA.

Los objetivos de la rehabilitación son la recuperación de la amplitud de movimiento, fuerza (resis-

tencia y potencia muscular), flexibilidad, resistencia cardiovascular, rapidez, equilibrio, agilidad y destreza. Además se deben evitar los efectos nocivos de la inmovilización sin sobrecargar el injerto implantado, puesto que esto podría conducir a su elongación o rotura y por lo tanto al fracaso del tratamiento. Tengamos en cuenta que tras la sustitución del LCA por un autoinjerto o aloinjerto, éste pasa por varios periodos: necrosis, revascularización, repoblación celular y remodelación. Durante estas fases, el implante tendrá una resistencia menor que la inicial, y es durante estos momentos cuando el injerto debe ser protegido de una sobrecarga excesiva. Todos estos acontecimientos biológicos están bien estudiados en modelos animales (1), pero el gran problema es que en las personas desconocemos la cronología de los mismos, pues los datos cronológicos obtenidos en los

Correspondencia:

Dr. D. VICENTE SANCHIS ALFONSO
Avda. Cardenal Benlloch, 36 - pta. 23 B
46021 Valencia

animales de experimentación no son transferibles al hombre. Además esta cronología puede verse alterada por distintos factores, como puede ser la tensión aplicada al injerto. Podemos decir, que la biología del implante, que no es del todo conocida, es la principal limitación con la que nos vamos a encontrar a la hora de plantear un protocolo de rehabilitación.

La tendencia es utilizar protocolos de rehabilitación acelerada (2-5) y rápido funcionalismo, todo lo cual está en relación directa con el avance en la investigación sobre el comportamiento biológico de los implantes, una mayor sofisticación en la técnica quirúrgica y los adelantos en las técnicas de rehabilitación. Las indicaciones para una rehabilitación agresiva serían (6): a) elevada resistencia del sustituto intraarticular utilizado para reemplazar al LCA (v. gr. Hueso - Tendón patelar - Hueso), b) fijación interna rígida, c) emplazamiento isométrico del implante, d) control de la inflamación postoperatoria, e) controles postoperatorios seriados del desplazamiento anteroposterior con el artrómetro KT-1000 (MEDmetric Corp., San Diego, California), f) conformidad del paciente y g) seguimiento por parte del cirujano ortopédico y del rehabilitador.

Debemos ser conscientes de que cualquier tipo de cirugía crea una morbilidad; lo que debemos procurar es minimizarla para que las ventajas de la operación superen a los inconvenientes de la misma.

Vamos pues a analizar en este trabajo no protocolos concretos, sino los problemas que plantea la cirugía del LCA y como minimizarlos en la medida de lo posible, protegiendo al mismo tiempo la plastia. Para ello vamos a basarnos en los datos clínicos y biomecánicos de que disponemos en la actualidad. Los objetivos que perseguiremos serán: a) combatir la inflamación postoperatoria, b) minimizar los efectos adversos de la inmovilización, c) prevención de la rigidez y del síndrome «patela infera —artrofibrosis» y potenciación de la musculatura, d) prevención del espasmo muscular de los flexores de la cadera, isquiotibiales, gemelos y sóleo, e) prevención de la rotura de la plastia, f) prevención de la rigidez en flexión, g) restaurar la marcha normal y por último, h) retorno a la actividad deportiva. Ahora bien, también es importante una correcta rehabilitación preoperatoria (9, 10).

REHABILITACIÓN PREOPERATORIA

Recientes publicaciones (7, 8) han demostrado una asociación entre artrofibrosis y reconstrucción de las lesiones agudas del LCA. Por este motivo, la tendencia actual es retrasar la cirugía y comenzar el proceso de rehabilitación de las lesiones agudas para preparar a la rodilla lesionada para la cirugía (9). El primer objetivo será obtener el rango completo de movilidad (Fig. 1) y eliminar el edema. Para cumplir estos objetivos es fundamental la combinación de frío

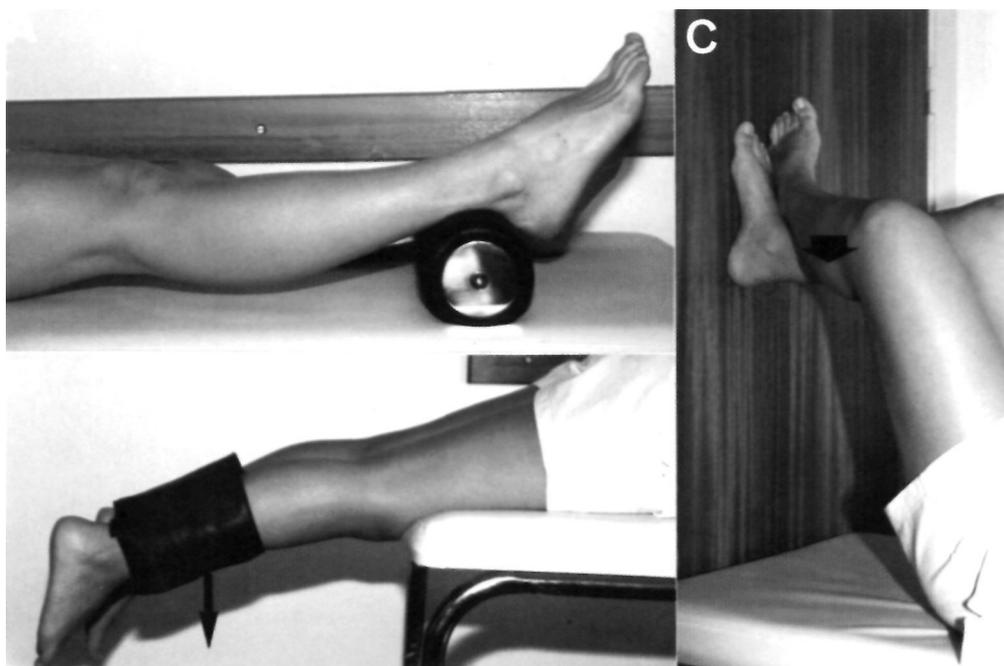


Figura 1. A) Extensión pasiva, B) Extensión asistida con peso en tobillo, C) Deslizamientos sobre la pared para ganar flexión.

y compresión (v. gr. CryoCuff® —Aircast, Inc., Summit NJ—). La restauración de la movilidad completa debe comenzar casi inmediatamente después de la lesión, dando especial énfasis a la recuperación de la extensión. El objetivo será conseguir una movilidad semejante a la de la rodilla contraria. Una vez conseguida la movilidad completa y eliminada la tumefacción comenzarán los ejercicios de potenciación muscular.

Cuando el paciente y la familia han comprendido el planteamiento, la operación y el proceso de rehabilitación postcirugía y cuando los objetivos de la rehabilitación preoperatoria han sido conseguidos podemos realizar la intervención quirúrgica.

La actitud de operar lo antes posible para «acabar pronto con el problema» no es aceptable. Para los pacientes que trabajan recomendamos la cirugía para cuando sus ocupaciones laborales se lo permitan; en los estudiantes para cuando acabe la época de exámenes y puedan concentrarse bien en el proceso de rehabilitación postoperatorio. En los deportistas también se recomienda el retraso de la cirugía (9), hasta conseguir los objetivos descritos de la rehabilitación preoperatoria y evitar las complicaciones descritas en la reconstrucción de las lesiones agudas (7, 8).

Con este planteamiento disminuyen los problemas de limitación de la movilidad post-cirugía y el paciente puede elegir el momento más conveniente para la operación.

La intervención diferida, una vez ha cedido la inflamación, el recorrido articular es completo y se ha conseguido una correcta Junción muscular, parece acortar el periodo de rehabilitación postoperatorio y disminuye la incidencia de artrofibrosis.

REHABILITACIÓN POSTOPERATORIA

a) Combatir la inflamación postoperatoria

Tras la cirugía, se pone en marcha un proceso inflamatorio agudo que se manifiesta clínicamente por dolor, tumefacción, restricción del arco de movilidad por el dolor y atrofia muscular secundaria a inhibición muscular.

El dolor y el edema deben ser tratados para permitir la progresión hacia procedimientos de rehabilitación activa. La crioterapia y la estimulación nerviosa transcutánea (TENS) (atm, S.A., Valencia), son medios físicos que se han mostrado eficaces en el control del dolor y en la reducción del edema (2,

11). No obstante, hay que complementar estos medios con la administración oral o parenteral de inhibidores de las prostaglandinas y en ocasiones con la anestesia epidural continua. Nosotros, de forma rutinaria, utilizamos para eliminar el dolor postoperatorio durante las primeras 12 horas, (DC Fithian, comunicación personal), la inyección intraoperatoria a nivel intra-articular y subcutáneo, en la incisión, de Bupivacaina al 0,5% con epinefrina al 1:200.000 (Svedocain®).

Hay que proporcionar una analgesia eficaz al paciente para exigirle la cooperación necesaria en la rehabilitación precoz.

b) Minimizar los efectos adversos de la inmovilización

La inmovilización prolongada ha sido la pauta habitual tras la cirugía ligamentosa de la rodilla, pero se ha demostrado que la inmovilización tiene unos efectos adversos sobre las partes blandas periarticulares (contractura), sobre el cartílago articular (degeneración), sobre las propiedades mecánicas de los ligamentos y hueso (disminución de la resistencia) y sobre el músculo esquelético (atrofia) (12). Por todos estos motivos, la tendencia actual es iniciar una movilización precoz controlada debiéndose distinguir entre movilización pasiva tanto manual como continua y la movilización activa.

Salter y cols. (13) y O'Driscoll y cols. (14) describieron a principios de la década de los ochenta, los efectos beneficiosos de la movilización continua pasiva (MCP) en la curación del cartílago articular, reabsorción de los hemartros y prevención de las adherencias articulares. Actualmente la MCP forma parte de la mayor parte de los protocolos de rehabilitación utilizados tras la reconstrucción intraarticular del LCA (2, 5). Los efectos potencialmente beneficiosos de la MCP en el postoperatorio de las reconstrucciones intraarticulares del LCA serían: a) prevenir el desarrollo de rigideces, b) preservar el cartílago articular, c) mejorar la orientación y resistencia de las fibras de colágena del injerto, pues la sollicitación tensil es necesaria para la morfogénesis, remodelación y maduración de la colágena (15-17), orientándose los fibroblastos según las líneas de estrés y depositándose el colágeno a lo largo de éstas, cumpliéndose la ley de Wolf acerca de la reacción de un tejido frente a su estrés (18), d) disminución del dolor postoperatorio, e) incremento del flujo sanguíneo del miembro y disminución de la incidencia de tromboflebitis, f) efecto psicológico beneficioso para el paciente y g) acelerar la reabsorción del hemartros.

Ahora bien, ninguno de los efectos beneficiosos citados puede compensar la pérdida de estabilidad de la rodilla por la rotura del injerto que sustituye al LCA lesionado. El reemplazo del LCA con H-T-H proporciona la suficiente estabilidad en el periodo postoperatorio inmediato como para evitar la inmovilización y poder iniciar una MCP en el postoperatorio, siempre y cuando el emplazamiento del implante sea isométrico (6). El inicio de la MCP en el segundo día del postoperatorio no supone un aumento de la hemartrosis ni de la tumefacción de partes blandas (19). Además no hay ningún peligro en iniciar una MCP desde 0° hasta 90°, desde el segundo día del postoperatorio en las reparaciones aisladas del LCA; tengamos en cuenta que con la MCP no se produce contracción del cuádriceps y por lo tanto no hay desplazamiento tibial anterior, aunque cuando se asocia una reparación del ligamento colateral medial, el rango de movilidad permitido es de 20°-90° durante las primeras 4 semanas (19-21). En cualquier caso, el paciente realiza la MCP con la rodillera colocada (21). Ahora bien, esta última afirmación debe ser matizada, pues Drez y cols. (22) demostraron que la utilización de un dispositivo de MCP con soporte de pierna induce una tensión indeseable sobre el implante, que podría provocar su rotura, pues incrementa la traslación anterior de la tibia; por el contrario la eliminación de dicho soporte reduce significativamente dicho desplazamiento (de 9,3 mm a 1,3 mm). Posteriormente, O'Meara y cols. (23) estudian el efecto de la MCP sobre la estabilidad de la rodilla tras el reemplazo intraarticular del LCA, concluyendo que no tiene un efecto adverso sobre la integridad del implante o la fijación siempre y cuando el emplazamiento sea isométrico (<1 mm entre 0° y 110°).

La MCP estaría indicada en todas aquellas situaciones en las que se presuponen problemas de movilidad después de la reconstrucción intra-articular del LCA (v. gr. reparación meniscal asociada, reparación asociada del ligamento colateral medial, historia de disminución del rango de movilidad después de cirugía articular previa, etc.) (2). Así mismo, también puede estar indicada para motivar al paciente a recuperar más tempranamente el rango de movilidad (2). Las contraindicaciones son escasas (2): infección, trombosis venosa profunda, negativa por parte del paciente y personal auxiliar inexperto. El régimen de ejercicio de MCP no está bien definido todavía. Noyes y cols. (21) recomienda el uso de la MCP el mayor tiempo posible (incluidas las horas del sueño) siendo el tiempo medio de 12 horas diarias durante 2 días, que es el periodo de tiempo que sus pacientes permanecen ingresados en el hospital, aun-

que estos mismos autores recomiendan su uso domiciliario si existen problemas de movilidad.

Hasta la fecha no se han publicado efectos perniciosos de la MCP en el sentido de incremento de la laxitud articular tras la reconstrucción del LCA (19, 21). Tampoco hay estudios a largo plazo publicados que demuestren que los pacientes tratados con MCP tengan un rango de movilidad mejor que aquellos que no han recibido MCP (6). Así mismo, se desconoce el efecto de la MCP sobre el proceso de remodelación del implante (2).

Otro efecto de la inmovilización es la atrofia muscular, la cual es reducida de forma significativa por la electroestimulación (24) que posteriormente comentaremos con más detalle y que ya se inicia al segundo día del postoperatorio (21).

En el segundo o tercer día del postoperatorio, y en función del dolor, Noyes y cols. (21) inician la movilidad activa asistida sin aplicar resistencia, pudiéndose utilizar la pierna contralateral para ayudar a la pierna operada, en el arco de 30°-90° y la movilidad pasiva de 0°-30°. No debemos olvidar tampoco los ejercicios de elevación del miembro inferior con la rodilla en extensión (Fig. 2) para prevenir la atrofia de los diferentes grupos musculares (aductores, abductores, isquiotibiales y flexores de la cadera) que también se iniciarán al segundo día del postoperatorio (21).

La MCP, la movilización pasiva de 0 a 30° y la movilización autoasistida de 30 a 90°, junto con la electroestimulación son los medios más utilizados para evitar los efectos adversos de la inmovilización.

c) Prevención de la rigidez articular y del síndrome patela infera-artrofibrosis. Potenciación de la musculatura

La restricción de la movilidad de la rodilla (rigidez) tras la cirugía ligamentosa es una complicación frecuente que supone una limitación permanente en un elevado porcentaje de casos (21, 25).

Ahora bien, no es igual de incapacitante la pérdida de flexión que de extensión, así mismo ésta última ha recibido menos atención en la literatura, aunque algunos autores (26) la citan como una de las complicaciones más frecuentes. Un déficit de extensión igual o mayor de 10° produce cambios patológicos en el cartílago articular (27) e interfiere con una deambulación normal, por contra si la flexión es de 60° o mayor la marcha no se altera (28). No obstante, una flexión de < 125° puede afectar a otras

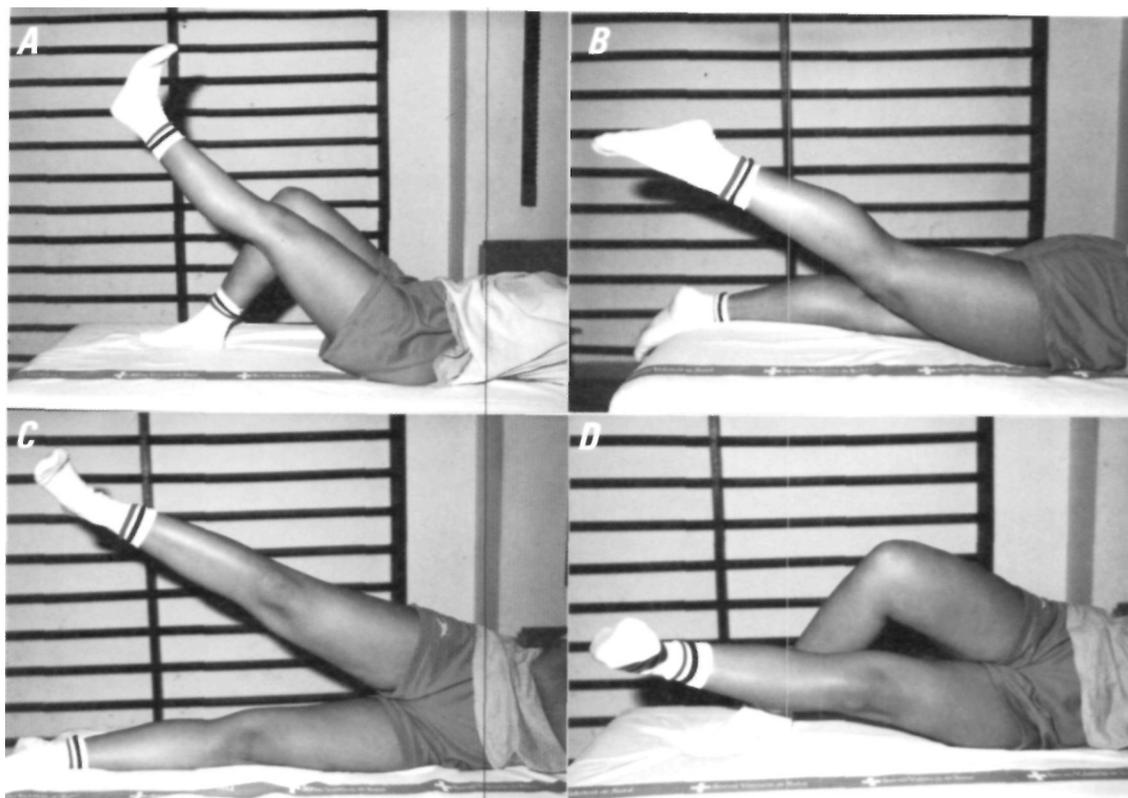


Figura 2. Ejercicios de elevación del miembro inferior con la rodilla en extensión: A) flexión de la cadera, B) extensión de la cadera, C) abducción de la cadera, D) aducción de la cadera.

funciones tales como la carrera y la postura de cuclillas, siendo especialmente molesto para la gente joven y activa (28). Dentro de las causas de pérdida de extensión de la rodilla cabe destacar el «síndrome de patela infera-artrofibrosis», que aunque es poco frecuente (25, 29) es una complicación grave, que se caracteriza por (29): a) patela baja transitoria por contractura de los tejidos peripatelares y de la grasa de Hoffa y debilidad del cuádriceps, b) limitación del arco de movilidad articular por la artrofibrosis asociada, c) acortamiento permanente del tendón patelar cuando no se efectúa un tratamiento adecuado y d) eventual comienzo de una artrosis patelofemoral. Los signos que nos deben alertar sobre el comienzo de una patela infera son los siguientes (29): a) imposibilidad de contracción voluntaria vigorosa del cuádriceps entre la primera y tercera semanas tras la cirugía, b) disminución de la movilidad patelar en todas direcciones, c) descenso de la tensión del tendón patelar con la contracción del cuádriceps, d) imposibilidad de la traslación proximal de la rótula con la contracción del cuádriceps, e) malposición distal de la patela clínica y/o radiológicamente en comparación con el lado opuesto y f) sensibilidad y aumento de la temperatura local en los tejidos peripatelares y en la bolsa adiposa infrapatelar de Hoffa.

Para prevenir la rigidez articular y el síndrome de «patela infera-artrofibrosis», se deberá promover la movilización precoz, aspirar los derrames intraarticulares si existen, movilizar la patela, estimular la contracción temprana del cuádriceps (mediante la electroestimulación y la rehabilitación activa) y eventualmente infiltrar puntos dolorosos antes de iniciar las sesiones de rehabilitación (2).

c1) Aspiración de los derrames intraarticulares

Es muy importante determinar si existe en el postoperatorio un derrame intraarticular y evacuarlo. Kennedy y cols. (30) demostraron que una inyección de 60 cc de suero salino en la rodilla provoca entre un 30 y 50% de inhibición de la contracción voluntaria del cuádriceps, lo cual supone un factor de riesgo para el desarrollo de un síndrome de patela infera-artrofibrosis.

c2) Movilización patelar

Se recomienda la movilización patelar pasiva (Fig. 3) en todas las direcciones durante 5 minutos al menos 4-6 veces, iniciándola al día siguiente de la intervención (21), incrementando su intensidad de

