

# Descripción del movimiento de la rodilla en un deportista con lesión completa bilateral del ligamento cruzado anterior. Nota técnica

Darío Santos<sup>1</sup>, Andrea Mattiozzi<sup>2</sup>, Juan Del Castillo<sup>3</sup>, Franco Simini<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Rehabilitación, Hospital de Clínicas. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.

<sup>2</sup>Hospital de Clínicas. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.

<sup>3</sup>Clínica de Traumatología y Ortopedia de Adultos. Facultad de Medicina. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.

<sup>4</sup>Facultades de Medicina e Ingeniería. Hospital de Clínicas. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.

## RESUMEN

La rotación tibial y la migración del punto de contacto tibiofemoral a lo largo del platillo tibial, y durante la tarea motora de subir un escalón de 17 cm de altura, difieren entre las medidas tomadas en un individuo con lesión bilateral de ligamento cruzado anterior y las de un voluntario saludable. Al subir el escalón, la rotación promedio de la tibia de ambos miembros inferiores cambia de 25 a 14°, y para el caso del voluntario sano, de 20 a 5°. La migración del punto de contacto, en cambio, está muy alterada ya que cambia de 30% a 45%, mientras que para el voluntario cambia de 45 a 80%. Esta metodología cuantitativa denominada CINARTRO permite evaluar objetivamente la función dinámica de la rodilla, realizar el diagnóstico funcional y orientar la rehabilitación con mayor exactitud y eficiencia.

**Nivel de evidencia:** V

**Palabras Claves:** Rodilla; Movimiento Funcional; LCA; CINARTRO; Estereofotogrametría

## ABSTRACT

*Tibial rotation and migration of the tibiofemoral contact point along the tibial plateau during the motor task of climbing a step of 17 cm of height differ between measurements taken in an individual with bilateral anterior cruciate ligament full injury and those of a healthy volunteer. During step negotiation the mean rotation of both lower limbs changes from 25 to 14° and the healthy volunteer 20° to 5°. The contact point migration changes from (bilateral injury) 30 to 45% and (healthy) 45 to 80%. These measurements of 3D stereophotogrammetry and videofluoroscopy (CINARTRO) allow to perform an evaluation of the dynamic function of the knee for a functional diagnosis and follow up and rehabilitation with greater accuracy and efficiency than in the absence of this objective evaluation.*

**Level of evidence:** V

**Keywords:** Knee; