

Efectos del Autoinjerto Hueso-Tendón Patelar-Hueso sobre la Posición Articular y la Fuerza en Pacientes con Reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior

Effects of Bone-Patellar Tendon-Bone Autograft on Joint Position and Strength in Patients With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Isabel Álvarez-Ortiz¹; Rony Silvestre¹; Sandra Mahecha-Matsudo²; Matías Morán-Bravo³; Jorge Morales-Zuñiga⁴ & Rodrigo Yáñez-Sepúlveda⁵

ÁLVAREZ-ORTIZ, I.; SILVESTRE, R.; MAHECHA-MATSUDO, S.; MORÁN-BRAVO, M.; MORALES-ZUÑIGA, J. & YÁÑEZ-SEPÚLVEDA, R. Efectos del autoinjerto hueso-tendón patelar-hueso sobre la posición articular y la fuerza en pacientes con reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Int. J. Morphol.*, 40(5):1186-1193, 2022.

RESUMEN: El objetivo del estudio fue comparar el déficit propioceptivo a través del Joint position sense (JPS) y Force steadiness en pacientes con reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) injerto hueso-tendón patelar-hueso (HTH) 6 a 12 meses postcirugía. Participaron 15 pacientes (13 hombres y 2 mujeres, $25,5 \pm 1,3$ años) con reconstrucción de LCA con autoinjerto HTH y 20 personas sin lesión del LCA (19 hombres y 1 mujer, $24,1 \pm 0,8$ años). Para evaluar la sensación de posición de la articulación de la rodilla se midió la Joint position sense (JPS) en tres rangos: 0° - 30° , 31° - 60° y 61° - 90° y la sensación de fuerza del cuádriceps fue evaluada con la prueba Force steadiness (FS) al 15 % de la contracción voluntaria máxima (CVM), ambas pruebas realizadas 6 a 12 meses post cirugía. Los resultados mostraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas en la sensación de la posición articular (JPS 0° - 30°) ($p=0.564$) y 31° - 60°) ($p=0.681$), mientras que en el rango 61° - 90°) ($p=0.003$) existieron diferencias estadísticamente significativas. En las mediciones de sensación de fuerza del cuádriceps (FS al 15 % CVM) entre los pacientes operados de LCA técnica HTH y el grupo control no hubo diferencias estadísticas ($p=0.987$) La sensación de la fuerza del cuádriceps medida con la prueba FS al 15 % CVM no presentaría déficit entre los 6 a 12 meses en pacientes post operados de LCA al ser comparados con sujetos sin lesión ni cirugía de este ligamento. Se concluye que la sensación de la posición articular medida con la prueba JPS en tres rangos articulares de pacientes con reconstrucción de LCA injerto HTH 6 a 12 meses post cirugía sólo mostró alteraciones en el rango de 61° - 90° al ser comparado con el grupo control, lo cual indica que la sensación de la posición articular presenta un déficit en este rango específico.

PALABRAS CLAVE: Tendón patelar, Propriocepción, Joint position sense, Force steadiness.

INTRODUCCIÓN

La rotura de ligamento cruzado anterior (LCA) es la lesión más común de ligamentos en la rodilla (Cullison *et al.*, 1998; Trees *et al.*, 2005; Hansen, 2006) con un aproximado de 100.000 roturas (Prodromos *et al.*, 2007) y 50.000 reconstrucciones por año en Estados Unidos (Cullison *et al.*,

1998). Para reconstruir el LCA es necesario escoger un injerto que posea propiedades estructurales y biomecánicas similares al ligamento nativo (West & Harner, 2005; Karasel *et al.*, 2010) por lo que, el injerto de tendón patelar con componente óseo proximal y distal (injerto Hueso-Tendón-Hueso

¹ Escuela de Medicina, Universidad Mayor, Santiago, Chile.

² Post Grado, Facultad de Ciencias, Universidad Mayor, Santiago, Chile. Unidad Académica, Clínica MEDS, Santiago, Chile.

³ Área Médica Plantel Profesional CSD Colo Colo, Santiago, Chile.

⁴ Laboratory of Sport Sciences, Centro de Medicina Deportiva Sports MD, Viña del Mar, Chile.

⁵ Facultad de Educación y Ciencias Sociales, Universidad Andres Bello, Viña del Mar, Chile.

o HTH) es uno de los más usados (Beynon *et al.*, 2005; Ibrahim *et al.*, 2005).

La lesión de LCA se asocia con daño o disfunción de los mecanorreceptores de la rodilla y principalmente de los músculos asociados a la articulación, lo que genera que el sentido de posición y kinestesia estén alterados, y en consecuencia la propiocepción disminuida (Hewett *et al.*, 2002; Scott & Insall, 2006; Angoules *et al.*, 2011).

El propósito del estudio fue comparar el déficit propioceptivo de la rodilla a través de la cuantificación de la sensación de la posición articular evaluado con la prueba Joint position sense (JPS) y la sensación de la fuerza medido con la prueba Force steadiness (FS) en pacientes con reconstrucción de ligamento cruzado anterior (R-LCA) injerto HTH 6 a 12 meses post cirugía vs pacientes sin rotura ni cirugía de LCA.

