



Tienda eFisioterapia.net
<http://www.efisioterapia.net/tienda>
Compra en la web nº1 de Fisioterapia

Tens y electroestimuladores: electroestimulación al mejor precio, camillas de masaje, mecanoterapia, electroterapia, ultrasonidos... y mucho más. Visítanos en <http://www.efisioterapia.net/tienda>

RECONSTRUCCIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR (LCA).FISIOTERAPIA ACELERADA EN SOBRECARGA EXCÉNTRICA

Autor:

Jose Manuel Sánchez Ibáñez

Universidad Internacional de Cataluña (UIC)
 Centro Rehabilitación Deportiva de Barcelona
 cerede@cerede.es
 www.cerede.es

RESUMEN

La lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) representa una de las lesiones de mayor gravedad del deportista, con una incidencia de morbilidad durante el proceso de rehabilitación muy elevada, y hasta el 46% de lesiones musculares en los 6 meses posteriores del inicio de la actividad deportiva. Igualmente en un porcentaje elevado de los pacientes se ha observado prospectivamente una hipotrofia muscular mantenida, en especial del músculo cuádriceps. El objetivo de mi trabajo es ofrecer una nueva metodología de gestión de la rehabilitación del LCA, basada en los beneficios de iniciar de forma temprana el trabajo en sobrecarga excéntrica garantizando la seguridad del paciente y de la plastia. Beneficios que se amplían a la mejora y aumento de la sección transversal del músculo cuádriceps y por lo tanto de hipertrofia muscular y aumento de fuerza, además de un incremento de efectividad de los arcos reflejos secundarios de la rodilla, optimizando la activación neuromuscular para iniciar la actividad competitiva de forma precoz y reduciendo de forma significativa la morbilidad.

PALABRAS CLAVE: *Ligamento cruzado anterior, cadena cinética cerrada, ejercicio excéntrico*

ABSTRACT

The anterior cruciate ligament (ACL) injury represents one of the most serious injury of the athlete, with an incidence of disease during the process of rehabilitation comparatively high, and up to 46% of injuries muscular in the 6 months after the start of the sporting activity. Similarly, in a high percentage of patients has been observed prospectively maintained a muscular hypotrophy, particularly muscle cuádriceps. El goal of my work is to offer a new methodology for managing the rehabilitation of the ACL, based on the benefits of starting so early Work overload eccentric in ensuring patient safety and the plastia. Beneficios extending to the improvement and increase in cross-section of the quadriceps muscle and therefore of muscle hypertrophy and increased strength, in addition to increased effectiveness of arcs reflexes side of the knee, optimize the trigger to start the neuromuscular competitive activity of early and significantly reducing morbidity.

KEY WORDS: *Anterior cruciate ligament, closed kinetic chain, eccentric exercise*

INTRODUCCIÓN

El ligamento cruzado anterior (LCA) de la rodilla, se lesiona cuando la tibia sufre una traslación anterior excesiva respecto al fémur. La rotura del LCA representa el 50% de las lesiones ligamentosas de la rodilla y la mayoría de ellas (70%) se producen sin contacto, el resto se debe a un traumatismo directo (Boden BP et al, 2000). En el primer caso, el mecanismo más frecuente es la desaceleración brusca con la rodilla bloqueada en extensión, con o sin cambio de dirección, o al caer después de un salto. Besier et al (2001) estudian los mecanismos de salida abierta y cerrada determinando el gran peligro de lesión del LCA, LLI y del LLE de la rodilla. El mecanismo de lesión del LCA en salida abierta, se produce por rotación del fémur sobre la tibia (con el pie fijo) durante un movimiento de valgo en el momento flexor, contrareestado por la

acción potente del cuádriceps que anterioriza la tibia respecto al fémur, lesionando al LCA. Los aumentos de los momentos de valgo y varo son determinantes en la posible lesión del LCA (Besier et al 2001). Existe un rango articular en el plano sagital vulnerable a la lesión del LCA y éste se corresponde de 0° a 30° de flexión, rango articular relacionado con la activación retardada neuromuscular de los isquiotibiales (Mandelbaum BR et al, 2005).