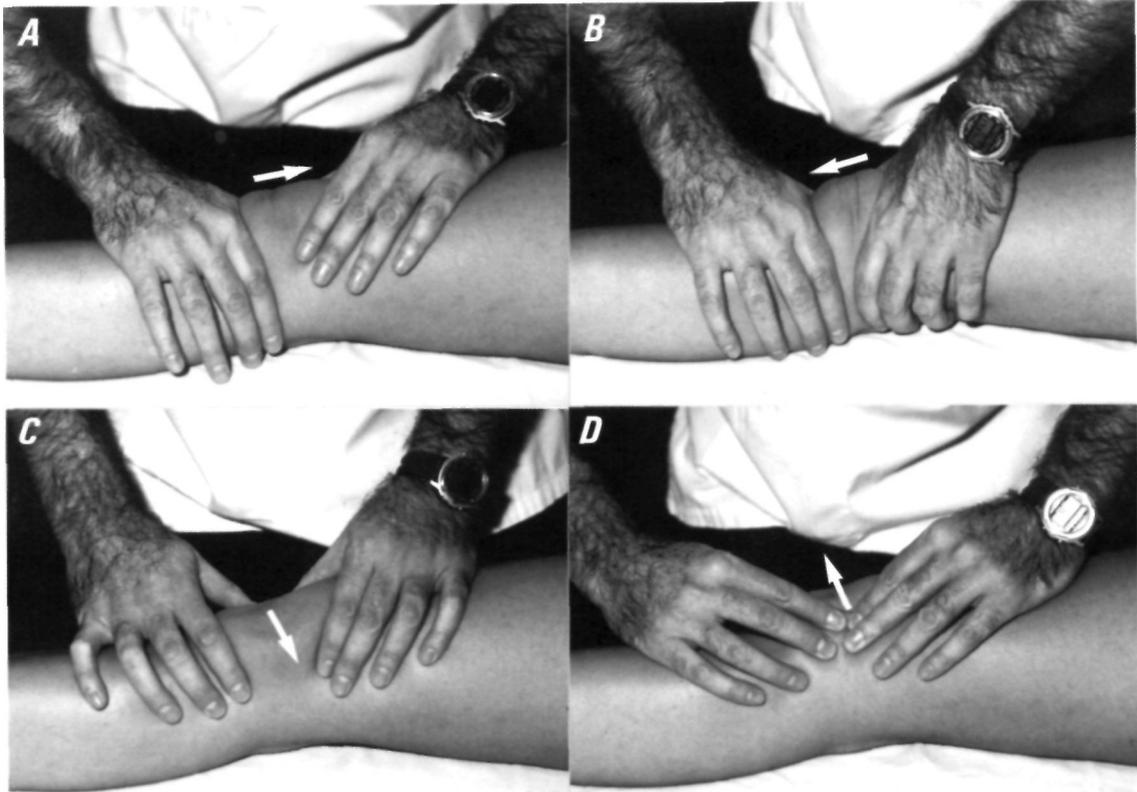


Figura 3. Movilización patelar: A) Superior, B) Inferior, C) Medial, E) Lateral.

forma progresiva hasta el 10.º o 14.º día postintervención, y seguir luego con una movilización más vigorosa. El desplazamiento superior de la rótula es necesario en la máxima extensión de la rodilla, el desplazamiento inferior es necesario para la flexión completa y los desplazamientos medial y lateral son importantes para la correcta congruencia femoropatelar a lo largo de todo el arco de flexo-extensión de la rodilla. A lo anterior hay que asociar movimientos de distracción patelar que descomprimen la articulación femoropatelar y permiten un incremento de la circulación del líquido sinovial y por lo tanto de sus nutrientes (2).

La movilización patelar y la aspiración de los derrames intraarticulares son esenciales para evitar el síndrome de patela infera y la rigidez en flexión.

c3) Reeduación temprana del cuádriceps

La contracción temprana del cuádriceps es importante para prevenir el desarrollo de una patela infera. Ahora bien, es importante comprender el concepto de interacción músculos ligamentos para evitar la sobrecarga del implante y su ulterior rotura cuando se plantean ejercicios de contracción del cuádriceps (31) (Fig. 4).

Numerosos estudios han demostrado que el cuádriceps es un potente antagonista del LCA especialmente cerca de la extensión. Renstrom y cols. (32) demostraron que entre 0º y 45º la contracción aislada del cuádriceps incrementaba de forma significativa la deformación sobre el LCA en relación con la deformación durante la extensión pasiva. Arms y cols. (20) observaron que la actividad isométrica o

INTERACCIÓN CUÁDRÍCEPS - LCA

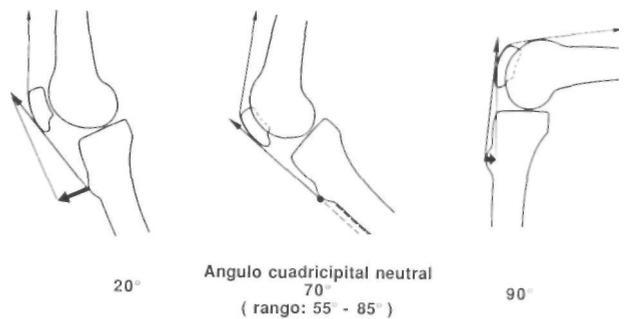


Figura 4. Interacción cuádriceps - LCA. A 20º de flexión la contracción del cuádriceps actúa desplazando anteriormente la tibia. A 70º la contracción del cuádriceps no desplaza la tibia ni en sentido anterior ni posterior. A 90º de flexión la contracción del cuádriceps actúa desplazando posteriormente la tibia. [Modificado de Frandey y cols. (31), usado con permiso].

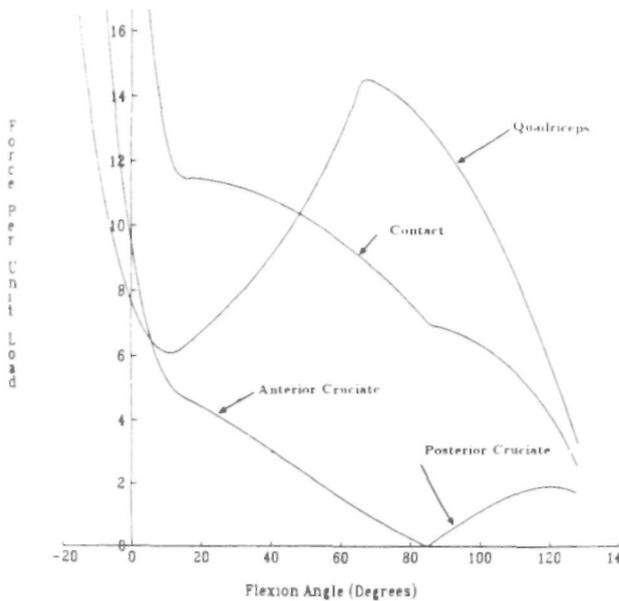


Figura 5. A 85° (ángulo de flexión crítico), el LCA no sufre deformación. A medida que nos acercamos a la extensión, la fuerza por unidad de carga sobre el LCA aumenta. [De O'Connor y cols. (33), usado con permiso].

isotónica del cuádriceps no producía deformación en un implante correctamente colocado, cuando la rodilla se flexionaba más allá de los 60°, mientras que de 0° a 45° el LCA era sometido a un estrés significativo. Además también se ha objetivado un incremento de la deformación en el LCA durante la contracción del cuádriceps en posición neutra de la tibia y con la rotación interna; por el contrario, con la rotación externa disminuye el estrés sobre el LCA (31). O'Connor y cols. (33) observaron que el estrés a que era sometido el LCA por acción del cuádriceps era prácticamente nulo a partir de los 80° (Fig. 5). Yasuda y Sasaki (34) demostraron que los ejercicios de cuádriceps aislados se podían hacer con seguridad a 70°. Podríamos concluir desde el punto de «vista teórico» diciendo que se deberían evitar los ejercicios de cuádriceps desde la extensión hasta los 80°.

A pesar de lo dicho anteriormente, hay autores (2) que recomiendan ejercicios isométricos de cuádriceps en extensión completa. Sin embargo, pensamos que las contracciones del cuádriceps demasiado enérgicas sí que podrían ser peligrosas, pero no serían perniciosas las contracciones submáximas del cuádriceps. Por el contrario, los ejercicios isotónicos sí que los realizamos a partir de los 30° de flexión. Hay que tener en cuenta una serie de variables cuya intervención puede minimizar el peligro de provocar una deformación excesiva sobre el LCA en el arco de flexo-extensión de 0 a 80°. Entre estas variables

nos encontramos con: el efecto estabilizador de la presión axial desde el talón sobre el LCA, base de los ejercicios de cadena cinética cerrada que posteriormente comentaremos (35), la realización de ejercicios con la tibia en rotación externa (32) y la contracción simultánea de los isquiotibiales (36). No debemos olvidar tampoco la potenciación de los isquiotibiales, agonistas del LCA, teniendo en cuenta que no son peligrosos excepto cerca de la extensión completa (32) (Fig. 6).

Ahora bien, a nivel práctico es conveniente recuperar la máxima extensión tan pronto como sea posible. Por este motivo, se idearon los ejercicios de contracción. O'Connor y cols. (33) demostraron que por encima de 22° la realización simultánea de ejer-

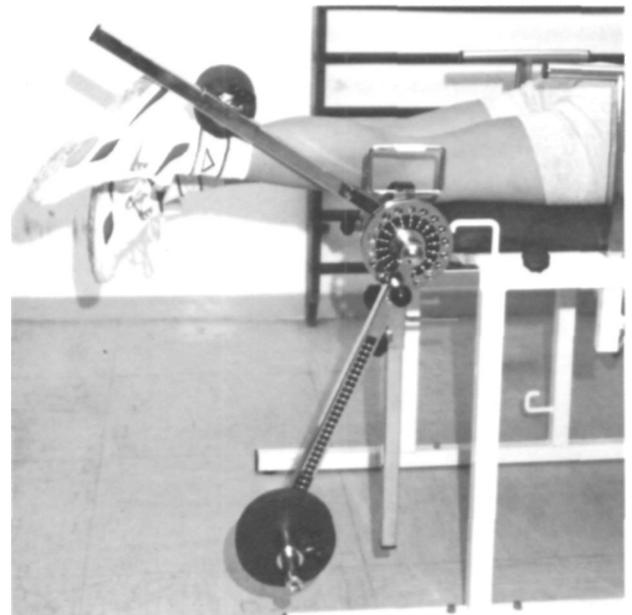
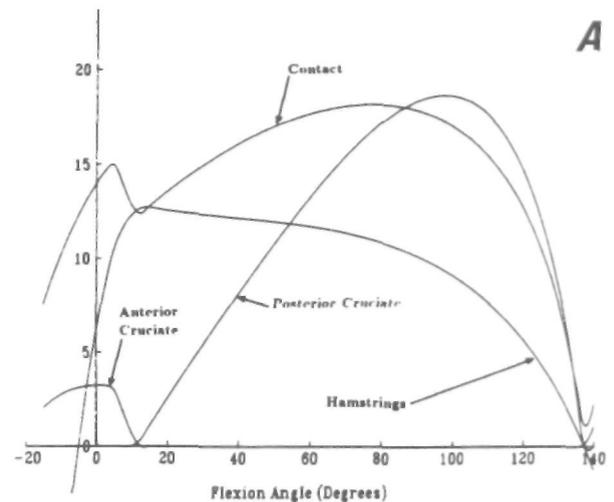


Figura 6. A) Los ejercicios de isquiotibiales no son peligrosos excepto cerca de la extensión. [De O'Connor y cols. (33); usado con permiso]. B) Ejercicios isotónicos de isquiotibiales, posición de comienzo en ligera flexión para no sobrecargar el LCA.