MATERIAL Y MÉTODO

Pacientes: La muestra fue seleccionada por conveniencia de una población de 29 pacientes con R-LCA de una unidad de rehabilitación kinésica de una Clínica especializada en este tipo de tratamientos, durante un período de 6 meses a 12 meses. El grupo en estudio (13 hombres y 2 mujeres) fue operado con autoinjerto HTH, entre 6 y 12 meses post cirugía, edad 21-37 años, y un nivel de actividad física promedio según la Escala de Tegner de 5.0 (rango: 2-8) (Tabla I). El grupo control fue de 20 pacientes sanos reclutados en una universidad (19 hombres y 1 mujer), con rango de edad entre 20-33 años. La muestra final fue de 15 pacientes que reunían los criterios de inclusión.

Criterios de inclusión. Pacientes adultos con reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) injerto hueso-tendón patelar-hueso (HTH) que tuvieran disponibilidad de tiempo para realizar el programa de rehabilitación.

Criterios de exclusión. a) tener alguna enfermedad neurológica, b) estar operados con autoinjerto técnica semitendinoso-gracilis (ST-G) o aloinjerto, c) presentar lesiones como fractura, lesión de ligamento cruzado posterior (LCP) o lesión de cartílago, y ser deportistas de elite.

Consideraciones éticas. Los participantes leyeron y firmaron un consentimiento informado en el cual tomaron conocimiento de los beneficios y posibles riesgos de las evaluaciones antes de realizarlas. Este estudio se desarrolló en conformidad con la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de ética de la Universidad Mayor.

Evaluaciones previas. Todos los participantes fueron citados para ser evaluados entre las 8:30 y 11:50 AM, realizándose medición de peso, talla, nivel de actividad según Escala de Tegner (nivel 1 al 10 según tipo e intensidad de actividad física asociada) y antecedentes de lesiones previas. Para la evaluación de masa corporal y talla se utilizó una balanza mecánica con tallímetro (Modelo M2081; SECA, Hamburg, Alemania), y el cálculo del IMC se realizó a partir de la fórmula Quetelet sugerida por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Mediciones de propiocepción. Todos los pacientes utilizaron una vestimenta cómoda para realizar las pruebas (pies descalzos y rodillas descubiertas).

Mediciones de Joint position sense. Para este estudio se realizaron pruebas de dos submodalidades de la propiocepción: JPS para el reposicionamiento activo de la rodilla, y Force steadiness para la mantención de la fuerza (Riemann *et al.*, 2002). Se consideró evaluar ambas rodillas del grupo sano, sin embargo, fue escogido el miembro dominante como miembro control, ya que, al ser comparada con el miembro no dominante, no hubo diferencias estadísticamente significativas (JPS: 0°-30° $p=0.903$; 31°-60° $p=0.626$; 61°-90° $p=0.2388$; Steadiness $p=0.629$). Los pacientes fueron ubicados en una silla ajustable con soporte para la espalda, la cadera estaba en un ángulo de flexión de 90° (Olsson *et al.*, 2004), mientras que la rodilla fue posicionada en un ángulo de flexión de 0° (Angoules *et al.*, 2011). Para la tarea de JPS se utilizó un encoder (Modelo RS58-O; Hengstler, Aldingen, Alemania) el que fue posicionado a la altura del eje de flexión/extensión de la articulación de la rodilla (Olsson *et al.*, 2004). Este instrumento, tenía indexada una barra que fue apoyada en el tobillo del paciente, con el mínimo contacto cutáneo, la que fue movilizada para definir la posición articular target. Los pacientes fueron medidos en cadena cinética abierta con reposicionamiento activo (Ingersoll *et al.*, 2008) siendo considerados tres rangos de movimiento, de 0°-30°, de 31°-60° y 61°-90° (Fremerey *et al.*, 2000; Olsson *et al.*, 2004; Angoules *et al.*, 2011) desde la flexión a la extensión de rodilla. Para iniciar la prueba el paciente marcó la posición a memorizar, la cual fue determinada con retroalimentación visual, luego fue limitada la visión y la audición, y el paciente realizó diez evaluaciones por cada rango de movimiento (Tracy & Enoke, 2002; Olsson *et al.*, 2004). Esta información fue registrada a través de un switch manipulado por el mismo paciente evaluado. Los datos fueron obtenidos con el programa Igor pro 6.2 (Igor pro 6; WavesMetric, Oregon, USA) y como resultado de la prueba, fue calculada la media del delta (D) entre el ángulo (a) determinado y el ángulo (a) estimado considerando los 10 intentos por rango de movimiento (Olsson *et al.*, 2004; Angoules *et al.*, 2011).

Mediciones de Force steadiness. Los pacientes fueron ubicados en una silla ajustable con soporte para la espalda la cual tenía conectada una célula de carga (Modelo 363 S-beam; Revere Transducers, California, USA) que permitió restringir el movimiento de la cadera e inmovilizar el miembro a evaluar en un ángulo de rodilla de 30° de flexión (Ye *et al.*, 2014).