Griffin et al (2000), hablan de 80.000 lesiones del LCA al año en EEUU y el 70% de estas lesiones son sin contacto y éstas suponen unos 1000 millones de dolares al año. Rahnema et al (2002), citan una fuente que cifran en aproximadamente 1 billón de libras las pérdidas anuales en el fútbol británico. Woods et al (2002), hablan de pérdidas de hasta 74.7 millones de libras por temporada en la Premier League. Ekstrand J (1983), ya mencionó que las lesiones de rodilla suponen el 18 y 24% de todas las lesiones en el fútbol. Majewski et al (2006), comentan que del total de lesiones deportivas, el 39,8% son de rodilla con una mayor incidencia en la lesión del LCA que supone el 20,3% del total de lesiones. White et al (2003), llegan a la conclusión que la rodilla es la articulación más vulnerable en jugadoras de baloncesto y fútbol. La incidencia de lesión del LCA en la mujer respecto al hombre es de una relación 6-8 a 1 (Griffin et al 2000). En el fútbol profesional en Inglaterra, el 47% de los futbolistas se ha de retirar por una lesión crónica o aguda (Inklaar et al, 1994). Con estos datos podemos afirmar que nos encontramos ante un verdadero problema de salud pública.

La pregunta que nos deberíamos hacer, sería ¿Qué podemos hacer ante este aumento creciente de lesiones deportivas? sólo hay una respuesta lógica y es trabajar en la prevención de lesiones. Para poder diseñar un plan preventivo de lesiones de rodilla óptimo y rentable, debería cumplir tres condiciones: 1) determinar las variables que interactúan en la lesión, sus características y factores de riesgo tanto intrínsecos como extrínsecos y aquellos que sean susceptibles de modificación, 2) poner en práctica nuestras hipótesis de trabajo, siempre fundamentadas con una sólida teoría, 3) investigar en la prevención, diseñando métodos de trabajo y aplicarlos para que las conclusiones extraídas nos ayuden a avanzar en el tema de la prevención (Romero D 2007).

La mayoría de los deportistas que tienen una rotura del LCA experimentan inestabilidad de rodilla durante los deportes en los que es necesario regatear o saltar (Shelton et al, 1997). El tratamiento conservador se reserva principalmente para los pacientes que quieren reducir su nivel de actividad; sin embargo también constituye una opción a corto plazo para los deportistas que cumplen determinadas condiciones. Fu y Schulte (1996), recomendaron las siguientes indicaciones de tratamiento quirúrgico: 1) deportista activo que desea continuar compitiendo, 2) pacientes que presentan lesión del menisco asociado a lesión del LCA, 3) lesión completa asociada a lesión de otro ligamento y 4) pacientes que presentan gran inestabilidad en actividades de la vida cotidiana.

El LCA forma parte de los cuatro ligamentos más importantes de la rodilla, siendo un elemento importante en el control pasivo de la articulación, limitando el desplazamiento anterior de la tibia. Pero además de esta característica mecánica, se le considera un verdadero órgano propioceptivo ya que forma un arco reflejo directo con los músculos isquiotibiales. Es un ligamento intrarticular compuesto principalmente por colágeno tipo I que le proporciona mayor resistencia y tiene una disposición helicoidal, compuesto por dos fascículos bien diferenciados el posterolateral y el anteromedial. Rico en mecanorreceptores de adaptación rápida (Paccini) y adaptación lenta (Ruffini) al igual que de terminaciones nerviosas nociceptivas. Estos mecanorreceptores se encuentran localizados en mayor concentración en las inserciones, que es donde se produce mayor grado de tensión y, por lo tanto, la proximidad de los receptores en las inserciones óseas facilita la activación del reflejo ligamentomuscular. Los elementos anatómicos que protegen al LCA son principalmente los músculos isquiotibiales y muy especialmente el bíceps femoral que tiene un tiempo de latencia menor respecto a sus homólogos ante el reflejo de estiramiento del LCA (Tous-Fajardo et al 2007). Las formas de las superficies articulares femorotibial proporciona cierta estabilidad al ligamento al igual que los ligamentos colaterales y la cápsula articular. Igualmente los meniscos y muy especialmente el cuerno posterior del menisco interno limita el cajón anterior y actúa como órgano propioceptivo creando un arco reflejo secundario con los músculos isquiotibiales.

La reconstrucción del LCA se llevan a cabo con una gran variedad de injertos. Las opciones de autoinjertos típicos son el tercio medio del tendón rotuliano o el tendón doble del semitendinoso y del recto interno del muslo. Entre los aloinjertos están los tendones de Aquiles y rotuliano congelados en fresco. El éxito del tratamiento quirúrgico dependerá de varias variables, en la que dependerá el tipo de fijación; de la tensión suficiente del injerto; de la disponibilidad del injerto en diferentes tamaños; de que no provoque alteraciones inmunológicas; de su esterilidad sin potencial de transmisión infecciosa; de que la extracción en la zona donante no aumente la morbilidad del procedimiento y de que sea duradero durante el tiempo (McGinty JB 1998). No obstante, está indicada la rehabilitación en el preoperatorio para disminuir la inflamación y mejorar la movilidad de la rodilla complementado con un buen refuerzo muscular.

