

Estudio clínico prospectivo de la respuesta neuromuscular en pacientes intervenidos de reconstrucción del ligamento cruzado anterior

G. Oliver¹, J.A. Hernández², F. Portabella¹

¹ Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario de Bellvitge. Hospitalet d'Llobregat (Barcelona). ² Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario Germans Trias i Pujol. Badalona (Barcelona)

Correspondencia:

Dr. G. Oliver

C/ Rita Bonnat 7, 1, 1, 08029 Barcelona

Correo electrónico: 27578gof@gmail.com

La lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) es muy prevalente en la población joven y con actividad deportiva, causando alteraciones importantes no sólo mecánicas sino también sensoriales a nivel de la rodilla. Existen gran número de publicaciones que se ocupan del estudio de esta patología, siendo realmente complicado encontrar conclusiones claras con relación al estado propioceptivo de la articulación. En este estudio hemos intentado conocer algo más en cuanto a la respuesta neuromuscular en el paciente después de presentar la lesión y en el transcurso de su recuperación posquirúrgica. Realizamos sobre 25 pacientes unos ejercicios dinámicos con la intención de provocar un estrés sobre la rodilla y calcular las latencias en la respuesta refleja muscular relacionada, utilizando electromiografía de superficie y marcas reflectantes para estudio concomitante optométrico.

Palabras clave: *Ligamento cruzado anterior. Respuesta neuromuscular. Estrés en la rodilla. Respuesta muscular refleja. Electromiografía.*

Prospective clinical study of the neuromuscular response in patients operated for reconstruction of the anterior cruciate ligament

Anterior cruciate ligament (ACL) lesions are highly prevalent in the younger and sportively active population, and causes important derangements –not only mechanical but also neurosensorial– in the knee. A large number of publications address this condition, and it is truly complicated to draw clear conclusions as to the proprioceptive status of the joint. We have in the present study attempted to achieve further knowledge regarding the neuromuscular response of the patients both after the lesion itself has occurred and in the course of their post-surgical recovery. Dynamic exercises were performed on 25 patients in order to induce stress upon the knee and to calculate latencies in the related reflex muscular response, using surface electromyography and reflecting markers for the concomitant optometric study.

Key words: *Anterior cruciate ligament. Neuromuscular response. Knee joint stress. Reflex muscular response. Electromyography.*

INTRODUCCIÓN

Existen numerosos estudios sobre la lesión del ligamento cruzado anterior debido a las consecuencias que genera, ya sea por su elevada incidencia en pacientes jóvenes como por la alteración que provoca en la función de la rodilla. El interés no es sólo por el impacto social en una población especialmente joven y activa, sino por el importante papel en la cinemática y la propiocepción de la articulación.

La mayoría de los estudios han sido realizados *in vitro* sobre especímenes de cadáver y con la ayuda de la robótica, o bien con el uso y procesamiento de imágenes; otros, eminentemente clínicos, con la ayuda de diferentes tipos de instrumentos para valorar la inestabilidad, como los artrómetros, la radiología (Telos) y las exploraciones manuales.

Este estudio ha sido diseñado con la intención de evaluar la función articular de manera que tuviera una aplicación directa al ser ejecutado durante un gesto dinámico con esfuerzo y que reproduzca una actividad frecuente en la vida de un paciente activo, y que suponga un aliciente para la articulación en donde el ligamento cruzado anterior y toda la musculatura del entorno de la rodilla tenga que desempeñar una función estabilizadora.

La incidencia de lesión del LCA es de uno por cada 3.000 habitantes, apareciendo en más del 70% de los casos en actividades deportivas^(1,2). El coste estimado en Estados Unidos es del orden de 2 billones de dólares anuales.

La mayoría de las lesiones ocurren por un mecanismo de no contacto durante la actividad ejercida⁽³⁾. Existe una mayor incidencia de ruptura entre mujeres que en hombres, siendo los motivos variados, como el aumento del ángulo Q, disminución de la escotadura intercondilea y la respuesta muscular que a su vez difiere según la fuerza, rigidez e influencia hormonal.

En las dos últimas décadas se han publicado más de 2.000 artículos científicos y libros de texto sobre el LCA. Actualmente el manejo de la reconstrucción del LCA con el tipo de injerto, el método de fijación y la estrategia de rehabilitación es tema de controversia y centra más la atención que la propia indicación quirúrgica.

Existen trabajos de largo seguimiento que muestran disfunciones articulares durante la actividad exigente en las primeras fases para convertirse en discapacidad en simples actividades

básicas en el futuro⁽⁴⁾. Estos estudios sugieren que la evolución de la lesión seguiría la regla de los tres tercios: un tercio de los pacientes sin reconstrucción compensaban bien su rodilla, un tercio se manejaban con restricciones de su actividad y un tercio requería intervención.

Estos desalentadores resultados en los casos no operados pueden ser atribuidos en parte a las lesiones asociadas que se suceden en el transcurso del tiempo en estas rupturas.