Inicialmente fueron realizadas tres contracciones voluntarias máximas isométricas (CVM) con el cuádriceps, con una duración de 5 segundos por cada ejecución y un período de descanso de 30 segundos entre repetición. El mejor valor obtenido de la CVM fue grabado como CVM isométrica de base para ser calculado el 15 % de ésta. Una vez que la prueba de fuerza isométrica máxima fue completada, los pacientes realizaron una contracción isométrica trapezoidal submáxima a partir de una flexo-extensión de rodilla, donde la acción muscular fue incrementando de 0 % a 15 % de la CVM, en 5 segundos, manteniendo la fuerza constante al 15 % de la CVM por 20 segundos. Toda la prueba fue realizada con retroalimentación visual y los datos fueron obtenidos con el programa Igor pro 6.2 (Igor pro 6; Waves Metric, Oregon, USA). Como resultado de la prueba, se cuantificó la amplitud de fluctuación de la fuerza, que fue expresada en el coeficiente de variación (CV) (Tracy & Enoka, 2006; Ye *et al.*, 2014).

Programa de rehabilitación. A todos los sujetos se les aplicó el protocolo acelerado de rehabilitación (Wilk & Arrigo, 2017) con una frecuencia de 3 veces por semana, supervisado por un Kinesiólogo universitario.

El protocolo se dividió en las siguientes fases:

- Pre operatoria
- Post operatorio inmediato (1 – 7 días)
- Rehabilitación temprana (2-4 semanas)
- Fase fortalecimiento progresivo/control neuromuscular (4 – 10 semanas)
- Fase actividad avanzada (10- 16 semanas)
- Fase retorno actividad (16 – 22 semanas)

Análisis estadístico. Los datos fueron expresados como la media y desviación estándar (SD) en ambas evaluaciones (6 y 12 meses). Se contrastó la normalidad de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk. La comparación entre el grupo operado y el grupo control fue analizada usando la prueba de Mann-Whitney debido a una distribución sin normalidad. La significancia estadística se fijó en $p < 0,05$. El análisis estadístico fue hecho usando el SPSS versión 22.0 (Statistical Package for the Social Sciences, SPSS Inc., Armonk, NY.,USA).

RESULTADOS

A continuación se describen los principales resultados obtenidos en el estudio. En la Tabla I no se aprecian diferencias en edad ($p=0,333$), IMC (0,270), peso ($p=485$) y talla ($p=0,689$) pero si existen diferencias en el nivel de actividad física entre los grupos ($p=0,002$).

En la Tabla II se aprecia que no hubo diferencias estadísticamente significativas en las evaluaciones de JPS

Tabla I. Comparación de evaluación basal de parámetros antropométricos, edad y nivel. de actividad física de grupos operado y control.

Características	Grupo operado (N=15)	Grupo control (N=20)	Valor p
Edad (años)	25,5 ± 1,3	24,1 ± 0,8	0,333
Índice de masa corporal (kg/m ²)	25,1 ± 0,5	24,3 ± 0,5	0,270
Peso (kg)	77,33 ± 2,5	75,1 ± 2,0	0,485
Talla (cm)	175,0 ± 2,1	176,1 ± 1,8	0,689
Nivel de actividad física (1 a 10 puntos)	5,1 ± 0,5	7,5 ± 0,5	**0,002

** Diferencias significativas con valor $p < 0,01$

Tabla II. Sensación de la posición articular medida (prueba JPS) y Sensación de la fuerza (prueba Force Steadiness) en grupos operado y control.

Mediciones	Grupo operado (N=15)	Grupo control (N=20)	Valor p	Diferencia
JPS 0°- 30°	3,42 ± 2,53	2,81 ± 1,94	0,564	0,61
JPS 31°- 60°	3,75 ± 2,22	4,49 ± 3,05	0,681	0,74
JPS 61°- 90°	2,98 ± 1,05	1,92 ± 1,03	**0,003	-1,06
Steadiness (C _v)	0,064 ± 0,03	0,062 ± 0,02	0,987	-0,002

** Diferencias significativas con valor $p < 0,01$

31°-60°, los pacientes operados de LCA técnica HTH obtuvieron una media \pm desviación estándar igual a $3,75 \pm 2,22$, mientras que el grupo control obtuvo una media \pm desviación estándar igual $4,49 \pm 3,05$ ($p=0,681$). En las evaluaciones de JPS en el rango de 61°- 90° si existieron diferencias entre los grupos ($p=0,003$). En las mediciones de Force steadiness no existieron diferencias entre el grupo operado ($0,064 \pm 0,03$) y el grupo control $0,062 \pm 0,02$ ($p=0,987$).

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo cuantificar el déficit propioceptivo a través de las pruebas de Joint Position Sense y Force Steadiness en pacientes con reconstrucción de LCA con la técnica de injerto HTH después de 6 a 12 meses de la cirugía. La técnica de injerto HTH fue escogida para ser estudiada, debido a que compromete directamente el funcionamiento muscular del músculo cuádriceps femoral.

Los principales resultados de este estudio indicaron que en el rango articular inicial de 0°- 30° e intermedio de 31°- 60° no hubo diferencias significativas en las pruebas de JPS entre el grupo operado y el grupo control, por lo tanto los pacientes con R-LCA en estos rangos de movimiento no presentaron alteraciones en la propiocepción, sin embargo, en el rango final de 61°- 90°, fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas entre los pacientes operados y el grupo control, lo que indica la presencia de un déficit propioceptivo en los pacientes operados de LCA.