Las directrices para la rehabilitación están estructuradas para ayudar al clínico a conseguir que los

deportistas recuperen su grado de actividad previo a la lesión de la forma más rápida y segura. Las directrices deben basarse en el conocimiento científico actual y seguir unos criterios para la progresión de la rehabilitación. El ritmo de progresión es diferente para cada deportista y depende de la curación individual y del grado de motivación.

Hasta la década de los 90 los protocolos de rehabilitación para la cirugía del LCA eran bastante limitantes, hasta que Shelbourne KD et al (1990) revolucionan la rehabilitación con un protocolo que pretende incorporar a los deportistas a actividades deportivas a las 8 semanas, aplicando un programa que se caracteriza por la rápida recuperación del rango de movimiento y el apoyo casi inmediato.

Biomecánica de la plastia en la reconstrucción del LCA.

A pesar de todos los datos experimentales de que disponemos no sabemos todavía con exactitud cuáles son las tensiones transmitidas al trasplante en la reeducación y en las diferentes actividades físicas. Ninguna de las aportaciones experimentales nos permite saber cuál es la tensión adecuada que ha de recibir la plastia (sin que ello suponga un riesgo) para acelerar su maduración, asegurando que no se distienda o se rompa.

Las cargas axiales estimulan el alineamiento adecuado de las células y favorecen la cicatrización (Beynonn BD et al 2002). Normalmente a los 6 meses para el injerto con HTH y de 3 meses para el injerto con isquiotibiales, las características del trasplante ya son las adecuadas, parecidas a un LCA y similares a las que muestra en 12 meses (Majima et al 2002). Esto lleva al gran debate actual, si ante una correcta rehabilitación, el deportista podría iniciar la actividad competitiva a los 3 meses postcirugía (Roi GS et al, 2005). Estos autores sugieren que el inicio temprano a la competición deportiva después de la reconstrucción del LCA viene favorecido por una serie de factores como el estado físico óptimo antes de la cirugía, una fuerte motivación psicológica, una lesión aislada del LCA, una buena colocación y fijación del trasplante, un volumen e intensidad de ejercicios progresivos y adaptado de forma individual, y una correcta densidad de rehabilitación consistente en una mezcla de gimnasio, piscina y sobre el terreno (Roi GS et al, 2005).

Los progresos logrados en cuanto a la fijación quirúrgica permiten el apoyo de la extremidad inferior en carga total y ofrecen la posibilidad de alcanzar una extensión total de la rodilla en el postquirúrgico inmediato, sin preocuparse por el injerto. Existen estudios que han determinado que tipo de ejercicios someten al injerto a una tensión nociva, indicando que la extensión activa de rodilla en un trabajo de cadena cinética abierta de 0 a 40° puede estirar en exceso al implante. Sin embargo, en otros estudios se demuestra que la magnitud de la elongación es similar a la que se produce durante el apoyo en carga (Beynonn et al, 1997; Escamilla et al, 1998). En la figura 1 se exponen las diferentes tensiones del injerto en distintas actividades físicas.

Actividades vida diaria	ELONGACIÓN %
BICICLETA	7
MARCHA BASTON	14
CCC UNIPODAL	21
MARCHA	36
CARRERA LENTA	61
CARRERA RÁPIDA	89
TEST LACHMAN	100
CARRERA EN DESCENSO	125
ISOMÉTRICO 0-20°	121

Fig. 1 . Grados de elongación en la plastia del LCA en diferentes actividades de la vida diaria. Los recuadros en rojo corresponden a las actividades que debemos tener precaución por su potencial de elongación sobre el implante (adaptado de Amis AA, 1989; Henning CE, 1985; Lewis JL, 1989; Bylski-Austrow DI, 1990).

La plastia va a seguir un proceso biológico de ligamentación que es determinante para poder diseñar un programa correcto de rehabilitación. Este proceso pasa por tres fases que se pueden solapar entre ellas. La primera fase o de repoblación se caracteriza por una revascularización del injerto. Revascularización que le

viene asegurada por las arterias articular media e infero-lateral de la grasa infrapatelar, ligamento mucoso, vasos endóxicos de los túneles femoral y tibial y pliegue sinovial posterior. (Clancy 1981; Arnoczky 1982; Josa et al 1994). La revascularización parece ser rápida, ya que a las tres semanas, se objetiva una revascularización de la superficie de la plastia y los neovasos se hacen endoligamentosos por medio de anastomosis. En esta fase, aparece un aumento importante de neovasos, de la celularidad (células inflamatorias y fibroblastos) y del metabolismo. Esta fase de revascularización se acompaña de una bajada de las propiedades mecánicas durante al menos las seis primeras semanas. La segunda fase o fase de remodelación, que para algunos autores abarca un rango cronológico de 2 a 12 meses y se caracteriza porque la neovascularización pierde protagonismo, donde la celularidad aumenta significativamente hasta llegar a un máximo a los cuatro meses. En esta fase, una estimulación mecánica adecuada será la clave para mantener las propiedades mecánicas adecuadas del implante (Beynonn et al 2002). La última fase o fase de maduración, el número de fibroblastos y la vascularización disminuye y la maduración del colágeno es completa.