Existen, según las series, hasta un 70% de lesiones meniscales asociadas. La mayoría de lesiones producidas en los meniscos a causa de la alteración mecánica de la rodilla son en el menisco interno, debido a su fuerte inserción periférica, y suelen ser longitudinales, así como la menos frecuente afectación meniscal externa suele ser una presentación radial en el cuerpo del mismo. Las afectaciones del cartílago y, sobre todo, en la superficie del cóndilo interno son las más frecuentes.

En las estructuras capsuloligamentosas de la rodilla se encuentran varios tipos de receptores sensoriales, denominados mecanorreceptores, que son terminaciones nerviosas aferentes especializadas situadas al final de las fibras nerviosas, que captan estímulos relacionados con la propiocepción y la cinestesia de la rodilla.

El estudio de los mecanorreceptores y su función se ha realizado, sobre todo, con animales de experimentación⁽⁵⁾. Estudios histológicos en animales han demostrado en el caso de la utilización del injerto autólogo con tendón rotuliano (hueso-tendón-hueso) que las terminaciones nerviosas libres y los mecanorreceptores aparecen a los 6 meses de la reconstrucción.

En otros trabajos relacionan la función de estos receptores sensoriales con las respuestas medulares. A nivel de la respuesta muscular, las motoneuronas alfa representan un papel relativo comparadas con las gammaneuronas tras recibir un potencial evocado de un mecanorreceptor. Así la respuesta del arco reflejo fusimotor (gammaneuronas) es extremadamente sensible a cambios mecánicos del ligamento, interviniendo directamente en la rigidez preparatoria muscular y la estabilidad secundaria de la rodilla⁽⁶⁾.

MATERIAL Y MÉTODO

Veinticinco pacientes (50 rodillas analizadas, normal-lesionada) que presentaban una lesión

del ligamento cruzado anterior de la rodilla fueron incluidos en este estudio de investigación experimental prospectivo longitudinal. Todos ellos fueron intervenidos mediante una reconstrucción del LCA con autoinjerto de tendón rotuliano. Se establecieron unos criterios de inclusión para conseguir la muestra de pacientes, que se obtuvo por riguroso orden de diagnóstico en el periodo que duró el estudio. Los pacientes eran jóvenes adultos, deportistas con actividades de más de 200 horas anuales que incluían maniobras, como saltar, pivotar y girar, y que pertenecían a diferentes entidades deportivas donde todos los deportistas están federados (Mutua General Deportiva). El rango de edad comprendía desde los 16 a los 35 años. Todos los individuos firmaron un consentimiento informado de la intervención requerida y de las pruebas de investigación que debían realizarse en el laboratorio de biomecánica de la Universidad Ramón Llull en Barcelona. El personal del propio laboratorio solicitaba que se firmase un nuevo documento informado relacionado con el material empleado en dicho laboratorio.

En la consulta médica, una vez eran incluidos en el estudio, los pacientes respondían a una serie de cuestionarios clínicos objetivos y subjetivos. Se utilizó la escala de valoración subjetiva IKDC (Internacional Knee Documentation Committee), la valoración subjetiva se obtuvo con el test de Tegner-Lysholm y, finalmente, se realizó una prueba de valoración del estado de salud (SF-12 cast). Se rellenaron en el periodo preoperatorio, a los 4 meses y al finalizar el estudio (6 meses).

Todos los pacientes siguieron un periodo preoperatorio con una rehabilitación protocolizada que consistía en realizar crioterapia diaria, movilización articular y ejercicios isométricos en su domicilio para conseguir una movilidad articular completa y marcha autónoma sin bastones.

Los pacientes fueron intervenidos por el mismo cirujano y la técnica quirúrgica consistió en la reconstrucción del LCA con un injerto libre autólogo de tendón rotuliano (plastia HTH o hueso-tendón rotuliano-hueso) asistida por técnica artroscópica^(7,8)

Se practicaron estudios radiográficos con proyecciones de frente y perfil, y funcionales forzando el desplazamiento anterior de la tibia con un artrómetro (Telos) con 15 kg de fuerza, tanto en la rodilla afectada como en la contra-



Figura 1. Registro electromiográfico mediante el sistema telemétrico Telemyo 16.

lateral. Estos estudios se realizaron antes de la cirugía y al finalizar el estudio.

Paralelamente, se realizó el estudio experimental en el Laboratorio de Biomecánica (Universidad Ramón Llull).

La propiocepción, es decir, la reactividad neuromuscular mediada por el reflejo mecanorreceptor a través del sistema de la gamma motoneurona y el huso muscular, es analizado de forma indirecta por la latencia en la respuesta muscular (registro electromiográfico) ante un estímulo externo (medido en milisegundos), en este caso una acción exigente como es un salto monopodal controlado⁽⁹⁻¹¹⁾. Se analiza desde el instante cero al contactar el pie en el suelo tras saltar hasta que la actividad muscular registrada sea la más alta en cada grupo muscular. Esta variable analizada se obtiene en el momento del primer salto y, más tarde, tras la fatiga durante el salto repetitivo en el salto final idéntico al inicial. Son analizados independientemente el músculo recto anterior, vasto interno, vasto externo y los flexores semitendinoso y bíceps femoral (valoraciones siempre prequirúrgicas, posquirúrgicas a los 4 meses y a los 6 meses).

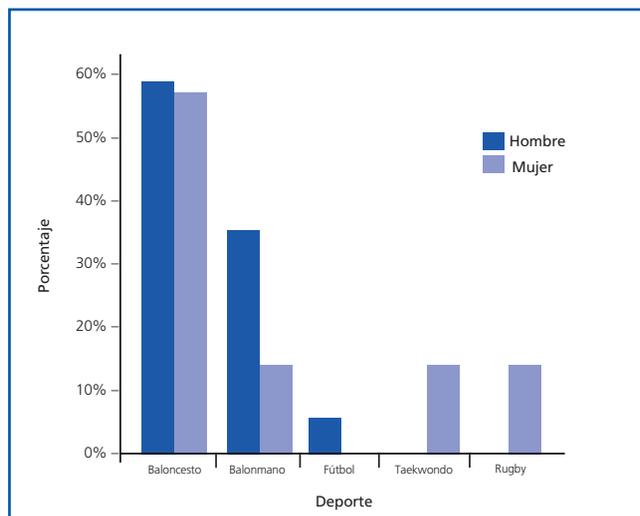


Figura 2. Actividad deportiva.

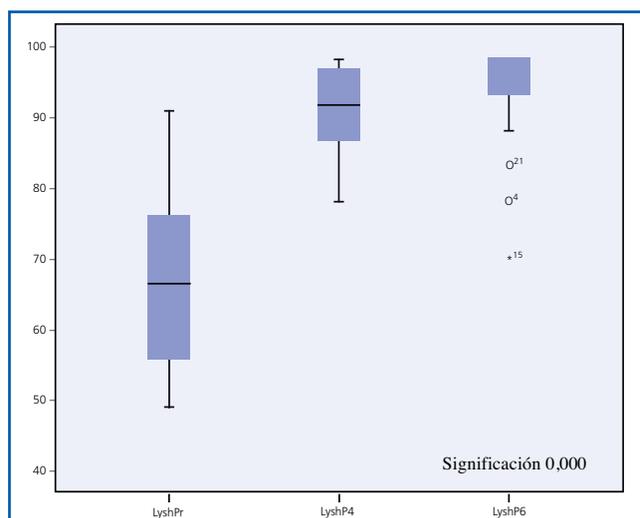


Figura 3. Media y dispersión de los valores en la escala de Lysholm en el transcurso de los 6 meses.

Se utiliza el Sistema Integrado ELITE (BTS, Italia), consistente en un analizador de movimiento basado en cuatro cámaras de infrarrojo que trabajan a una frecuencia de 100 Hz.

Para el registro electromiográfico se utiliza el sistema telemétrico Telemyo 16 a una frecuen-

Tabla 1		
EDAD, PESO Y ALTURA		
	Media	DS
Edad	22	4,616
Peso	71,18	10,572
Altura	177,55	9,694

cia de trabajo de 1000 Hz (Noraxon USA, Inc., EE. UU.). Los electrodos de superficie Ag-CIAg son modelo Blue Sensor N-00-S (Medicotest). Ambos sistemas se han sincronizado mediante una señal eléctrica común introducida en ambos equipos (Trigger) (Figura 1).

Análisis estadístico

Material

Para el estudio en cuestión se dispone de una base de datos en formato Excel que refleja el valor de las distintas variables estudiadas. La base de datos ha sido preparada para poder ser leída y manipulada con el software SPSS 15.0.

Las decisiones estadísticas se han realizado tomando como nivel de significación unilateral el valor 0,05.

En primer lugar, se ha estudiado la normalidad de los datos para cada una de las variables con la prueba de Saphiro-Wilks. Dado que el resultado ha sido negativo en casi todos los casos (la mayoría de variables no siguen una distribución normal) y, dado el tamaño reducido de la muestra ($n = 25$), se ha decidido realizar pruebas no paramétricas. En cuanto al estudio de relaciones entre variables, dado que no se cumplían los criterios de aplicabilidad del coeficiente de correlación lineal r de Pearson, se ha calculado el coeficiente Rho de Spearman en todos los casos. También se utilizaron la prueba de Wilcoxon y la prueba de Friedman.

RESULTADOS

La muestra de pacientes fue recogida por orden de entrada en la lista de espera quirúrgica y cumpliendo los criterios establecidos en el estudio. Los resultados descriptivos del grupo respecto a la edad, peso, altura y actividad deportiva son expuestos en la Tabla 1 y Figura 2. En cuanto al sexo, 18 fueron hombres y 7 mujeres.