El déficit propioceptivo en pacientes con reconstrucción de LCA ha sido reportado ampliamente (Ihara & Nakayama, 1986; Barrack *et al.*, 1989; Barrett, 1991; Corrigan *et al.*, 1992; Shelbourne & Nitz, 1992; Beard *et al.*, 1994), sin embargo, los resultados han sido variados (Barrack *et al.*, 1989; Barrett, 1991; Beard *et al.*, 1994; Fremerey *et al.*, 2000; Ingersoll *et al.*, 2008; Angoules *et al.*, 2011). Existen estudios que al evaluar la propiocepción con la rodilla desde la extensión a la flexión en tres rangos de movimiento 15°, 45°, 75° (Angoules *et al.*, 2011), los pacientes no presentaron diferencias significativas después de 6 meses de la cirugía con las técnicas HTH y ST-G tomando como control la pierna contralateral (Carter *et al.*, 1997; Angoules *et al.*, 2011), por lo que la propiocepción retornó a su estado normal después de 6 meses en ambas cirugías.

Por otra parte, estudios (Carter *et al.*, 1997) coinciden con los resultados expuestos en esta investigación, mos-

trando la existencia de déficits en el reposicionamiento articular, los cuales han permanecido en el tiempo en pacientes con R-LCA (Fischer-Rasmussen & Jensen, 2000). Otros estudios (Fischer-Rasmussen & Jensen, 2000; Ochi *et al.*, 2002; Adachi *et al.*, 2002; Katayama *et al.*, 2004) registraron disminución de la capacidad para reposicionar activamente la rodilla lesionada, siendo movida desde una posición de flexión a una extensión a partir de los 60° (Fischer-Rasmussen & Jensen, 2000).

Fremerey *et al.* (2000) evaluaron el JPS en pacientes con inestabilidad anterior crónica de rodilla que habían sido operados de LCA, antes y después de 6 meses de la cirugía, considerando tres rangos de movimiento (extensión, 0° a 20°; rango medio, 40° a 60°; flexión, 80° a 100°) en el JPS, todos realizaron el mismo programa de rehabilitación y los resultados fueron comparados con el miembro inferior sano. Finalmente, la propiocepción fue restituida en el rango de flexión y extensión, sin embargo, persistió un déficit en el rango medio. Esta investigación muestra resultados similares a este estudio, indicando que en un rango de movimiento no fue posible restituir la propiocepción después de 6 meses de cirugía de LCA. A partir de estos resultados, algunos estudios (Good *et al.*, 1999) buscan dar una explicación a este comportamiento, y sugieren que este déficit propioceptivo se genera debido a que es posible que los receptores musculares dominan las señales aferentes de la posición durante el reposicionamiento articular y compensan las señales alteradas de los propioceptores articulares.

Algunos autores como Proske & Gandevia (2012) señalaron que los receptores articulares probablemente juegan un rol menor en la mayoría de las articulaciones, por lo que son incapaces de señalar la dirección del movimiento o la sensación de posición en el rango normal, por lo tanto, éstos proporcionan información de la posición en los extremos del rango normal de movimiento de las articulaciones, quizás actuando como detectores límites (Ferrell & Smith, 1988). Las terminaciones primarias (grupo Ia de fibras aferentes) y secundarias (grupo IIa de fibras aferentes) de los husos musculares son los principales sensores de posición y movimiento (Proske & Gandevia, 2012), ya que ellos son capaces de proporcionar información necesaria para identificar el sentido de posición del miembro, entregando retroalimentación sensorial a través de los cambios en la longitud de las estructuras musculares. Cuando el LCA ha sido lesionado, hay alteraciones en las señales aferentes de los receptores articulares las cuales afectan directamente el sistema de la motoneurona gamma (Konishi *et al.*, 2002a,b). El sistema motor gamma ajusta el acortamiento de las fibras intrafusales de los husos musculares, regulando la sensibilidad, afectando así la capacidad de producir una contracción muscular (Lysholm *et al.*, 1998). Por otro lado, el rango de

61°- 90° se relaciona con una variedad de actividades funcionales importantes tales como: el control postural o balance (Lysholm *et al.*, 1998), la marcha (Rudolph *et al.*, 1998), la carrera (Rudolph *et al.*, 2001), el salto vertical, y subir las escaleras (Ernst *et al.*, 2000) las que presentan déficits en la cinemática o cinética (Ingersoll *et al.*, 2008) en pacientes con lesión y reconstrucción de LCA.

El déficit propioceptivo arrojado en la evaluación de JPS 61°- 90° también podría explicarse como una consecuencia de la cirugía con injerto HTH, ya que el arco de movilidad (el aparato flexo-extensor de la rodilla) es afectado (Marder *et al.*, 1991; Aglietti *et al.*, 1994). La literatura señala que podrían presentarse efectos secundarios post-cirugía con injerto HTH tales como: a) una incidencia importante del daño al aparato extensor de rodilla, b) un potencial dolor anterior de rodilla (Rubinstein Jr. *et al.*, 1994), c) fracturas y crepitaciones de patela y d) una retracción infrapatelar (Sachs *et al.*, 1989; O'Brien *et al.*, 1991; Corrigan *et al.*, 1992; Beard *et al.*, 1994).