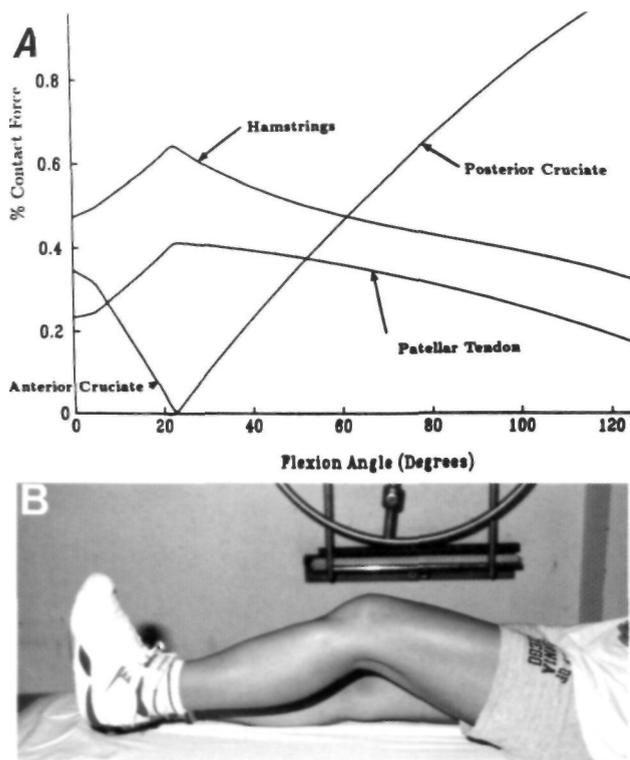


Figura 7. A) A 22° la contracción isométrica simultánea de cuádriceps e isquiotibiales no deforma el LCA. [De O'Connor y cols. (32), usado con permiso]. B) Cocontracción de cuádriceps e isquiotibiales a 20° de flexión de la rodilla.

cios de isquiotibiales y cuádriceps no suponía un estrés sobre el LCA (Fig. 7). Yasuda y Sasaki (37) establecieron como ángulo de seguridad para los ejercicios de co-contracción 17,2°. Se puede concluir a nivel clínico que los ejercicios de co-contracción se pueden realizar con seguridad a 20° de flexión de la rodilla (Fig. 7).

La electroestimulación (Fig. 8), que nosotros realizamos con el Compex® (atm, S.A., Valencia), se ha mostrado eficaz en la rehabilitación inicial del cuádriceps al disminuir el reflejo postoperatorio de inhibición del mismo y en la ganancia de resistencia y mejora en la tolerancia al dolor durante las primeras seis semanas, cuando el músculo es anormal y su contracción no es efectiva (2). Una vez obtenida una contracción muscular satisfactoria, la electroestimulación puede suprimirse.

Existen diversos tipos de ejercicios de contracción del cuádriceps: isométricos, isotónicos (concéntricos y excéntricos), isocinéticos y pliométricos. Las contracciones isométricas del cuádriceps ya se pueden iniciar dentro de las primeras 24-28 horas después de la cirugía, iniciándolas con el paciente en posición de sentado (21). Pasquini y col. (38) aconsejan

realizar las contracciones isométricas máximas del cuádriceps por los menos a 70° de flexión, aunque también subrayan que el aumento de la fuerza, aunque más limitada, también puede obtenerse con contracciones submáximas. Con las contracciones isométricas se limitan las adherencias a nivel del fondo de saco subcuádriceps y de los alerones rotulianos, se impide el bloqueo del deslizamiento de los planos musculares y se obstaculizan los fenómenos de éstasis (38). La fase isotónica comienza, una vez es posible la movilidad articular activa (12). Ahora bien, cuando se realicen ejercicios isotónicos de extensión contra-resistencia se recomienda la situación proximal de la misma (Fig. 9), y no en el tobillo, para minimizar la tensión sobre el LCA (38, 39), excluyendo el arco de movimiento de 0° a 30° por los motivos antes expuestos (21). Los ejercicios isotónicos de alta resistencia en la extensión terminal no deberían ser realizados hasta pasados por lo menos 12 meses de la intervención (40). La fase isocinética comienza una vez que el paciente es capaz de realizar ejercicios isotónicos con un 10% del peso corporal (12). Este último tipo de ejercicios precisan de un aparato caro, sofisticado y de difícil manejo, siendo bastante complicado disponer de dicha técnica en nuestro entorno. Si se dispone de él, es además de un método ideal para la potenciación en el medio deportivo, un método de valoración para indicar el punto de retorno a la actividad deportiva. Existe ya un consenso general sobre que éste se produce cuando en un test isocinético el miembro afecto alcanza el 85% o más (41) de la potencia del sano. Cuando se ha alcanzado ciertos grados de potencia muscular y de flexibilidad es importante la realización de ejercicios pliométricos (conjunción de ejercicios excéntricos y concéntricos realizados de forma explosiva) que comienzan habitualmente en fases avanzadas del proceso de rehabilitación, próximo al retorno a la actividad deportiva.

La reeducación temprana del cuádriceps es el punto más controvertido y delicado. Las técnicas más usadas para conseguirlo y proteger la plastia al mismo tiempo son: co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales, ejercicios de cadena cinética cerrada, potenciación muscular con la pierna en rotación externa y colocación de la resistencia proximalmente sobre la tibia en la potenciación contrarresistencia progresiva.

c4) Infiltraciones con anestesia local

La existencia de dolor (a nivel de la bolsa adiposa infrapatelar de Hoffa, portales de la artroscopia, a nivel peripaternal, o posteromedial) en la tercera semana del postoperatorio, que se incrementa con la

rehabilitación, puede ser debida a una contractura que se está desarrollando siempre y cuando se haya descartado previamente una distrofia simpático refleja (2). En estos casos, puede ser útil la infiltración con anestésico local (2) previamente al inicio de la sesión de rehabilitación.

d) Prevención de la propensión al espasmo de los flexores de la cadera, isquiotibiales, gemelos y sóleo. Ejercicios de flexibilidad

La disminución del arco de movilidad de la rodi-

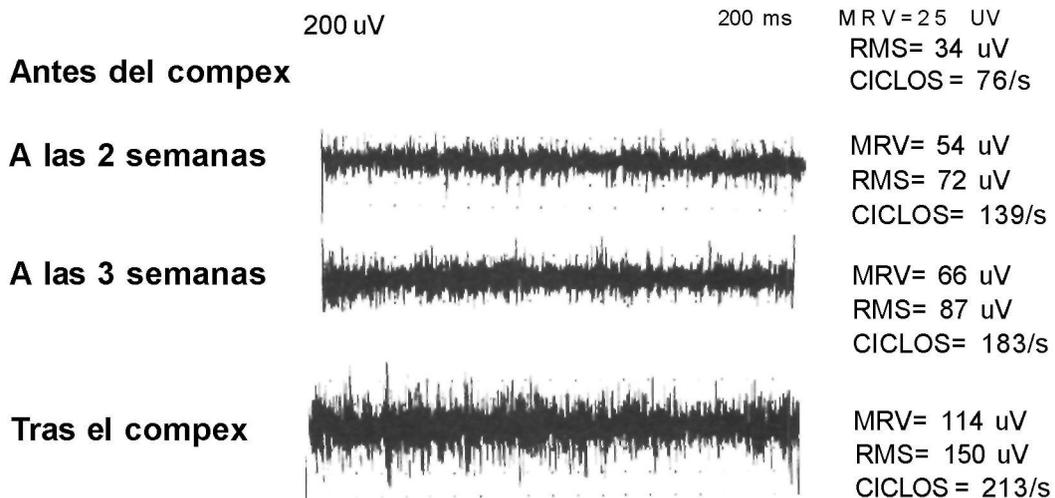
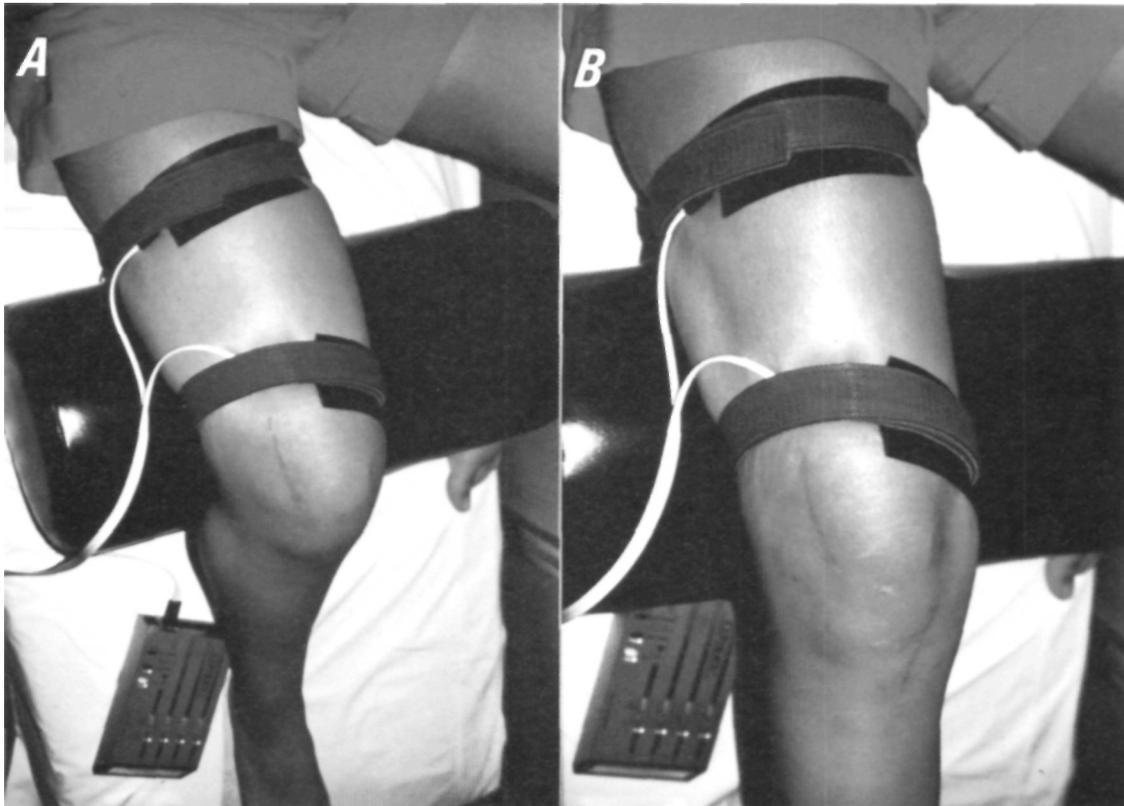


Figura 8. Electroestimulación con Compex® : A) cuádriceps en relajación, B) cuádriceps contraído, C) control EMG de la contracción del vasto interno (MRV: media rectificada de voltaje, RMS: raíz cuadrada de la media cuadrática).

lla (especialmente la falta de extensión) y la deambulacion sin soporte completo del peso apoyando sólo el antepie, favorecen el acortamiento de los músculos flexores de la cadera, isquiotibiales, gemelos y sólo. Esta es la razón por la que, en todos los programas de rehabilitación, se incluyen de forma sistemática los ejercicios de flexibilidad o de estiramiento (11) (Fig. 10), que ya se pueden iniciar al final de la primera semana (2). En este sentido hay que destacar la importancia del espasmo de los isquiotibiales en el bloqueo de los últimos grados de extensión, y la importancia que tienen por lo tanto los ejercicios de estiramiento de isquiotibiales. Además esta contractura en flexión de la rodilla se vé agravada por la hiperactividad de los isquiotibiales sobre el cuadriceps en los pacientes con deficiencia del LCA (42).