Otro aspecto importante a la hora de diseñar un protocolo óptimo de rehabilitación, es el reestablecimiento del control neuromuscular de la rodilla. La lesión del LCA no sólo priva de un fuerte elemento estabilizador, sino que también provoca una denervación parcial de la rodilla, existiendo una pérdida del sistema nervioso aferente intraligamentoso. La ausencia del LCA, determina una disminución notable de la información neurosensorial, propioceptiva y refleja. Aunque también es cierto, que nos podemos beneficiar de los arcos reflejos secundarios para reestablecer este déficit neurosensorial. En ausencia del LCA y durante el primer año de la postcirugía, existe un arco reflejo secundario formado por la cápsula articular y los músculos isquiotibiales (Solomonov 1987). Igualmente se ha comprobado que el cuerno posterior del menisco interno actúa como órgano propioceptivo activando un arco reflejo secundario meniscomuscular ante las fuerzas de traslación anterior de la tibia respecto al fémur.

Rehabilitación óptima de la reconstrucción del LCA

El objetivo de la rehabilitación acelerada en la reconstrucción del LCA es permitir que el deportista pueda volver al mismo nivel de exigencia competitiva garantizando la integridad del trasplante, la estabilidad de la rodilla y la funcionalidad. Pero ¿se puede realizar una rehabilitación acelerada? dependerá principalmente de distintos factores, a destacar entre ellos: 1) la isometricidad de la plastia, 2) la fijación en los túneles, 3) la resistencia del trasplante, 4) la protección del injerto ante resistencias elevadas de cajón anterior, sobre todo en la fase de mayor vulnerabilidad de la plastia y 5) de los efectos beneficiosos de los ejercicios en la remodelación y metabolismo de la plastia. Pero ¿sólo cumpliendo estos parámetros es suficiente?, parece ser que no. Es necesario que además de lo comentado, podamos conseguir: 1) reestablecer la extensión pasiva y la flexión lo más precozmente posible (Shelbourne KD et al, 2005), 2) iniciar un entrenamiento excéntrico temprano para restablecer la fuerza y los distintos sistemas elásticos necesarios para contrarrestar las fuerzas de reacción y mejorar la coordinación neuromuscular (Gerber JP et al, 2007), 3) priorizar el trabajo en cadena cinética cerrada (CCC) sobre el de cadena cinética abierta (CCA), para disminuir las fuerzas de cizallamiento y traslación (Morrissey MC et al, 2000), 4) trabajar dentro del sector óptimo funcional (Dye SF, 2003) e 5) introducir de forma precoz un programa de entrenamiento neuromuscular dinámico para retardar la activación de la musculatura antagonista (cuádriceps, principalmente el recto anterior) del LCA respecto a la musculatura agonista (isquiotibiales). Es decir, conseguir una adaptación neuromuscular debido al déficit neurosensorial que arrastra el injerto (Osborne et al, 2001). El paciente ideal es un deportista joven, motivado y disciplinado, que está dispuesto a hacer sacrificios para llevar a cabo el proceso de rehabilitación acelerada (Shelbourne KD et al, 2005).

Una vez establecidas las directrices basadas en el conocimiento científico actual, describiré las intervenciones durante el proceso de rehabilitación. En la fase inicial o aguda postquirúrgica, los objetivos fundamentales serán recuperar la movilidad completa, disminuir el derrame, retrasar la atrofia muscular y caminar sin dispositivos de ayuda.

Uno de los tratamientos más adecuados para reducir el derrame es mediante la electrocrioterapia compresiva con co-contracción de la musculatura del muslo (fig 2). Se colocan cuatro electrodos directamente sobre la piel o se sumergen en un baño de agua congelada a nivel de la articulación de la rodilla y se aplican corrientes pulsantes de alto voltaje (CPAV) con pulsos de espigas gemelas de gran amplitud (de hasta 500 v) y de corta duración del pulso (50-200µs) que se aplican con una frecuencia de 1-120 espigas por segundo. Hay indicios de que la CPAV inhibe la fuga microvascular, minimizando el edema (Taylor et al, 1997). De forma simultánea, la estimulación motora del cuádriceps favorece la reducción del derrame por el bombeo del músculo, además de minimizar la atrofia muscular en sector óptimo funcional.