Otros autores como Sachs *et al.* (1989) han estudiado el retardo electromiográfico en el mecanismo extensor siguiendo una reconstrucción de LCA, reportando un mayor retraso en la respuesta extensora en pacientes con injerto hueso-tendón-hueso, que puede ser explicado por el incremento de la rigidez del mecanismo extensor por alteraciones en la excitación del sistema de acoplamiento. Si bien en este estudio no fue evaluada la electromiografía del aparato extensor, es probable que estos pacientes se encuentren con un déficit de activación muscular que se relaciona directamente con la incapacidad de reposicionar la articulación de una manera precisa.

En el presente estudio ambos miembros inferiores fueron evaluados realizando las dos pruebas de propiocepción, sin embargo, no fue considerada el miembro sano de los pacientes operados como variable de control, ya que éste también es afectado producto de la lesión y cirugía (Kostogiannis *et al.*, 2007), y al ser comparado con el miembro operado, no hubo diferencias estadísticas significativas en los resultados (JPS 0°-30° $p=0.480$, 31°-60° $p=0.262$, 61°-90° $p=0.3610$, steadiness $p=0.769$).

Algunos investigadores (Baumeister *et al.*, 2008) demostraron las diferencias en la excitabilidad cortical medida por electroencefalograma durante un reposicionamiento de la rodilla con reconstrucción de LCA, en que la actividad cerebral demuestra significativamente la mayor potencia en el cortex del cíngulo anterior en ambos miembros inferiores del grupo operado *versus* el grupo control. Reportes de inhibición de músculo cuádriceps femoral bilateral en casos de lesión de LCA unilateral sugieren que existe un efecto

crucado que probablemente es causado por mecanismos del sistema nervioso central (Urbach *et al.*, 1999; Chmielewski *et al.*, 2004). En otros estudios se ha reportado la existencia de una disfunción en la vía refleja (bucle gamma) que se ha generado bilateralmente en pacientes con lesión unilateral de LCA, proporcionando evidencia que los mecanismos del sistema nervioso central, los cuales deberían ser de naturaleza interneural o supraespinal, podrían influir en el control neuromuscular de todo el organismo (Konishi *et al.*, 2003). Esta disfunción bilateral del músculo cuádriceps femoral ha sido reportada tempranamente siguiendo pacientes con reconstrucción de LCA, lo cual podría estar resuelto después de 18 meses aproximadamente en el miembro inferior no lesionado, mientras que el déficit podría persistir en el miembro inferior lesionado (Kostogiannis *et al.*, 2007).

Con respecto a la prueba de Force steadiness, los resultados entre los pacientes operados y el grupo control no mostraron diferencias estadísticas, indicando que no hubo alteraciones propioceptivas en esta prueba, lo que podría ser respaldado con el trabajo neuromuscular realizado por los pacientes antes de ser evaluados, debido a que todos ellos siguieron el mismo programa de entrenamiento propioceptivo y muscular al menos tres veces por semana. En este sentido, investigadores (Ingersoll *et al.*, 2008) explicaron que la reorganización neuromuscular en pacientes con reconstrucción de LCA es un factor esencial que se presenta frente a una alteración, incluso más que otros impedimentos clínicos reconocidos, tales como la pérdida de fuerza y la atrofia muscular.

También pueden existir alteraciones en la fuerza atribuibles al dramático cambio en las estrategias de activación muscular de los miembros inferiores, particularmente la inhibición del músculo cuádriceps femoral y la activación de los músculos isquiotibiales (Ingersoll *et al.*, 2008), por esta razón, es importante que el paciente pueda considerar una adecuada rehabilitación post cirugía (Ramos Álvarez *et al.*, 2008).

La literatura explica que después de los 3 meses de cirugía de LCA los pacientes comienzan a potenciar la musculatura, realizan ejercicios concéntricos y excéntricos, y una fase de recuperación de la propiocepción más avanzada, luego a partir de los 4 meses realizan ejercicios pliométricos, y finalmente los pacientes pueden retornar a la actividad física entre los 6 a 12 meses (Shelbourne & Nitz, 1992; Ramos Álvarez *et al.*, 2008). En una investigación (Tracy & Enoka, 2006) realizada en personas mayores se aplicó un entrenamiento para mejorar el control de la fuerza durante contracciones excéntricas y concéntricas de los músculos extensores de la rodilla, lo que generó un impacto positivo sobre el rendimiento en las actividades de la vida