Para prevenir la contractura en flexión de cadera-rodilla-tobillo, se harán ejercicios de estiramiento de forma sistemática.

e) Prevención de la rotura de la plastia. Protección

el) Deambulación asistida

Hasta hace poco tiempo, la mayoría de los cirujanos ortopédicos no permitían el soporte de peso hasta 8 semanas o más después de la reconstrucción del LCA. La tendencia actual es permitir la carga tan pronto como sea tolerada por el paciente en las reconstrucciones intraarticulares en las que se ha utilizado H-T-H como sustituto del LCA lesionado (2, 4, 5, 9). A la sexta semana postoperatoria se suele abandonar la utilización de bastones.

Uno de los motivos por el que es importante promover el soporte de peso es porque esto es necesari-

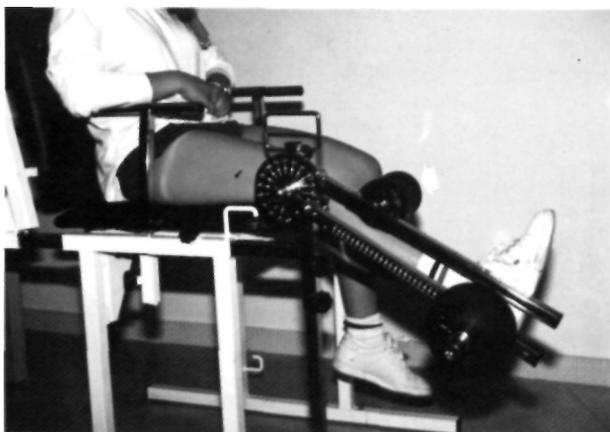


Figura 9. Ejercicios isotónicos de cuadriceps contrarresistencia. Obsérvese la situación proximal de la resistencia (flecha).

rio para que el cartílago articular mantenga su integridad biomecánica (12). Sin embargo, los movimientos musculares necesarios para controlar la rodilla durante la deambulación son importantes y pueden interferir con el proceso de curación del ligamento. A pesar del desarrollo de ortesis postoperatorias, de eficacia dudosa, la utilización de bastones es nuestro mejor aliado para controlar estas fuerzas.

La cantidad de carga permitida se rige por el principio de la máxima tolerada por el paciente, proporcionando las ayudas necesarias en cada momento.

e2) Ortesis postoperatorias (rodilleras funcionales)

La mayoría de los protocolos postoperatorios incluyen el uso de ortesis rehabilitadoras diseñadas para proporcionar una movilidad precoz y controlada de la rodilla. Existen diferentes conceptos dentro de las rodilleras funcionales: a) rodilleras con topes de extensión en la bisagra articulada (v gr. rodillera funcional preadaptada triaxial MagnumLite® —Promedex S.L., Valencia—) (Fig. 11) y b) rodilleras con bisagra mecánica de desplazamiento de eje que desarrollan una fuerza de cizalla que se opone activamente a la subluxación anterior de la tibia cuando la pierna se extiende desde 30° de flexión a la extensión total (Rodillera Bledsoe Proshifter® —atm, S.A., Valencia—) (Fig. 12).

El objetivo principal de las ortesis postoperatorias es pues minimizar la tensión de la plastia intraarticular, protegiéndola durante el periodo de remodelación. No obstante, la utilización de las mismas sólo es eficaz para reducir las cargas bajas repetitivas con que se enfrenta el LCA durante las actividades de la vida diaria (43). Además tienen un efecto psicológico beneficioso y supuestamente un efecto propioceptivo (43). Este efecto propioceptivo se podría explicar de la misma forma que en las técnicas de facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP) la mano del fisioterapeuta estimula los receptores de la sensibilidad superficial y profunda ayudando al enfermo a percibir más fácilmente la posición espacial del miembro. No hay estudios que demuestren la supremacía de unas rodilleras sobre otras, así mismo, harán falta más estudios para determinar el valor real de las ortesis en el tratamiento postoperatorio (2, 43-45).

A pesar de que las rodilleras postoperatorias no proporcionan una protección total de la plastia, parece recomendable su uso por aportar aferencias sensitivas que mejoran la propiocepción.

f) Prevención de la rigidez en flexión. Restricción inicial de los últimos grados de extensión vs recuperación inmediata de la extensión

Aunque clásicamente se ha limitado la extensión de la rodilla en las primeras semanas del postoperatorio tras las sustituciones intraarticulares del LCA,

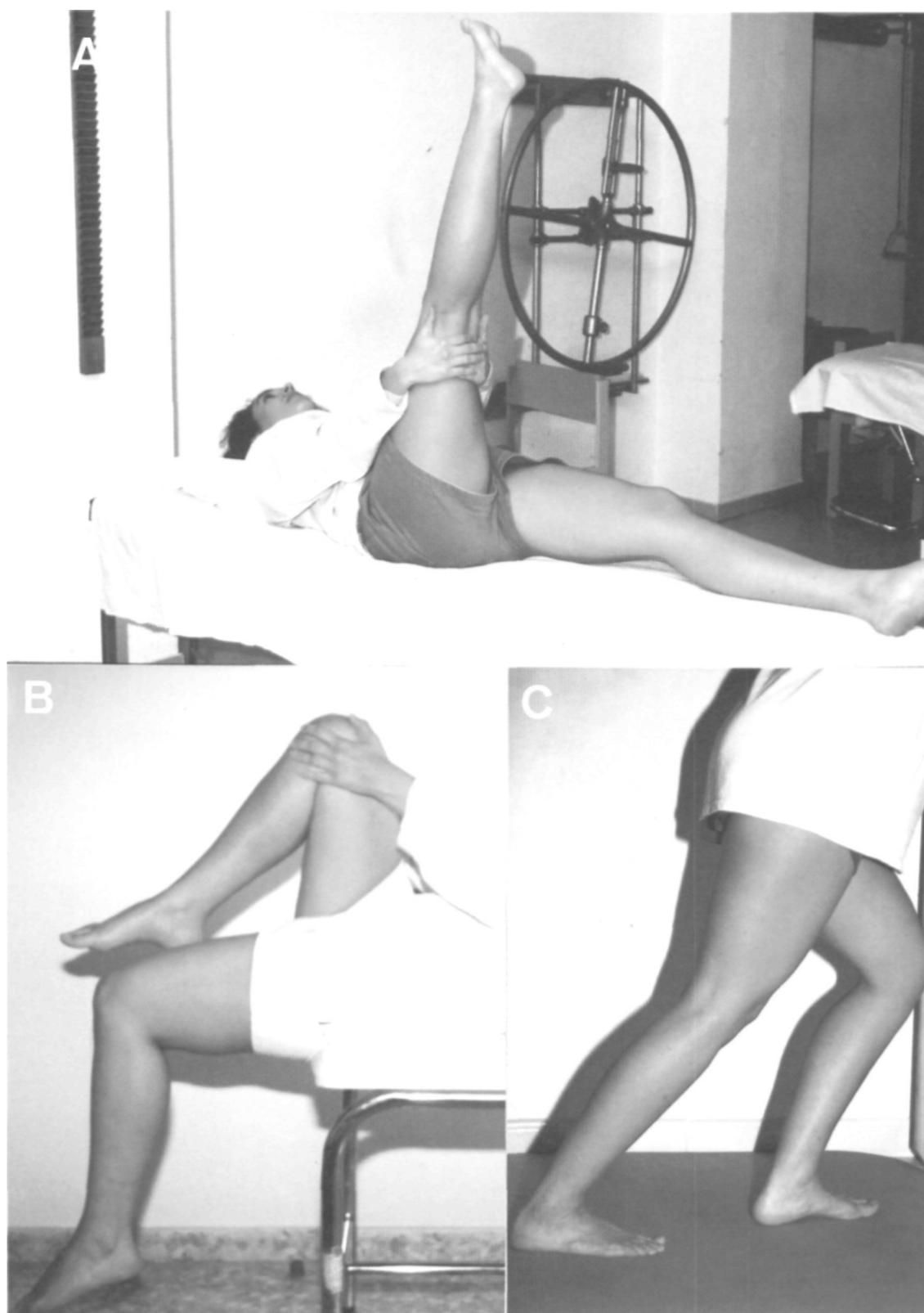


Figura 10. Ejercicios de flexibilidad o de estiramiento: A) isquiotibiales, B) flexores de la cadera, C) soleo.

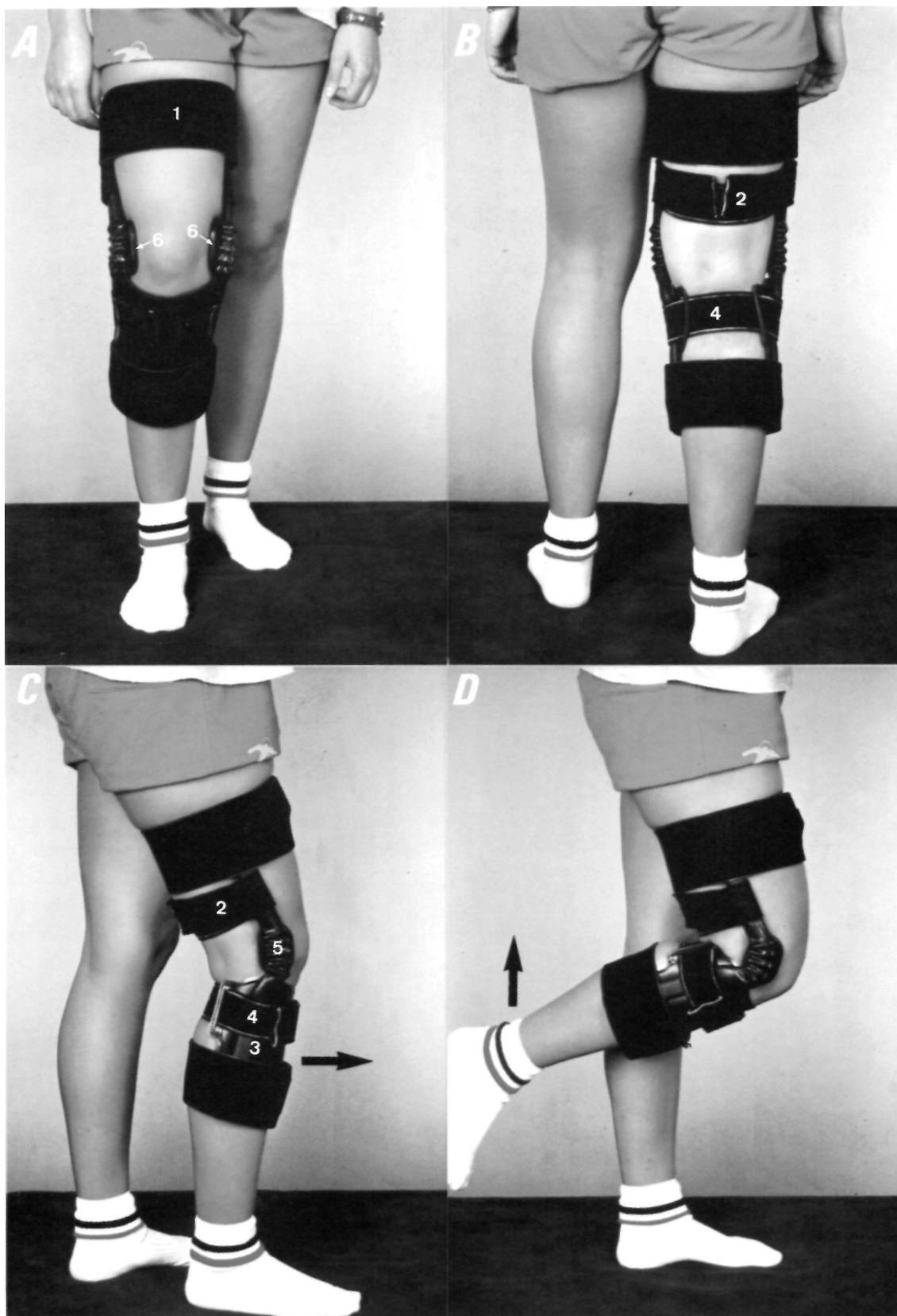


Figura 11. Rodillera funcional preadaptada Magnum^f. Banda femoral anterior (1) que sujeta los tejidos blandos, banda femoral posterior (2) que frena el desplazamiento posterior del fémur, concha tibial anterior (3) y sistema de bandas (4) que resisten el desplazamiento giratorio, bisagra (5) con topes de extensión (C) y flexión (D) y almohadillas condíleas (6).