Se han evaluado los resultados según la escala de Lysholm-Tegner a nivel preoperatorio (67), 4 (93) y 6 (97) meses postoperatorio, utilizando la prueba de Friedman, siendo la mejoría significativa (Figura 3). También se analizaron, dando significancia, con la prueba de

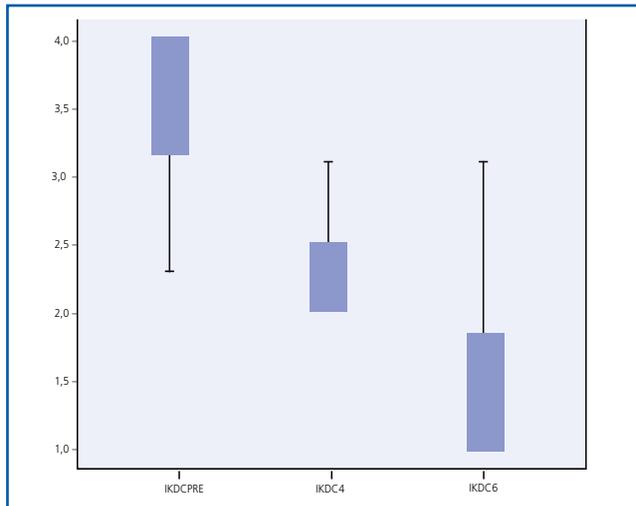


Figura 4. Se aprecia la mejoría en la escala internacional de valoración de la rodilla (IKDC).

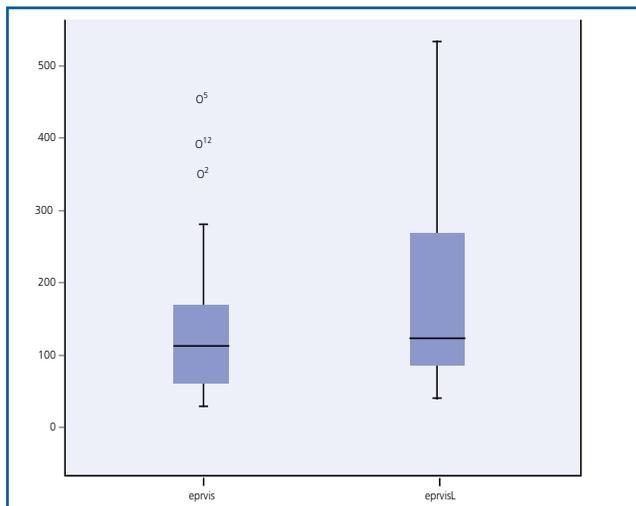


Figura 5. Comparación del vasto interno sano-lesionado en el periodo preoperatorio y su respuesta a un estímulo en milisegundos.

rangos de Wilcoxon los periodos evolutivos, las variaciones fueron importantes desde el periodo preoperatorio a los 4 meses postoperatorio (P4) y, del mismo modo, de los 4 a los 6 meses: preoperatorio-postoperatorio 4 (P4) meses (0,000) y P4-P6 (0,026).

En la valoración de la escala de Lysholm, hemos analizado su correlación con el test de salud SF 12, observándose una buena significancia en cuanto al estado físico con mejoría a los 6 meses y, en cambio, el estado mental no presenta variaciones en los pacientes. La evaluación obtenida con la escala internacional (IKDC)

ha sido evaluada con el test de Friedman mostrando igualmente una clara mejoría (Figura 4).

Resultados del análisis neuromuscular

Comparación de la pierna sana y lesionada y por fases: preoperatorio, a los 4 meses después de la intervención y a los 6 meses postintervención (P6). Es significativa la diferencia en cuanto a la reactividad sólo en el preoperatorio al observar que el vasto interno de la rodilla lesionada está claramente afectado respecto en el lado sano (Figura 5). La otra diferencia significativa está en el semitendinoso: a los 6 meses el lado lesionado está más lento en respuesta muscular que en el sano (mejora pero no tanto como en el sano) (Figura 6). En los otros músculos no aparecen diferencias significativas en nuestro estudio con la lesión del LCA o sin ésta.

Tenemos las cifras significativas de la progresión clara de los músculos isquiotibiales en la extremidad sana y afectada los primeros 4 meses y no a partir del quinto al sexto mes (Tabla 2).

También tenemos que en la pierna afectada, excepto el vasto externo, todos están afectados y mejoran significativamente hasta el cuarto mes y después ya no se presenta. Parece que a los 4 meses tenemos reactividades prácticamente normalizadas y que, en el lado de la lesión, no hay diferencias entre flexores y extensores. Estos últimos (flexores) son igualmente alterados en ambas extremidades, seguramente por arco reflejo relacionado con el circuito sensorial LCA-músculo.