diaria de estos pacientes. El estudio de Carter *et al.* (1997) planteó un programa de rehabilitación intensivo (5 horas al día, 5 veces por semana, por un mes) en pacientes con LCA deficiente, el cual involucró entrenamiento muscular y propioceptivo de acuerdo a la capacidad y requerimiento del paciente, y en la evaluación post rehabilitación se encontró aumento de la fuerza del músculo cuádriceps femoral, sin mejora en el JPS. Si bien, en nuestro estudio, los pacientes operados de LCA estaban retornando a sus actividades diarias y deportivas, al ser considerada la Escala de Tegner para verificar el nivel de actividad física (frecuencia e intensidad), se hallaron diferencias estadísticamente significativas ($p=0.002$) entre grupos, resultando el grupo operado menos activo. Esta diferencia es esperable, considerando que el grupo post R-LCA aún se encontraba en rehabilitación kinésica por la cirugía del ligamento cruzado anterior, que es donde se obtuvo la muestra por conveniencia. El presente estudio propuso la evaluación de dos submodalidades de la propiocepción, JPS (Riemann *et al.*, 2002; Olsson *et al.*, 2004; Angoules *et al.*, 2011) y Force steadiness (Tracy & Enoka *et al.*, 2006; Kouzaki & Shinohara, 2010; Ye *et al.*, 2014), las que permitieron ampliar la visión del estado propioceptivo de los pacientes operados de LCA entre 6 y 12 meses. De toda la revisión bibliográfica realizada no fue posible encontrar las dos evaluaciones en un solo estudio, por lo que consideramos interesante usar este tipo de prueba para evaluar la propiocepción.

Limitaciones y Proyecciones. Las limitaciones de este estudio fueron realizar las mediciones sólo una vez en cada paciente, aunque las pruebas fueron realizadas por el mismo examinador, lo que le da soporte a la investigación, sin embargo, una limitante fue el tamaño muestral obtenido y el tiempo empleado por paciente en cada prueba, lo que no permitió realizar un número importante de evaluaciones en una sola jornada y/o evaluar a todos los pacientes al mismo tiempo.

Considerando los resultados expuestos, se sugiere en futuras investigaciones estudiar por qué en algunos rangos de movimiento no existen déficits propioceptivos después de 6 meses de rehabilitación en pacientes con cirugía reconstructiva del LCA, mientras que en otros sí, por lo que es un tema que aún no está claro y el cual podría ser profundizado con nuevos estudios. Por esto, en nuevas investigaciones se sugiere evaluar a los pacientes en un pre y post-test o realizar algún seguimiento post-operatorio

CONCLUSIÓN

Se concluye que la sensación de la posición articular

medida con la prueba JPS en tres rangos articulares de pacientes con reconstrucción de LCA injerto HTH 6 a 12 meses post cirugía sólo mostró alteraciones en el rango de 61° - 90° al ser comparado con el grupo control, lo cual indica que la sensación de la posición articular presenta un déficit en este rango específico. Los resultados del presente estudio deben ser considerados por los profesionales de la salud al momento de aplicar programas de rehabilitación en pacientes con esta condición clínica.

ÁLVAREZ-ORTIZ, I.; SILVESTRE, R.; MAHECHA-MATSUDO, S.; MORÁN-BRAVO, M.; MORALES-ZUÑIGA, J. & YÁÑEZ-SEPÚLVEDA, R. Effects of bone-patellar tendon-bone autograft on joint position and strength in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Int. J. Morphol.*, 40(5):1186-1193, 2022.

SUMMARY: The aim of the study was to compare the proprioceptive deficit through the Joint position sense (JPS) and Force steadiness in patients with anterior cruciate ligament (ACL) bone-patellar tendon-bone graft (PTH) reconstruction 6 to 12 months post-surgery. Fifteen patients (13 men and 2 women, 25.5 ± 1.3 years) with ACL reconstruction with HTH autograft and 20 persons without ACL injury (19 men and 1 woman, 24.1 ± 0.8 years) participated. To assess knee joint position sensation, Joint position sense (JPS) was measured in three ranges: 0° - 30° , 31° - 60° and 61° - 90° and quadriceps strength sensation was assessed with the Force steadiness (FS) test at 15 % of maximal voluntary contraction (MVC), both tests performed 6 to 12 months post surgery. The results showed that there were no statistically significant differences in joint position sensation (JPS 0° - 30°) ($p=0.564$) and 31° - 60° ($p=0.681$), while in the range 61° - 90° ($p=0.003$) there were statistically significant differences. In the quadriceps strength sensation measurements (FS at 15 % CVM) between the patients operated on ACL HTH technique and the control group there were no statistical differences ($p=0.987$). The quadriceps strength sensation measured with the FS test at 15 % CVM would not present a deficit between 6 to 12 months in post-operated ACL patients when compared to subjects without injury or surgery of this ligament. It is concluded that the joint position sensation measured with the JPS test in three joint ranges of patients with ACL reconstruction HTH graft 6 to 12 months post surgery only showed alterations in the range of 61° - 90° when compared to the control group, indicating that the joint position sensation presents a deficit in this specific range.

KEY WORDS: Patellar tendon; Proprioception; Joint position sense; Force steadiness.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adachi, N.; Ochi, M.; Uchio, Y.; Iwasa, J.; Ryoke, K. & Kuriwaka, M. Mechanoreceptors in the anterior cruciate ligament contribute to the joint position sense. *Acta Orthop. Scand.*, 73(3):330-4, 2002.