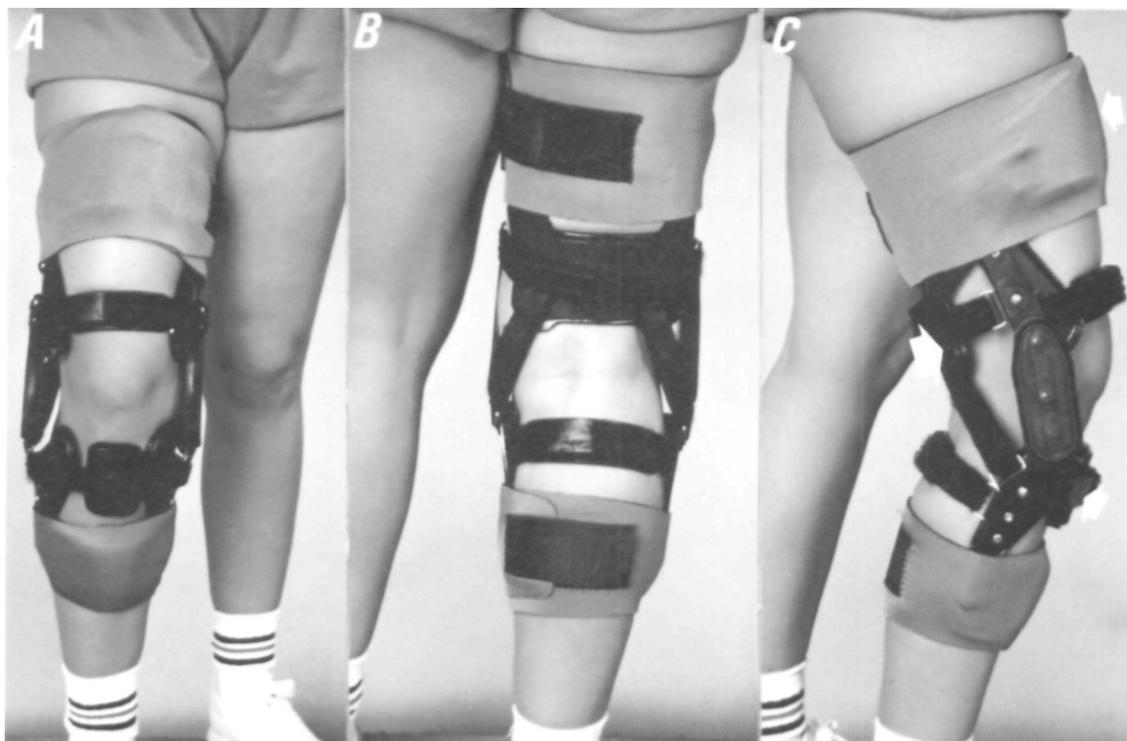


Figura 12. Rodillera deportiva de LCA «Bledsoe Proshifter»® . Sistema de fuerza de tres puntos (flechas).

la tendencia actual es recuperarla lo más pronto posible en el postoperatorio inmediato (4, 5, 9, 21) para prevenir la proliferación de tejido cicatricial en la escotadura intercondílea y la contractura de la cápsula posterior (46). Está demostrado, que así como el grado de limitación de la flexión no tiene resultados adversos en aquellos pacientes que precisan manipulación bajo anestesia general por disminución del arco de movilidad tras cirugía intra-articular del LCA, la severidad del déficit de extensión antes de la manipulación sí que tiene efectos adversos en la cantidad de extensión final conseguida (25). Por esto pensamos que en el proceso de rehabilitación nos debemos preocupar en conseguir una extensión completa durante las primeras semanas tras la cirugía (25). Vamos a estudiar diferentes técnicas para conseguir este objetivo, puesto que de no conseguirse serían necesarios utilizar procedimientos más invasivos como son la manipulación bajo anestesia o el desbridamiento artroscópico (21).

En un estudio realizado por Daniel en el Kaiser Medical Center de San Diego (California), se comprobó que con la inmovilización enyesada durante 3 semanas con la rodilla en 30° de flexión, seguida de ortesis con tope de extensión de 30° durante 2 semanas más, el 29% de los pacientes presentaban un déficit de la extensión de más de 5° un año des-

pués de la cirugía. Por este motivo, Daniel y Stone (4) empezaron a utilizar ortesis estabilizadoras en extensión (v. gr. Rodillera ajustable Bledsoe® —atm, S.A., Valencia—) (Fig. 13) día y noche durante las primeras dos semanas y nocturna la tercera y cuarta semanas del postoperatorio, junto a un programa de movilización activa, con lo cual el porcentaje de contractura en flexión de más de 5° al año de la intervención se redujo al 8%, sin efectos negativos sobre la estabilidad de la rodilla. Si tenemos en cuenta que la limitación en la extensión es una de las complicaciones más frecuentes tras la cirugía del LCA (47); que un déficit de extensión igual o mayor de 10° produce cambios patológicos en el cartílago articular e interfiere con una deambulación normal (27) y que existe una correlación estadísticamente significativa entre contractura en flexión de más de 5° y dolor femoropatelar, debilidad del cuádriceps y alteración del «índice de salto» (47), se comprende que lo ideal es recuperar de forma inmediata la extensión. Un emplazamiento isométrico del injerto, permite al paciente obtener un arco completo de movilidad temprano sin causar una excesiva tensión en el mismo, por lo que el hecho de mantener la rodilla en extensión completa en el postoperatorio inmediato no es perjudicial para el implante. Ahora bien, una hiperextensión sí que debería ser evitada (36).

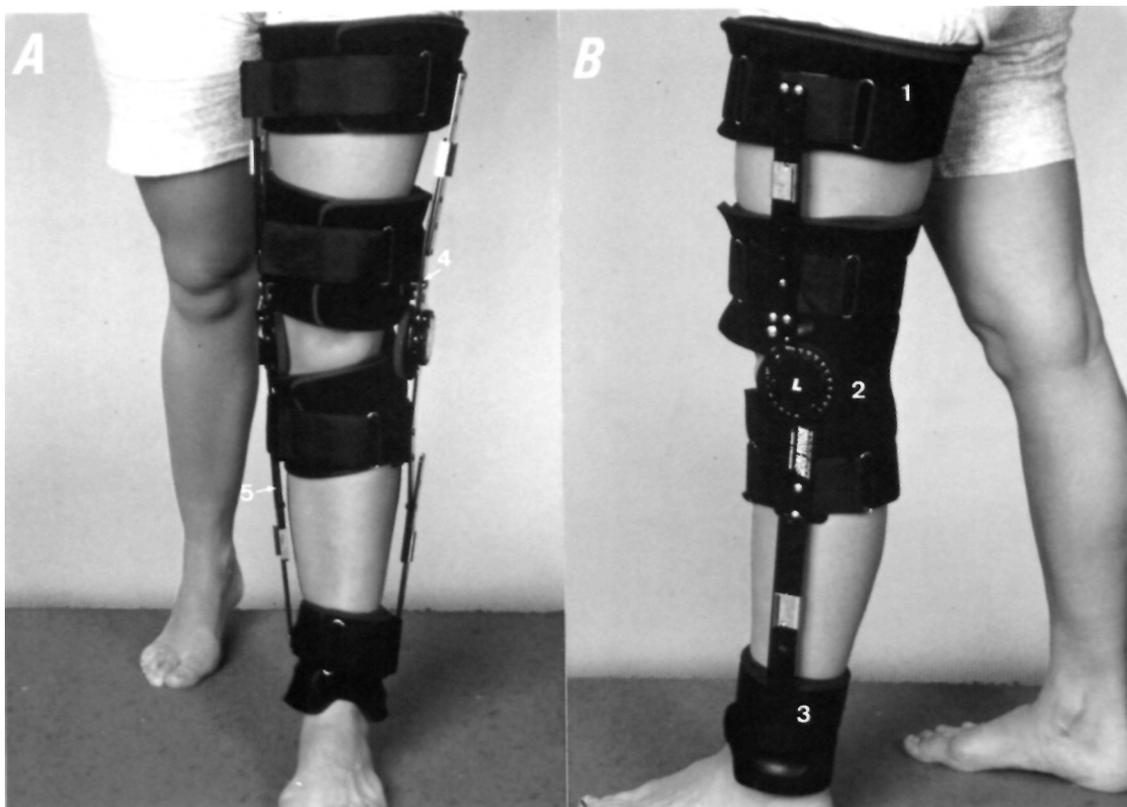


Figura 13. Rodillera ajustable Bledsoe® . Foam superior del muslo (1), foam de la rodilla (2), foam del tobillo (3), bisagra lateral (4) y bisagra medial (5).

Shelbourne y Nitz (5) también recomiendan obtener una extensión completa temprana enfatizando la importancia de los ejercicios de cadena cinética cerrada que se llevan a cabo aplicando el pie sobre una superficie (suelo, pedal, etc.) y soportando carga (v. gr. escalera mecánica, bicicleta estática, ejercicios de extensión terminal usando un escalón, etc.). Por el contrario, cuando la extremidad inferior no experimenta la fuerza reactiva del suelo de forma continua hablaremos de ejercicios de cadena cinética abierta (caminar, correr). En los ejercicios de cadena cinética cerrada, la articulación de la rodilla soporta una fuerza de compresión por la carga, que proporciona una estabilidad articular (35), a diferencia de los ejercicios de cadena cinética abierta donde el pie está libre y predominan las fuerzas de cizallamiento (subluxación anterior de la tibia) sobre las de compresión (48). Además, al realizar los ejercicios cerca de la extensión completa, el estrés que soporta la articulación patelofemoral es inferior si lo comparamos con los ejercicios de cadena cinética abierta que se realizan entre los 30° y 90° de flexión. La no sobrecarga de la articulación patelofemoral es especialmente importante en aquellos pacientes con patología previa de dicha articulación,

la cual es recomendable objetivar previamente a la intervención quirúrgica. Estos ejercicios se pueden realizar tan pronto como sea posible el soporte de peso completo, sin menoscabo de la estabilidad de la rodilla (5). DeMaio y cols. (3) recomiendan la realización de cuclillas (Fig. 14), pues con la rodilla en flexión de 30° o más y el tronco en flexión de 30° o más predomina la fuerza de cizalla posterior sobre la tibia (49) o las cuclillas contra la pared. Por el contrario, estos mismos autores (2) no recomiendan los ejercicios de prensa de pierna, a pesar de ser ejercicios de cadena cinética cerrada, pues piensan que es posible que se produzca un desplazamiento anterior de la tibia. No obstante Daniel (comunicación personal) y Shelbourne (5) sí que incluyen en su programa de rehabilitación los ejercicios de prensa de pierna.