Fig 2: Técnica de electro-crioterapia compresiva con co-contracción muscular. El paciente sentado, con la rodilla en flexión y la planta del pie en contacto directo con la pared. Los electrodos de CPAV se colocan a nivel craneal y caudal de la rótula y a nivel latero-medial. La electroestimulación motora se realiza colocando los electrodos en los tres fascículos musculares del cuádriceps. En el momento que la electroestimulación provoca la contracción el paciente debe de realizar una contracción voluntaria maximal (CVM) a la vez que presiona con la planta del pie la pared.

El uso de rodilleras o de vendaje compresivo disminuye el derrame y el hemartros, aunque no hay estudios suficientes ni a largo plazo que apoyen dichas hipótesis (Brandsson et al, 2001). A pesar de ello, en nuestro caso el paciente llevará un vendaje compresivo en "espiga" hasta que el derrame esté controlado.

La recuperación de la extensión completa será uno de los objetivos prioritarios en la fase inicial. La extensión pasiva de 0° a -5° no supone una tensión excesiva al injerto (fig 3). El objetivo de reestablecer el arco de movimiento de forma precoz permite disminuir el dolor; disminuir los cambios adversos al cartílago articular, favoreciendo la nutrición de éste; promueve la cicatrización; previene la retracción cápsular; evita la disminución de la resistencia del colágeno; evita la debilidad u osteoporosis de los túneles de la fijación; previene de adherencias fibro-adiposas y de osteoporosis subcondral (Evans, 1960; Troyer, 1975; Soltem, 1960; WOO, 1984). El fisioterapeuta debe de evaluar las numerosas causas que pueden limitar el movimiento, como la hipomovilidad de la rótula, la inhibición del cuádriceps, la disminución del movimiento accesorio de la articulación femorotibial y la defensa o tirantez muscular.



Fig. 3: Recuperación de la hiperextensión completa durante la 1ª semana del postoperatorio. Si el injerto está implantado adecuadamente en posición isométrica y con la tensión adecuada, la plastia puede resistir las fuerzas aplicadas durante el programa de rehabilitación agresiva (Shelbourne KD. 2005).

Una de las principales preocupaciones es la debilidad intensa y rápida del cuádriceps (Morrisey, 1989). Se puede llegar a perder hasta un 17% de fibra muscular a las 72h. postinmovilización (Lindhoe, 1984). Un volumen de derrame articular de 10-30 ml provoca una inhibición del 60% de fibras musculares. Una disminución del perímetro del muslo del 4% equivale a una disminución del 23% de fibras musculares (Morrisey, 1989). Existe una correlación directa entre déficit de fuerza muscular de modalidad excéntrica de los extensores e inestabilidad funcional (Yoon et al. 2000). Se ha observado un déficit dominante para la fuerza excéntrica respecto a la concéntrica para el mismo grupo agonista. Una atrofia prolongada del cuádriceps favorece la proliferación de adherencias del tejido conectivo (Józsa L et al 1990). En la postcirugía, el déficit del cuádriceps es mayor que los isquiotibiales en una proporción de 2/1. La insuficiencia del cuádriceps tendrá consecuencias negativas, como dolor femoro-patelar, déficit de la extensión y mayor inestabilidad funcional. La recuperación de los isquiotibiales suele ser más rápida, de aproximadamente el 80% a los 2 meses (dominancia de fibras tipo I).

Considerando los hallazgos científicos, los esfuerzos por retrasar la atrofia muscular y facilitar la activación voluntaria del cuádriceps constituye la base de los programas de fortalecimiento progresivo precoz (Sneider-Mackler et al 1991). Un fortalecimiento precoz y satisfactorio del cuádriceps ayudará a recuperar la extensión completa de la rodilla, a reestablecer la movilidad normal de la rótula y a corregir la marcha antiálgica.

En esta primera fase de la rehabilitación ya podemos introducir con seguridad ejercicios de potenciación en cadena cinética cerrada, ya que estos ejercicios son de naturaleza más funcionales y pueden acelerar la reincorporación a la actividad. La ventaja de estos ejercicios es que implican una jerarquía de acciones excéntricas, isométricas y concéntricas (fig 4).

A) B)



Fig.4. Trabajo excéntrico-concéntrico en CCC en sector óptimo de carga mediante sistema excéntrico isoinercial (yoyo® technology). **A)** squat vertical. **B)** squat lateral.



Fig.5. Trabajo excéntrico-concéntrico de isquiotibiales mediante sistema isoinercial (yoyo® technology). Evitamos los últimos grados de extensión para no forzar el injerto en caso de trasplante con isquiotibiales.

En una fase más avanzada de la rehabilitación, entre la 6ª y 8ª semana, el injerto ya se ha integrado a los túneles mediante una fijación secundaria osteo-ligamentosa (Cascio et al 2004). Los objetivos en esta fase son recuperar la movilidad completa de la rodilla, fortalecer la musculatura con gran incidencia en el trabajo excéntrico, introducir entrenamiento neuromuscular dinámico de forma progresiva, mejorar el patrón de la marcha e inicio de la carrera con dificultad progresiva.

Antes de empezar a correr, la fuerza del cuádriceps de la extremidad lesionada debe haber recuperado al menos el 80% de la fuerza respecto al lado sano, y la cicatrización de la plastia debe ser suficiente aproximadamente 8 semanas para la reconstrucción del LCA (fig.6). La carrera empieza sobre una cinta sin fin y progresará hasta la carrera en pista. Las sesiones en pista empiezan corriendo en las rectas y andando en las curvas. La intensidad se va aumentando gradualmente hasta que el deportista es capaz de realizar toda la distancia de la pista. Completar un programa de carrera puede llevar entre 2 y 3 meses.

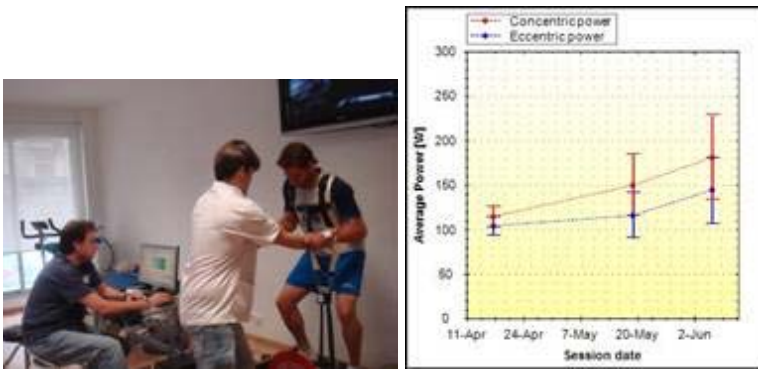


Fig.6 .A) Evaluación computerizada del cuádriceps en CCC.**B)** En la gráfica se puede apreciar la evolución de la fuerza concéntrica (línea en rojo) y la fuerza excéntrica (línea azul) para el cuádriceps, en un deportista operado del LCA.

Autores como Gerber JP et al (2007), han demostrado la importancia de introducir un entrenamiento excéntrico progresivo en la rehabilitación del LCA. Este autor demostró que el grupo tratado mediante ejercicios excéntricos aumentó el doble el volumen y el pico máximo de la sección transversal del cuádriceps y gluteo mayor, comparado con el grupo de rehabilitación estándar. El entrenamiento excéntrico indujo resultados superiores a corto plazo en la fuerza, la funcionalidad y el nivel de actividad después de la cirugía (fig. 7). El trabajo excéntrico en CCC favorece la estabilidad dinámica de la rodilla (Morrissey MC y cols, 2000). Nuevas investigaciones sugieren que el ejercicio excéntrico de isquiotibiales mejora la adaptación neuromuscular (Mandelbaum BR, et al 2005).

A) B)



Fig 7. Trabajo excéntrico de cuádriceps mediante dispositivo isoinercial. **A y B** Squat lateral en sobrecarga excéntrica para el músculo cuádriceps con bloqueo de tobillo para conseguir mayor coordinación neuromuscular en la articulación de la rodilla.

Las máquinas de resistencia inercial (yoyo® technology) pueden ofrecer una resistencia independientemente de la gravedad mediante el uso de las fuerzas inerciales de una polea-rueda especial (fig. 7). El mecanismo se asemeja a un yo-yo, es decir, se moviliza en un principio de forma concéntrica y después el cable que se une a la rueda vuelve a la posición inicial enrollándose sobre sí mismo (Berg, Dudley y Tesch, 1993).

Un aspecto importante a la hora de diseñar un programa de ejercicios excéntricos progresivos es determinar el sector óptimo de carga (SOC) para el LCA. El SOC vendrá determinado por las características biomecánicas de la plastia, permitiéndonos iniciar una fisioterapia precoz para evitar los efectos adversos de la inmovilización; garantizar el campo articular óptimo para proteger la plastia de tensiones excesivas y evitar fuerzas de compresión excesivas en la articulación femoro-patelar. Garantiza realizar un protocolo adecuado de fisioterapia en consecuencia con la biología y biomecánica de la plastia; favorece el estímulo mecánico óptimo para la síntesis y remodelación de colágeno; y provoca un estímulo mecánico a la plastia a tensiones adecuadas, para favorecer la remodelación y realineación de las fibras de colágeno.