- Aglietti, P.; Buzzi, R.; Zaccherotti, G. & De Biase, P. Patellar tendon versus doubled semitendinosus and gracilis tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am. J. Sports Med.*, 22(2):211-7, 1994.
- Angoules, A. G.; Mavrogenis, A. F.; Dimitriou, R.; Karzis, K.; Drakoulakis, E.; Michos, J. & Papagelopoulos, P. J. Knee proprioception following ACL reconstruction; a prospective trial comparing hamstrings with bone-patellar tendon-bone autograft. *Knee*, 18(2):76-82, 2011.
- Barrack, R.; Skinner, H. & Buckley, S. Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. *Am. J. Sports Med.*, 17(1):1-6, 1989.
- Barrett, D. Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. *J. Bone Joint Surg Br*, 73(5):833-7, 1991.
- Baumeister, J.; Reinecke, K. & Weiss, M. Changed cortical activity after anterior cruciate ligament reconstruction in a joint position paradigm: an EEG study. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 18(4):473-84, 2008.
- Beard, D.; Kyberd, P.; O'Connor, J.; Fergusson, C. & Dodd, C. Reflex hamstring contraction latency in anterior cruciate ligament deficiency. *J. Orthop.*, 12(2):219-28, 1994.
- Beynon, B. D.; Johnson, R. J.; Abate, J. A.; Fleming, B. C. & Nichols, C. E. Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part I. *Am. J. Sports Med.*, 33(10):1579-602, 2005.
- Carter, N. D.; Jenkinson, T. R.; Wilson, D.; Jones, D. W. & Torode, A. S. Joint position sense and rehabilitation in the anterior cruciate ligament deficient knee. *Br. J. Sports Med.*, 31(3):209-12, 1997.
- Chmielewski, T. L.; Stackhouse, S.; Axe, M. J. & Snyder-Mackler, L. A prospective analysis of incidence and severity of quadriceps inhibition in a consecutive sample of 100 patients with complete acute anterior cruciate ligament rupture. *J. Orthop. Res.*, 22(5):925-30, 2004.
- Corrigan, J. P.; Cashman, W. F. & Brady, M. P. Proprioception in the cruciate deficient knee. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 74(2):247-50, 1992.
- Cullison, T. R.; O'Brien, T. J.; Getka, K. & Jonson, S. Anterior cruciate ligament reconstruction in the military patient. *Mil. Med.*, 163(1):17-9, 1998.
- Ernst, G. P.; Saliba, E.; Diduch, D. R.; Hurwitz, S. R. & Ball, D. W. Lower-extremity compensations following anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys. Ther.*, 80(3):251-60, 2000.
- Ferrell, W. R. & Smith, A. Position sense at the proximal interphalangeal joint of the human index finger. *J. Physiol.*, 399:49-61, 1988.
- Fischer-Rasmussen, T. & Jensen, P. E. Proprioceptive sensitivity and performance in anterior cruciate ligament-deficient knee joints. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 10(2):85-9, 2000.
- Fremerey, R. W.; Lobenhoffer, P.; Zeichen, J.; Skutek, M.; Bosch, U. & Tschern, H. Proprioception after rehabilitation and reconstruction in knees with deficiency of the anterior cruciate ligament: a prospective, longitudinal study. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 82(6):801-6, 2000.
- Good, L.; Roos, H.; Gottlieb, D. J.; Renström, P. A. & Beynon, B. D. Joint position sense is not changed after acute disruption of the anterior cruciate ligament. *Acta Orthop. Scand.*, 70(2):194-8, 1999.
- Hansen, J. *Netter Anatomía Clínica*. Barcelona, Masson, 2006.
- Hewett, T. E.; Paterno, M. V. & Myer, G. D. Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, (402):76-94, 2002.
- Ibrahim, S. A. R.; Al-Kussary, I. M.; Al-Misfer, A. R. K.; Al-Mutairi, H. Q.; Ghafar, S. A. & El Noor, T. A. Clinical evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus gracilis and semitendinosus autograft. *Arthroscopy*, 21(4):412-7, 2005.
- Ihara, H. & Nakayama, A. Dynamic joint control training for knee ligament injuries. *Am. J. Sports Med.*, 14(4):309-15, 1986.
- Ingersoll, C.; Grindstaff, T.; Pietrosimone, B. G. & Hart, J. M. Neuromuscular consequences of anterior cruciate ligament injury. *Clin. Sports Med.*, 27(3):383-404, 2008.
- Karasel, S.; Akpınar, B.; Gulbahar, S.; Baydar, M.; El, O.; Pinar, H.; Tatari, H.; Karoğlu, O. & Akalin, E. Clinical and functional outcomes and proprioception after a modified accelerated rehabilitation program following anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft. *Acta Orthop. Traumatol. Turc.*, 44(3):220-8, 2010.
- Katayama, M.; Higuchi, H.; Kimura, M.; Kobayashi, A.; Hatayama, K.; Terauchi, M. & Takagishi, K. Proprioception and performance after anterior cruciate ligament rupture. *Int. Orthop.*, 28(5):278-81, 2004.
- Konishi, Y.; Fukubayashi, T. & Takeshita, D. Possible mechanism of quadriceps femoris weakness in patients with ruptured anterior cruciate ligament. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 34(9):1414-8, 2002a.
- Konishi, Y.; Fukubayashi, T. & Takeshita, D. Mechanism of quadriceps femoris muscle weakness in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 12(6):371-5, 2002b.
- Konishi, Y.; Konishi, H. & Fukubayashi, T. Gamma loop dysfunction in quadriceps on the contralateral side in patients with ruptured ACL. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 35(6):897-900, 2003.
- Kostogiannis, I.; Ageberg, E.; Neuman, P.; Dahlberg, L.; Fridén, T. & Roos, H. Activity level and subjective knee function 15 years after anterior cruciate ligament injury: a prospective, longitudinal study of nonreconstructed patients. *Am. J. Sports Med.*, 35(7):1135-43, 2007.
- Kouzaki, M. & Shinohara, M. Steadiness in plantar flexor muscles and its relations to postural sway in young and elderly adults. *Muscle Nerve*, 42(1):78-87, 2010.
- Lysholm, M.; Ledin, T.; Odkvist, L. & Good, L. Postural control--a comparison between patients with chronic anterior cruciate ligament insufficiency and healthy individuals. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 8(6):432-8, 1998.
- Marder, R. A.; Raskind, J. R. & Carroll, M. Prospective evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction. Patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendons. *Am. J. Sports Med.*, 19(5):478-84, 1991.
- O'Brien, S. J.; Warren, R. F.; Pavlov, H.; Panariello, R. & Wickiewicz, T. L. Reconstruction of the chronically insufficient anterior cruciate ligament with the central third of the patellar ligament. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 73(2):278-86, 1991.
- Ochi, M.; Iwasa, J.; Uchio, Y.; Adachi, N. & Kawasaki, K. Induction of somatosensory evoked potentials by mechanical stimulation in reconstructed anterior cruciate ligaments. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 84(5):761-6, 2002.
- Olsson, L.; Lund, H.; Henriksen, M.; Rogind, H.; Bliddal, H. & Danneskiold-Samsøe, B. Test-retest reliability of a knee joint position sense measurement method in sitting and prone position. *Adv Physiother.*, 6(1):37-47, 2004.
- Prodromos, C. C.; Han, Y.; Rogowski, J.; Joyce, B. & Shi, K. A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthroscopy*, 23(12):1320-1325.e6, 2007.
- Proske, U. & Gandevia, S. C. The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiol. Rev.*, 92(4):1651-97, 2012.
- Ramos Álvarez, J. J.; López-Silvarrey, F. J.; Segovia Martínez, J. C.; Martínez Melen, H. & Legido Arce, J. C. Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA). Revisión. *Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fis. Deporte.*, 8(29):62-92, 2008.
- Riemann, B. L.; Myers, J. B. & Lephart, S. M. Sensorimotor system measurement techniques. *J. Athl. Train.*, 37(1):85-98, 2002.
- Rubinstein Jr, R. A.; Shelbourne, K. D.; VanMeter, C. D.; McCarroll, J. C. & Rettig, A. C. Isolated autogenous bone-patellar tendon-bone graft site morbidity. *Am. J. Sports Med.*, 22(3):324-7, 1994.
- Rudolph, K. S.; Axe, M. J.; Buchanan, T. S.; Scholz, J. P. & Snyder-Mackler, L. Dynamic stability in the anterior cruciate ligament deficient knee. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 9(2):62-71, 2001.
- Rudolph, K. S.; Eastlack, M. E.; Axe, M. J. & Snyder-Mackler, L. 1998 Basmajian Student Award Paper: Movement patterns after anterior cruciate ligament injury: a comparison of patients who compensate well for the injury and those who require operative stabilization. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 8(6):349-62, 1998.
- Sachs, R. A.; Daniel, D. M.; Stone, M. L. & Garfein, R. F. Patellofemoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am. J. Sports Med.*, 17(6):760-5, 1989.