En la Tabla 2 podemos observar en ambas extremidades la progresión de la musculatura flexora (isquiotibiales) en el tiempo, tanto en la fase preoperatoria como después. La mejoría se produce en el primer cuatrimestre, no mostrándose en el último periodo del cuarto al sexto mes. En el caso de la rodilla deficiente de LCA, también aparece una alteración con mejoría significativa en los músculos recto anterior y en el vasto interno desde el preoperatorio al cuarto mes y no después. El único que no sigue un curso progresivo es el vasto externo.

A los 4 meses se para la tendencia hacia la mejoría, como si ya funcionaran de forma normal en relación con la reactividad refleja.

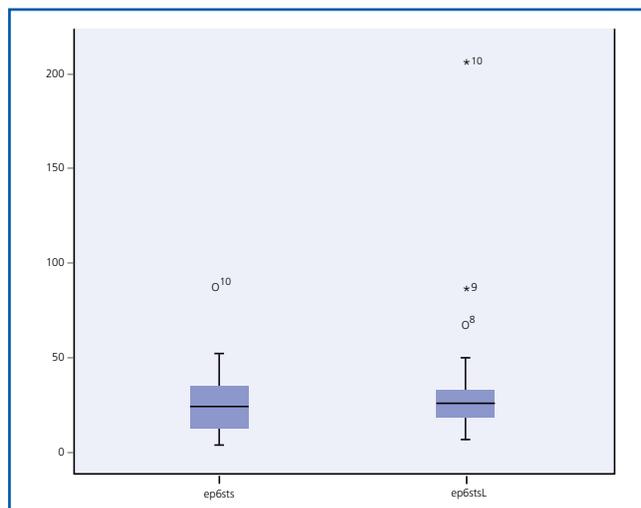


Figura 6. Reactancia final del músculo semitendinoso comparando la extremidad intervenida con la no lesionada.

El análisis estadístico de contraste en los periodos del preoperatorio a 4 meses y de 4 meses a 6 meses, tanto en lado no afectado como en el deficiente (L) puede verse en la **Tabla 2**.

Tabla 2	
ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS MUSCULARES*	
Deficiente LCA periodo preoperatorio a 4 m	
Ep4visL - eprvisL	0,011
ep4vesL - eprvesL	0,44
Ep4rasL - eprrasL	0,028
Ep4bfsL - eprbfsL	0,024
Ep4stsL - eprstsL	0,003
Deficiente LCA periodo 4 a 6 m	
Ep6visL - ep4visL	0,121
ep6vesL - ep4vesL	0,378
ep6rasL - ep4rasL	0,224
Ep6bfsL - ep4bfsL	0,236
Ep6stsL - ep4stsL	0,715

* En el análisis se aprecia de forma significativa la mejora hasta los 4 meses y cómo se estanca en el último tramo. LCA: ligamento cruzado anterior; Vi: vasto interno; Ve: vasto externo; Ra: recto anterior; Bf: bíceps femoral; St: semitendinoso; e y E: emg.
Test de Wilcoxon: significación < 0,05.

DISCUSIÓN

Existen numerosos estudios sobre la lesión del ligamento cruzado anterior debido a las consecuencias que genera, ya sea por su elevada incidencia en pacientes jóvenes como por la alteración que provoca en la función de la rodilla. El interés no es sólo por el impacto social en una población especialmente joven y activa, sino por el importante papel en la cinemática y la propiocepción de la articulación.

La mayoría de los estudios han sido realizados *in vitro* sobre especímenes de cadáver y con la ayuda de la robótica, o bien con el uso y procesamiento de imágenes; otros, eminentemente clínicos, con la ayuda de diferentes tipos de instrumentos para valorar la inestabilidad, como los artrómetros, la radiología (Telos) y las exploraciones manuales.

Este estudio ha sido diseñado con la intención de evaluar la función articular de manera que tuviera una aplicación directa, al ser ejecutado durante un gesto dinámico con esfuerzo y que reproduzca una actividad frecuente en la vida de un paciente activo y que suponga un aliciente para la articulación en donde el ligamento cruzado anterior y toda la musculatura del entorno de la rodilla tenga que desempeñar una función estabilizadora.

Función neuromuscular

En el diseño de nuestro estudio analizamos la respuesta muscular a un estímulo como variable que expresa el estado neuromuscular de la articulación y, por tanto, de su función sensitiva, que provoca impulsos aferentes hacia el sistema del huso muscular con participación del reflejo gammaneural, y también la vía espinal y espinotalámica. Numerosos estudios han intentado resolver el papel propioceptivo del LCA en la rodilla, diferenciando sus estímulos de otras estructuras articulares y musculares, siendo los resultados muchas veces difíciles de interpretar. Beard⁽¹²⁾ define la propiocepción como el sentido estático de la articulación, protector en la detección del movimiento y es producto de un reflejo cerrado del tono muscular, y da en su trabajo la medida de la propiocepción a través de la latencia muscular. El huso muscular y su sistema reflejo-neuronal ha sido llamado como el más importante en la modu-