Noyes y cols. (21), en aquellos casos con un déficit de extensión de 10° o más en el séptimo día postoperatorio, comienzan con un programa de suspensión de peso de 5-9 Kg. sobre la cara anterior de la rodilla 10-15 minutos, durante 6-8 veces diarias que se incrementarán de forma progresiva. Si en la cuarta semana del postoperatorio no han ob-

tenido la extensión completa, se pone en marcha un programa de yesos en extensión de corrección progresiva, con cuñas insertadas posteriormente cada 12-24 horas para alcanzar de forma gradual la extensión completa. Este tratamiento duraba 36-48 horas para evitar una pérdida de la flexión de la rodilla, aunque durante 7-10 días se usaban ortesis nocturnas para mantener la extensión de la rodilla (21).

Klootwyk y cols. (9) recomiendan la misma tarde la operación la colocación de un rodillo por debajo del tobillo para permitir a la rodilla que se relaje en extensión 10 minutos cada hora. También se puede añadir un peso de aproximadamente 1 Kg. sobre la cara anterior del tercio proximal de la tibia.

Todos los autores coinciden en la importancia de conseguir una extensión completa. Las técnicas descritas para conseguirla son muy variadas, y todas ellas igual de válidas.

g) Restaurar la marcha normal. Recuperación de la propiocepción

La fase de recuperación propioceptiva tiene una importancia fundamental en el proceso de rehabili-

tación tras la cirugía del LCA, pues la potenciación muscular de forma aislada no es suficiente para que el paciente deje de experimentar una sensación de inestabilidad. Tengamos en cuenta que el LCA es un órgano sensorial que proporciona información propioceptiva y que es punto de partida de reflejos musculares estabilizadores dinámicos protectores de la rodilla y que con su rotura esta función sensorial queda anulada. Todos hemos podido constatar en ocasiones, que después de una reparación satisfactoria y una buena tensión del implante, tras una reconstrucción intra-articular del LCA, el paciente aqueja inestabilidad de la rodilla con los giros, aunque ésta no se subluje en la exploración clínica. Por el contrario, pacientes con laxitud ligamentosa residual después de la intervención vuelven sin problemas a practicar su actividad deportiva. En este sentido, Barrett (50) piensa que el éxito después de la reconstrucción del LCA no depende directamente de la tensión y resistencia del implante sino más bien de la recuperación de la función propioceptiva. Así cabe destacar, el estudio de Beard y cols. (51) que piensan que la inestabilidad funcional experimental por el paciente puede ser debida en parte a la pérdida de la propiocepción.

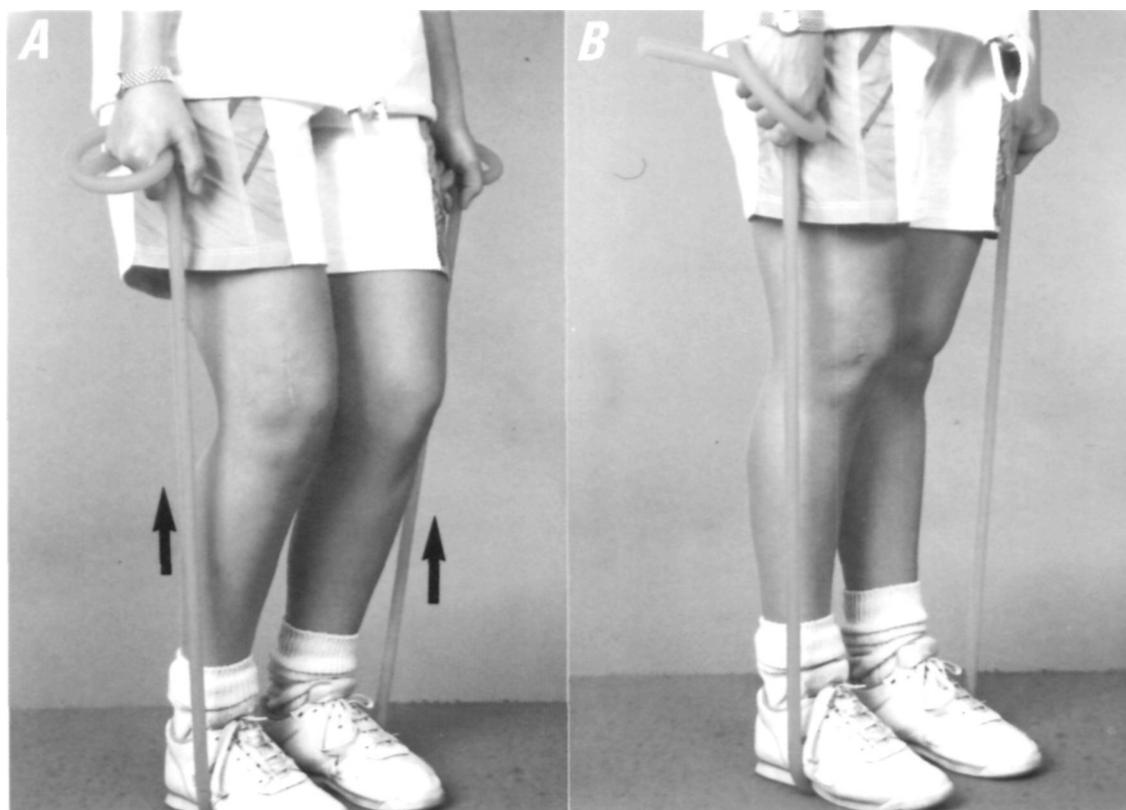


Figura 14. Ejercicios de cadena cinética cerrada. Mini-squat contrarresistencia. A) rodilla a 30° de flexión, B) extensión completa.

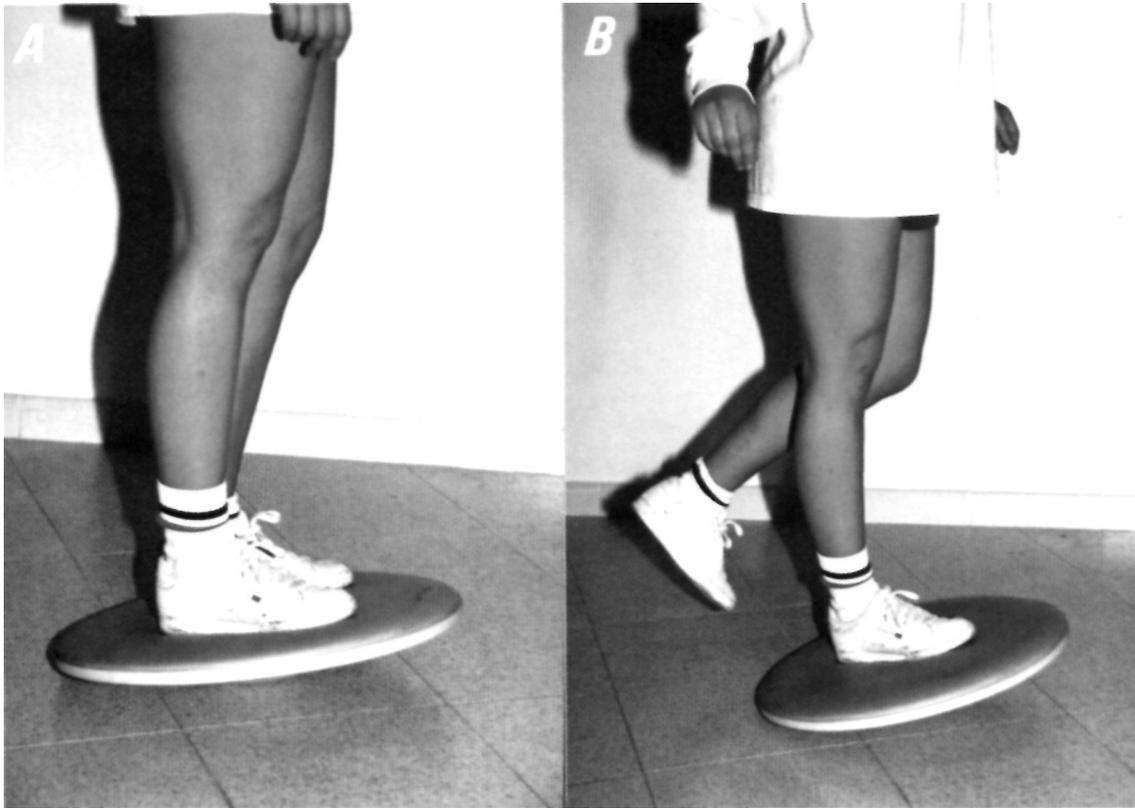


Figura 15. Ejercicios de propiocepción usando la tabla de Freeman. A) apoyo bipodal, B) apoyo unipodal.

Los ejercicios propioceptivos (Fig. 15) se realizan en apoyo bipodal primero y después de 3 semanas de carga total y libre, se comienza en apoyo unipodal sobre la pierna operada utilizando aparatos cada vez más inestables (38). Para este tipo de ejercicios se utiliza habitualmente las tablas de equilibrio de Freeman. También son eficaces para este fin las técnicas de facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP).

Para la recuperación de los patrones de marcha normales son imprescindibles los ejercicios propioceptivos: tablas de equilibrio y FNP

OBJETIVO FINAL: RETORNO A LA ACTIVIDAD DEPORTIVA. ¿CUANDO?

Las lesiones del LCA afectan a un grupo de población, gente joven que practica deporte, y el objetivo final del tratamiento de estas lesiones es el retorno a la actividad deportiva al mismo nivel y categoría que antes de producirse la lesión. Ahora bien, el momento en que el deportista puede volver a la actividad deportiva es controvertido. Hasta hace pocos años la mayoría de los cirujanos no permitían el retorno a la actividad deportiva hasta pasado el año. Sin em-

bargo, la tendencia actual es iniciar de forma más temprana la actividad deportiva.