RANGO ARTICULAR	TRABAJO EN CCA PARA CUÁDRICEPS	TRABAJO EN CCA PARA	TRABAJO EN CCC PARA MIEMBRO

		ISQUIOTIBIALES	INFERIOR
0°	+++	++	+
30°	++	+	-
60°	+	-	-
90°	-	-	-

Fig 8. Sector óptimo de carga (SOC) del LCA en el reforzamiento muscular de del cuádriceps e isquiotibiales en CCA y CCC (adaptado de Andersen HN et al,1994).+++ tensión excesiva en el injerto;- mínima tensión en el injerto.



A) B)

Fig. 9. Ejercicio en CCC monopodal en sobrecarga excéntrica mediante sistema isoinercial yoyo® technology, en sector óptimo de carga.

El 85% del movimiento humano es aceleración y desaceleración (Davis GJ et al 1988). Teniendo esto presente, el ejercicio en carga inercial antigravitacional provoca que los músculos se comporten de forma rápida y repetitiva en condiciones de aceleración y desaceleración (excéntrico). La introducción temprana del ejercicio isoinercial antigravitacional produce un incremento de la efectividad de la activación nerviosa del músculo y un incremento de la fuerza concéntrica como consecuencia de la transferencia de la energía elástica almacenada en el componente elástico en serie (CES) (Asmussen E, 1974; Enoke R, 1988). El reflejo de estiramiento, actúa para generar más tensión en el músculo que se está estirando (fig. 9 y 10). El reflejo de estiramiento puede incrementar la rigidez del muelle muscular a través del reclutamiento de fibras musculares adicionales, lo que no sería posible con la contracción concéntrica (Chu D et al 1989). El ejercicio excéntrico aumenta el umbral de activación de los órganos tendinosos de Golgi, permitiendo un incremento de la fuerza y la potencia del músculo (Bosco y Komi, 1979).



Fig 10. Trabajo concéntrico-excéntrico de los músculos isquiotibiales mediante el cono excéntrico isoinercial.



Fig 11. Trabajo de aceleración/desaceleración del miembro inferior mediante el cono excéntrico isoinercial.

El entrenamiento dinámico neuromuscular (EDN) se realizará mediante plataformas móviles y dispositivos de perturbaciones (fig.12) .Debido a la carencia prolongada de receptores propioceptivos en la plastia, la estabilidad mecánica de la rodilla debería ser reforzada por la estabilidad neuromuscular (Ochi M y cols,1999).El entrenamiento neuromuscular específico tiene un beneficio directo en la mejora del control neuromuscular (Mandelbaum BR,et al,2005).El tiempo de reacción muscular se ve incrementado mediante el EDN (Henry JC et al,2001).



A) B)

Fig 12. A) Entrenamiento con perturbaciones en plataforma mecánica vibratoria en superficie inestable.**B)** Entrenamiento con perturbaciones en cinta rodante con cambios de dirección.

El objetivo de la fase de regreso a la actividad deportiva es preparar al deportista para volver a las exigencias de la competición.La mayoría de los estudios en rehabilitación del LCA consiguen un retorno completo a la competición deportiva en un plazo medio de 6 meses (Cascio et al,2004).La fase del regreso al deporte se caracteriza por el entrenamiento de la agilidad y por los ejercicios específicos del deporte.El regreso al deporte se autoriza una vez que el paciente a completado todas las fases de la rehabilitación sin síntomas y cumple todos los criterios de pruebas para volver al deporte.Estas últimas comprenden la prueba de la fuerza del cuádriceps,la prueba de saltos y los cuestionarios para el paciente (Internacional knee Documentation Commite Store; IKDCS).Los deportistas deben obtener un resultado del 90% en todas las pruebas antes de volver a la competición (Snyder-Mackler et al,1996).

BIBLIOGRAFIA

Alkner BA, Berg HE, Kozlovskaya I, Sayenko D, Tesch PA. Effects of strength training, using a gravity-independent exercise system, performed during 110 days of simulated space station confinement. Eur J Appl Physiol. , 2003; Sep; 90(1-2): 44-9.

Andersen I, A. A. Amis. Review on tension in the natural and reconstructed anterior cruciate ligament. Knee Surg, Sports Traumatol, Arthroscopy.,1994; 2: 192-202.

Asmussen E, Bonde-Petersen F. Apparent efficiency and storage of elastic energy in human muscles during exercise. Acta Physiol Scand.,1974; Dec; 92(4): 537-45.

Besier TF, Lloyd DG, Cochrane JL, Ackland TR. External loading of the knee joint during running and cutting maneuvers. *Med Sci Sports Exerc.*, 2001; Jul; 33(7): 1168-75

Beynon BD, Johnson RJ, Fleming BC, Kannus P, Kaplan M, Samani J, Renström P. Anterior cruciate ligament replacement: comparison of bone-patellar tendon-bone grafts with two-strand hamstring grafts. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am.*, 2002; Sep; 84-A(9): 1503-13

Beynon BD, Johnson RJ, Fleming BC. The science of anterior cruciate ligament rehabilitation. *Clin Orthop Relat Res.*, 2002; Sep; (402): 9-20.