- Scott, N. & Insall, S. *Surgery of the Knee*. 4th ed. Philadelphia, Churchill Livingstone, 2006.
- Shelbourne, K. D. & Nitz, P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *J. Orthop. Sports Phys.*, 15(6):256-64, 1992.
- Tracy, B. L. & Enoka, R. M. Older adults are less steady during submaximal isometric contractions with the knee extensor muscles. *J. Appl. Physiol.* (1985), 92(3):1004-12, 2002.
- Tracy, B. L. & Enoka, R. M. Steadiness training with light loads in the knee extensors of elderly adults. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 38(4):735-45, 2006.
- Trees, A. H.; Howe, T. E.; Dixon, J. & White, L. *Exercise for treating isolated anterior cruciate ligament injuries in adults*. Cochrane Database Syst Rev., (4):CD005316, 2005.
- Urbach, D.; Nebelung, W.; Weiler, H. & Awiszus, F. Bilateral deficit of voluntary quadriceps muscle activation after unilateral ACL tear. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 31(12):1691-6, 1999.
- West, R. V. & Harner, C. D. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.*, 13(3):197-207, 2005.
- Wilk, K. E. & Arrigo, C. A. Rehabilitation principles of the anterior cruciate ligament reconstructed knee: twelve steps for successful progression and return to play. *Clin. Sports Med.*, 36(1):189-232, 2017.
- Ye, X.; Beck, T. W. & Wages, N. P. Influences of dynamic exercise on force steadiness and common drive. *J. Musculoskelet. Neuronal Interact.*, 14(3):377-86, 2014.

Dirección para correspondencia:
Rodrigo Yáñez-Sepúlveda
Facultad de Educación y Ciencias Sociales
MOVED Research Group
Campus los Castaños
Viña del Mar
CHILE

E-mail:rodrigo.yanez.s@unab.cl