Shelbourne y Nitz (5) autorizan el retorno a la actividad deportiva entre el 4.º y 6.º mes. DeMaio y cols. (6) inician el retorno al deporte sobre el 9.º mes aunque en deportistas de élite permiten la vuelta al deporte al 6.º mes. Daniel en el año 1990 autorizaba la actividad deportiva a partir del 13.º mes (4) aunque actualmente (D. Daniel —comunicación personal—), la autoriza a partir del 9.º mes. Ahora bien, estos autores resaltan la importancia de utilizar H-T-H implantado isométricamente y fijado de forma rígida. Si tenemos en cuenta que el 25% de las roturas del implante tienen lugar entre el 6.º y 12.º mes y que pocos pacientes sufren roturas del implante entre los 12 y 24 meses se puede decir que lo aconsejable sería el retorno a la actividad deportiva a partir del 12.º mes (36), aunque en deportistas profesionales de élite se podría acelerar el retorno a la actividad deportiva (6-7 meses) sin efectos perniciosos a largo plazo (6, 52).

Es importante antes de volver a la actividad deportiva hacer un programa para el restablecimiento de la resistencia cardiovascular perdida durante un periodo de inactividad prolongado (17).

CONCLUSION

Podemos concluir diciendo que la rehabilitación tras la reconstrucción intraarticular del LCA es una mezcla de ciencia y empirismo. Creemos que no se debe ser rígido a la hora de aplicar un protocolo, sino que se debe individualizar, pues cada paciente presenta una problemática propia y no sería correcto prescribir los ejercicios basados sólo en el número

de semanas transcurridas desde la cirugía. La puesta en práctica de forma indiscriminada de protocolos de rehabilitación agresiva puede representar un gran peligro, por lo que pensamos que cirujano, rehabilitador y fisioterapeuta deben desarrollar un programa de rehabilitación propio basado en las bases científicas expuestas más que en el ansia de obtener una funcionalidad inmediata y una vuelta temprana a la actividad deportiva.

Bibliografía

1. **Sanchis-Alfonso V, Monteagudo-Castro C, Gomar-Sancho F.** Replacement of the anterior cruciate ligament using a cryo-preserved tendon allograft. A long-term histologic study in the rabbit. *Am J Knee Surg* (En prensa).
2. **Mangine RE, Noyes FR, DeMaio M.** Minimal protection program: advanced weight bearing and range of motion after ACL reconstruction weeks 1 to 5. *Orthopedics* 1992; 15: 504-15.
3. **DeMaio M, Mangine RE, Noyes FR, Barber SD.** Advanced muscle training after ACL reconstruction: weeks 6 to 52. *Orthopedics* 1992; 15: 757-67.
4. **Daniel DM, Stone ML.** Cases studies. En: Daniel D, Akeson W, O'Connor J, editor. *Knee ligaments. Structure, function, injury and repair.* New York: Raven Press 1990; 31-55.
5. **Shelbourne KD, Nitz P.** Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1990; 18: 292-9.
6. **DeMaio M, Noyes FR, Mangine RE.** Principles for aggressive rehabilitation after reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Orthopedics* 1992; 15: 385-92.
7. **Shelbourne KD, Wilckens JH, Mollabashy A.** Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction. The effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *Am J Sports Med* 1991; 19: 332-6.
8. **Mohtadi NGH, 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.
9. **Klootwyk ThE, Shelbourne KB, DeCarlo MS.** Perioperative rehabilitation considerations. *Operative Techniques in Sports Medicine* 1993; 1: 22-5.
10. **Viosca E, Ortuño MA, Ashi SA, Girona G, Bea M, Cuello E, Vicent E.** Rehabilitación tras cirugía reconstructora del LCA: Fundamentos biomecánicos. *Rehab Fis* 1992; 3: 10-5.
11. **Sweitzer RW, Sweitzer DA, Saraniti AJ.** Rehabilitation for ligament and extensor mechanism injuries. En: Scott WN, editor. *Ligament and extensor mechanism injuries of the knee. Diagnosis and treatment.* St. Louis: Mosby Year Book 1991; 401-33.
12. **Paulos LE, Payne FC, Rosenberg ThD.** Rehabilitation after anterior cruciate ligament surgery. En: Jackson DW, Drez D Jr editor. *The anterior cruciate deficient knee.* St Louis: The CV Mosby Company 1987; 291-314.
13. **Salter RB, Simmonds DF, Malcolm BW.** The biological effect of continuous passive motion of the healing of full-thickness defects of articular cartilage. *J Bone Joint Surg* 1980; 62A: 1232-51.
14. **O'Driscoll SW, Kumar A, Salter RB.** The effect of continuous passive motion on the clearance of a hemarthrosis from a synovial joint. *Clin Orthop* 1983; 176: 305-11.
15. **Krippaehne WW, Hunt TK, Jackson DS, Dunphy JE.** Studies on the effect of stress on transplants of autologous and homologous connective tissue. *Am J Surg* 1962; 104: 267-72.
16. **Klein L, Lunseth PA, Aadalen RJ.** Comparison of functional and non-functional tendon grafts. Isotopic measurement of collagen turnover and mass. *J Bone Joint Surg* 1972; 54A: 1745-53.
17. **Harris AK, Stopak D, Wild P.** Fibroblast traction as a mechanism for collagen morphogenesis. *Nature* 1981; 290: 249-51.
18. **Gieck JH, Saliba EN.** El entrenador y la rehabilitación. En: Kulund DN, editor. *Lesiones del deportista.* Barcelona: Salvat Editores SA 1990; 165-237.
19. **Noyes FR, Mangine RE, Barber SD.** Early knee motion after open and arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1987; 15: 149-60.
20. **Arms SW, Pope MH, Johnson RJ, Fischer RA, Arvidsson I, Eriksson E.** The biomechanics of anterior cruciate ligament rehabilitation and reconstruction. *Am J Sports Med* 1984; 12: 8-18.
21. **Noyes FR, Mangine RE, Barber SD.** The early treatment of motion complications following reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop* 1992; 277: 217-28.
22. **Drez D, Paine RM, Neuschwander DC, Young JC.** In vivo measurement of anterior tibial translation using continuous passive motion devices. *Am J Sports Med* 1991; 19: 381-27.
23. **O'Meara PM, O'Brien WR, Henning CE.** Anterior cruciate ligament reconstruction stability with continuous passive motion. The role of isometric graft placement. *Clin Orthop* 1992; 277: 201-9.
24. **Arvidsson I, Arvidsson H, Eriksson E, Jansson E.** Prevention of quadriceps wasting after immobilization: an evaluation of the effect of electrical stimulation. *Orthopedics* 1986; 9: 1519-28.
25. **Sanchis Alfonso V, Gastaldi Orquin E, Subías López A, Monteagudo Castro JC, Vila Sanchis V.** Complicaciones de la cirugía del ligamento cruzado anterior. Estudio retrospectivo de 300 casos. *Rev Ortop Traum* 1993; 37: 16-23.
26. **Rackemann S, Robinson A, Dandy DJ.** Reconstruction of the anterior cruciate ligament with an intra-articular patellar tendon graft and an extra-articular tenodesis. Results after six years. *J Bone Joint Surg* 1991; 73B: 368-73.

27. **Salter RB, McNeil R.** Pathological changes in articular cartilage secondary to persistent joint deformity. *J Bone Joint Surg* 1965; 47B: 185.
28. **Marzo JM, Bowen MK, Warren RF, Wickiewicz TL, Altchek DW.** Intraarticular fibrous nodule as a cause of loss of extension following anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 1992; 8: 10.
29. **Noyes FR, Wojtys EM, Marshall MT.** The early diagnosis and treatment of developmental patella infera syndrome. *Clin Orthop* 1991; 265: 241-52.
30. **Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC.** Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am J Sports Med* 1982; 10: 329-35.
31. **Fandrey B, Grunig B, Jakob RP.** Functional rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. En: Jakob RP, Staubli HU, editors. *The knee and the cruciate ligaments*. Berlin: Springer-Verlag 1992; 613-8.
32. **Renstrom P, Arms SW, Stanwyck TS, Johnson RJ, Pope MH.** Strain within the anterior cruciate ligament during hamstring and quadriceps activity. *Am J Sports Med* 1986; 14: 83-7.
33. **O'Connor J, Shercliff T, FitzPatrick D, Bide E, Goodfellow J.** Mechanics of the knee. En: Daniel D, Akeson W, O'Connor J, editors. *Knee ligaments. Structure, function, injury and repair*. New York: Raven Press 1990; 201-37.
34. **Yasuda K, Sasaki T.** Exercise after anterior cruciate ligament reconstruction: The force exerted on the tibia by separate isometric contractions of the quadriceps on the hamstrings. *Clin Orthop* 1987; 220: 275.
35. **Engle RP, Giesen DP.** Anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation. En: Engle RP editor, *Knee ligament rehabilitation*. New York: Churchill Livingstone 1991; 117-34.
36. **Nickel VL, Botte MK, editors.** *Orthopaedic Rehabilitation*. New York: Churchill Livingstone 1992.
37. **Yasuda K, Sasaki T.** Muscle exercise after anterior cruciate ligament reconstruction: Biomechanics of the stimulation isometric contractions method of the quadriceps and the hamstrings. *Clin Orthop* 1987; 220: 266.
38. **Pasquini A, DeFabritis M, Mangia C** La rehabilitación del ligamento cruzado anterior. *Sport & Medicina* 1992; 17: 18-24.
39. **Nisell R, Ericson MO, Nemeth G, Ekholm J.** Tibiofemoral joint forces during isokinetic knee extension. *Am J Sports Med* 1989; 17: 49-54.
40. **Henning CE, Lynch MA, Glick KR.** An in vivo strain gage study of elongation of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 1985; 13: 22.
41. **Barber SD, Noyes FR, Mangine R, DeMaio M.** Rehabilitation after ACL reconstruction: Function testing. *Orthopedics* 1992; 15: 969-74.
42. **Berchuck M, Andriacchi TP, Bach BR, Reider B.** Gait adaptations by patients who have a deficient anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 1990; 72A: 871-7.
43. **Cawley PW, France EP, Paulos LE.** The current state of functional knee bracing research. A review of the literature. *Am J Sport Med* 1991; 19: 226-33.
44. **Woodhouse ML, Shall L, Henderson L, Lambert S, Moses T.** Evaluative testing of functional knee braces in anterior cruciate ligament-deficient limbs. An in vivo study. *Am J Knee Surg* 1992; 5: 108-16.
45. **Pettrone F, Rood C.** A comparative study of brace effectiveness in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Am J Knee Surg* 1992; 5: 117-22.
46. **Enneking WF, Horowitz M.** The intra-articular effects of immobilization on the human knee. *J Bone Joint Surg* 1972; 54A: 973.
47. **Sachs RA, Reznik A, Daniel DM, Stone ML.** Complications of knee ligament surgery. En: Daniel D, Akeson W, O'Connor J, editors. *Knee ligaments. Structure, function, injury and repair*. New York: Raven Press 1990; 505-20.
48. **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.
49. **Ohkoshi Y, Yasuda K, Kaneda K, Wada T, Yamanaka M.** Biomechanical analysis of rehabilitation in the standing position. *Am J Sports Med* 1991; 19: 605-11.
50. **Barrett DS.** Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. *J Bone Joint Surg* 1991; 73B: 833-7.
51. **Beard DJ, Kyberd PJ, Fergusson CM, Dodd CAF.** Proprioception after rupture of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 1993; 75B: 311-5.
52. **Higgins RW, Steadman JR.** Anterior cruciate ligament repairs in elite skiers. *Am J Sports Med* 1987; 15: 434.