Boden BP, Dean GS, Feagin JA Jr, Garrett WE Jr. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics.*, 2000; Jun; 23(6): 573-8

Cascio BM, Culp L, Cosgarea AJ. Return to play after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Sports Med.*, 2004; Jul; 23(3): 395-408

Ekstrand J et al. Incidence of soccer injuries and their relation to training and team success. *AJSM.*, 1983; 11: 63-67.

Escamilla RF et al. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Med Sci Sports Exerc.*, 1998; Apr; 30(4): 556-69.

Fu FH; Schulte KR. Anterior cruciate ligament surgery 1996. State of the art?. *Clin Orthop Relat Res.*, 1986; (325), 19-24.

Gerber JP et al. Effects of early progressive eccentric exercise on muscle structure after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 2007; Mar; 89(3): 559-70

Gerber JP et al. Safety, feasibility, and efficacy of negative work exercise via eccentric muscle activity following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther.*, 2007; Jan; 37(1): 10-8.

Griffin LY et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg.*, 2000; May-Jun; 8(3): 141-50

Henry JC, Kaeding C. Neuromuscular differences between male and female athletes. *Curr Womens Health Rep.*, 2001; Dec; 1(3): 241-4

Józsa L et al. The effect of tenotomy and immobilisation on intramuscular connective tissue. A morphometric and microscopic study in rat calf muscles. *J Bone Joint Surg Br.*, 1990; Mar; 72(2): 293-7

Majima T, Yasuda K, Tago H, Tanabe Y, Minami A. Rehabilitation after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res.* 2002; Apr; (397): 370-80.

Mandelbaum BR, et al. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med.*, 2005; Jul; 33(7): 1003-10

Morrissey MC y cols. Effects of Open Versus Closed Kinetic Chain Training on Knee Laxity in the Early Period After Anterior Cruciate Ligament Reconstruccion. *Knee Surgery, Sport Traumatology, Arthroscopy.*, 2000; 8, 343-348.

Rahnama N, Reilly T, Lees A. Injury risk associated with playing actions during competitive soccer. *Br J Sports Med.*, 2002; Oct; 36(5): 354-9

Roi G.S., Creta D., Nanni G., Marcacci M., Zaffagnini S., Snyder Mackler L. Return to official Italian first division soccer games within 90 days after anterior cruciate ligament reconstruction: a case report. *J. Orthopaed. Sports Phys. Ther.*, 2005; 35(2): 52-61

Sánchez-ibáñez, JM. Dinamometría muscular isocinética. *Rev.*

Fisioterapia., 1993; (2): 32-39.

Sánchez-Ibáñez, JM. Análisis isocinético de los eversores e inversores en la estabilidad dinámica de la zona de inversión del tobillo. Rev. Fisioterapia., 1998; vol.20: 65-80.

Sánchez-Ibáñez, JM. Fisiopatología de la regeneración de los tejidos blandos. En: Vila E; Sureda S eds. Fisioterapia del Aparato Locomotor. Ed Mc Graw Hill., 2005.

Serša I, Jarh O, Demšar F. Magnetic resonance microscopy of electric currents. J Magn Reson Ser A., 1994; 111: 93-9.

Shelbourne KD, Henne TD, Gray T. Recalcitrant patellar tendinosis in elite athletes: surgical treatment in conjunction with aggressive postoperative rehabilitation. Am J Sports Med., 2006, Jul; 34(7): 1141-6.

Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med., 1990; May-Jun; 18(3): 292-9

Stanish W, Rubinovich M, Curvin S. Eccentric exercise in chronic tendonitis. Clin Orthop., 1986; 208: 65-8

Tous-Fajardo et al . The flywheel leg-curl machine: Offering eccentric overload for hamstring development. Int J. sports physiol. performance., 2006; 1: 293-298.

Tesch PA, Berg HE. Effects of spaceflight on muscle. J Gravit Physiol., 1998; Jul; 5(1): P19-22.

Yoon T, Hwang J. Comparison of eccentric and concentric isokinetic exercise testing after anterior cruciate ligament reconstruction. Yonsei Med J., 2000; Oct; 41(5): 584-92.



Tienda eFisioterapia.net

<http://www.efisioterapia.net/tienda>

Compra en la web nº1 de Fisioterapia

Tens y electroestimuladores: electroestimulación al mejor precio, camillas de masaje, mecanoterapia, electroterapia, ultrasonidos... y mucho más. Visítanos en <http://www.efisioterapia.net/tienda>

© <http://www.efisioterapia.net> - portal de fisioterapia y rehabilitacion