lación de la respuesta motora que afecta a la articulación, siempre coordinado con los reflejos de los receptores capsuloligamentosos y, en un último momento, con la respuesta voluntaria modulada desde el sistema nervioso central. Rozzi⁽¹³⁾ en pacientes sanos no determinó diferencias en cuanto a las latencias de respuesta muscular incluso al comparar diferentes sexos. Wojtys⁽¹⁴⁾ coincide en que la fuerza no es la única responsable para parar la traslación tibial, sino que considera más importante la reactividad, sumando la fatiga como responsable de una pérdida de respuesta muscular. En nuestro estudio hemos recogido de forma separada el comportamiento muscular desde el preoperatorio a los 6 meses después de la cirugía, haciendo una toma intermedia de datos a los 4 meses en el periodo de rehabilitación. Los resultados han sido de clara mejoría en la respuesta durante el primer periodo (preoperatorio a 4 meses), sin seguir esta tendencia y estabilizarse a partir de los 4 meses en adelante. Este comportamiento se puede explicar por el reflejo inhibitorio a través de los receptores nerviosos libres encargados de la nocicepción, conllevando una atrofia muscular y disminuyendo la fuerza, aunque no tiene por qué afectar el tiempo de reacción que también acompaña a estos pacientes el primer cuatrimestre postintervención. Nuestro estudio se diseñó para poder intervenir al paciente y realizar los ejercicios en el laboratorio de manera que el paciente no tuviera poca capacidad funcional ni tampoco una clínica de dolor, por lo que estuvieron un promedio de 3 meses poslesión realizando un protocolo régimen de rehabilitación, lo que eliminaría sustancialmente el reflejo inhibitorio-álgico en el instante previo a la cirugía donde se realizó la primera prueba en el laboratorio.

La fuerza muscular tiene influencia sobre la latencia en la respuesta, la aceleración del movimiento y, por tanto, produce un desequilibrio entre grupos musculares, aumentando el riesgo de lesión^(15,16).

Kennedy demuestra las diferentes inervaciones en los individuos que obligan en ellos a diferentes actitudes compensatorias. La función estática y dinámica deben recuperarse conjuntamente en las lesiones de LCA, al igual que una buena propiocepción se relaciona con satisfacción y buena función^(11,12). Safran confirma que la función de la rodilla es más predecible con una buena propiocepción en los pacien-

tes con LCA reconstruido. Nuestro estudio no evidencia que el cansancio afecte la respuesta muscular, quizá debido a que nuestra muestra es de pacientes muy exigentes deportivamente y no se fatigan con tanta facilidad para observar diferencias sensoriales de respuesta. Asimismo, coincidimos con lo publicado sobre que el paciente mejora subjetivamente, así como mejora la propiocepción. Y en nuestro estudio, la estabilización quirúrgica acelera la mejora en el primer cuatrimestre hasta el punto que, tras este periodo, ya no existe tanta evolución.

En la mayoría de publicaciones⁽¹⁷⁾ se recomienda la reincorporación a la vida deportiva alrededor de los 6 meses en los pacientes intervenidos por lesión del LCA sin que exista un mayor riesgo de nueva ruptura, según nuestro estudio parece ser que la reactividad muscular se normaliza antes pudiendo acelerar la recuperación de la actividad normal y en las tareas más exigentes, pero debe de tenerse en cuenta que no sólo existe una función puramente refleja a través de los estímulos aferentes articulares, la modulación supraespinal sobre el reflejo gamma-neuronal y, por supuesto, sobre la vía de la alfa-motoneurona hacen que, en individuos no predispuestos, el reflejo inhibitorio sea superior y alcance a demorar una buena reacción neuromuscular por la alteración del llamado preprograma muscular y conseguir poner en riesgo la articulación o, simplemente, que el mismo paciente no se encuentre correctamente y se absente de realizar actividades de esfuerzo.

Así Ashton Miller⁽¹⁸⁾ explica claramente la relación del huso muscular con el sistema nervioso central y los mecanorreceptores, dejando una memoria, obtenida en el aprendizaje o entrenamiento de los movimientos, que condiciona un tono muscular previo a la ejecución del ejercicio, lo que es llamado como preprogramación muscular o *feedforward* que ayuda a prevenir lesiones.

Analizando los trabajos publicados, existe evidencia del control propioceptivo y del reflejo del huso muscular por los receptores localizados en el LCA, aunque no se conoce la aportación cuantitativa pero sí su aportación cualitativa. Es difícil conocer hasta qué punto se altera la función sensitiva, y menos cuando no existen estudios pre- y postquirúrgicos de tipo dinámico en el mismo individuo. La mayoría son estudios, en rodillas lesionadas, o después de una reconstrucción y de forma transversal, po-

cos son los estudios de tipo longitudinal donde el individuo se analiza con el paso del tiempo y, sobre todo, de forma dinámica, cuestión que hemos abordado en este trabajo.

Parece ser, según los resultados de este estudio, que la reconstrucción en el periodo subagudo mejora la estabilidad de la articulación y la clínica antes de instaurarse una atrofia muscular permanente como podría darse en los casos más crónicos. La reactividad mejora seguramente por varias causas, el nuevo injerto disminuye la inestabilidad, mejora la clínica, desaparece la inhibición sensitiva y reaparece la función de otros receptores capsulares en coordinación con el reflejo muscular del sistema de la gammaneurona, todo favorecido por las condiciones biomecánicas más propicias existentes, disminuyendo los tiempos de reacción muscular y a la vez protegiendo la articulación al haber una aferencia suficiente de estímulos que provocan un buen tono motor que preprograma al músculo para dar una respuesta enérgica y rápida ante una noxa externa. Cicotti⁽¹⁰⁾ explica que la buena sincronización de los grupos flexores y extensores podría obedecer a receptores no situados en el LCA que medien en el arco reflejo de forma correcta, añadiendo que en actividades más demandantes, pueden aparecer más disfunciones neuromusculares que en otras que son más fáciles de realizar, lo que añade dificultades en los resultados de estudios en los que no se ha realizado una actividad dinámica importante.

Los cinco grupos musculares analizados tienen un comportamiento muy interesante. Si observamos cada extremidad por separado vemos que en el lado afectado existe una alteración desde el momento de la lesión que progresa sobre todo los primeros meses, a excepción del vasto externo que no sufre tal variación ni evolución. Dicha evolución es significativa y el hecho de que se afecten tanto los músculos extensores como flexores hace pensar que en el reflejo propioceptivo interviene más de un sistema reflejo, por lo que se supone se tendría que estimular todo el complejo neuroreceptor para mejorar todos los grupos musculares. El vasto externo que en otros estudios se habría implicado como posible coadyuvante en el efecto de subluxación tibial (*pivot shift*) no tendría tanta importancia si nos basamos en nuestro estudio.

Solomonow⁽¹⁵⁾ se refiere a la propiocepción como básica en la función muscular y que su

mejoría está relacionada con una buena estabilidad de la articulación Timoney. Aprecia que a los 9 meses poscirugía mejora la cinética, sin concluir como está la musculatura, al igual que Swanik⁽¹⁹⁾ comprueba que, en el periodo de rehabilitación, un buen acondicionamiento produce mayor tono muscular y más rigidez que disminuye la laxitud. Wexler⁽²⁰⁾ comenta que, en lesiones crónicas, los desequilibrios musculares entre flexores y extensores son más importantes.

El comportamiento muscular en nuestro estudio de la extremidad sana en comparación con la afectada no difiere de forma importante al observar los músculos flexores y, por otro lado, en el caso de la musculatura extensora la afectación sería mayor en el lado lesionado. Esto podría explicarse debido a la complejidad del reflejo neuroreceptor y su interconexión con los sistemas del huso muscular vecinos y supraespinal. A la vez sería el único elemento diferenciador que implicaría a la propiocepción deficitaria ocasionada por la lesión del LCA en el primer momento y que, con el tiempo, sería compensada, ya sea con la asimilación de otros referentes aferentes, con la mejoría mecánica debido a la reconstrucción del ligamento y también debido a la mejoría del estado inhibitorio producido por el dolor, el cual sí que estaría más implicado en la alteración de los grupos musculares extensores como el vasto interno, en este caso, sólo de la extremidad afectada.

Schnider Mackler⁽²¹⁾ describe la inhibición del cuádriceps por el dolor y el derrame capsular. Si se produce la reconstrucción del ligamento en un periodo relativamente corto, los estímulos reflejos y la fuerza mejoran casi hasta la normalidad, no siendo lo mismo en los casos crónicos en donde una cierta atrofia muscular queda de forma definitiva y aún recuperando la reactividad no lo hace con la misma potencia, aludiendo a que la buena respuesta neuromuscular se ve favorecida por la estabilización articular y la disminución de aferencias articulares. También Wu en 2001⁽²²⁾ comenta que mejoran los pacientes en cuanto a la reflexividad y no en la contracción muscular. En este aspecto, hemos podido constatar que la reactividad muscular mejora significativamente en todos los pacientes reconstruidos y en prácticamente todos los grupos musculares, no habiendo hecho una valoración de la fuerza global pero, indirectamente, al comprobar la buena sensación subje-

tiva junto a una mejor respuesta motora, indicaría que es más esencial la propiocepción que la capacidad contractiva en la función final, aun cuando esta fuerza alterada obedece a lesiones crónicas más que al tipo de muestra de nuestro estudio, en donde no se dejó pasar tiempo desde la lesión al tratamiento.

Al comparar las diferencias entre ambas rodillas, sólo es remarcable que la musculatura del vasto interno en el preoperatorio es claramente inferior en su respuesta en el lado deficitario. En el caso del músculo semitendinoso presenta mejoría en el lado afectado, aunque al final del periodo estudiado persiste un déficit respecto a la rodilla normal y probablemente sea por su mayor representación en aferencias sensitivas respecto al bíceps femoral que se encuentra con una respuesta normal al final del estudio.

Resultados clínicos

Lo que sí resultó significativo fue la progresión a la mejoría en ambas escalas en cada una de las fases, desde el preoperatorio a la evaluación fi-

nal. Muy interesante es la evaluación del comportamiento emocional. Se analizó con ambas escalas el proceso clínico con el estado mental y físico subjetivo del paciente (SF12). Resultó claro y estadísticamente significativo el buen comportamiento del estado físico, siendo totalmente anodino el comportamiento desde el punto de vista mental que no representa de ninguna forma el estado clínico de la articulación.

CONCLUSIONES

La función neuromuscular mejora con la reconstrucción y, de forma clara, en el primer periodo postoperatorio respecto a la fase poslesional, reduciendo las latencias de respuesta muscular prácticamente a niveles normales e igualando los resultados que se observan a los 6 meses postintervención. La diferencia en la reactividad muscular entre extremidades es significativa tras la lesión en todos los grupos musculares, sean flexores o extensores, a excepción del músculo vasto externo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Smith PN, Refshauge KM, Scarvell JM. Development of the concepts of knee kinematics. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; 84 (12): 1895-902.
2. Malinzak RA, Colby SM, Kirkendall DT, et al. A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2001; 16 (5): 438-45.
3. Boden BP, Dean GS, Feagin JA, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics* 2000; 23 (6): 573-8.
4. Noyes FR, Barber-Westin SD. Anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon graft in patients with articular cartilage damage. *Am J Sports Med* 1997; 25 (5): 626-34.
5. Halata Z, Haus J. The ultrastructure of sensory nerve endings in human anterior cruciate ligament. *Anat Embryol (Berl)* 1989; 179 (5): 415-21.
6. Johansson H, Sjolander P, Sojka P. A sensory role for the cruciate ligaments. *Clin Orthop* 1991; 268: 161-78.
7. Herrington L, Wrapson C, Matthews M. Anterior cruciate ligament reconstruction, hamstring versus bone-patella tendon-bone grafts: a systematic literature review of outcome from surgery. *The Knee* 2005; 12: 41-50.
8. Kousa P, Jarvinen TL, Kannus P, et al. Initial fixation strength of bioabsorbable and titanium interference screws in anterior cruciate ligament reconstruction. *Biomechanical evaluation by single cycle and cyclic loading.* *Am J Sports Med* 2001; 29 (4): 420-5.
9. Barrack RL, Skinner HB, Buckley SL. Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. *Am J Sports Med* 1989; 17 (1): 1-6.
10. Ciccotti MG, Kerlan RK, Perry J, et al. An electromyographic analysis of the knee during functional activities. I. The normal profile. *Am J Sports Med* 1994; 22 (5): 645-50.
11. Barrett DS. Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. *J Bone Joint Surg Br* 1991; 73 (5): 833-7.
12. Beard DJ, Kyberd PJ, Fergusson CM, et al. Proprioception after rupture of the anterior cruciate ligament. An objective indication of the need for surgery? *J Bone Joint Surg Br* 1993; 75 (2): 311-5.
13. Rozzi SL, Lephart SM, Gear WS, et al. Knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female soccer and basketball players. *Am J Sports Med* 1999; 27 (3): 312-9.

14. Wojtys EM, Ashton-Miller JA, Huston LJ. A gender-related difference in the contribution of the knee musculature to sagittal-plane shear stiffness in subjects with similar knee laxity. *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84 (A-1): 10-6.
15. Solomonow M, Baratta R, Zhou BH, et al. The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. *Am J Sports Med* 1987; 15 (3): 207-13.
16. Chu D, LeBlanc R, D'Ambrosia P, et al. Neuromuscular disorder in response to anterior cruciate ligament creep. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2003; 18 (3): 222-30.
17. Glasgow SG, Gabriel JP, Sapega AA, et al. The effect of early versus late return to vigorous activities on the outcome of anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1993; 21 (2): 243-8.
18. Ashton-Miller JA, Wojtys EM, Huston LJ, et al. Can proprioception really be improved by exercises? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2001; 9 (3): 128-36.
19. Swanik CB, Lephart SM, Swanik KA, et al. Neuromuscular dynamic restraint in women with anterior cruciate ligament injuries. *Clin Orthop* 2004; 425: 189-99.
20. Wexler G, Hurwitz DE, Bush-Joseph CA, et al. Functional gait adaptations in patients with anterior cruciate ligament deficiency over time. *Clin Orthop* 1998; 348: 166-75.
21. Fitzgerald GK, Axe MJ, Snyder-Mackler L. The efficacy of perturbation training in nonoperative anterior cruciate ligament rehabilitation programs for physical active individuals. *Phys Ther* 2000; 80 (2): 128-40.
22. Wu GK, Ng GY, Mak AF. Effects of knee bracing on the sensorimotor function of subjects with anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2001; 29 (5): 641-5.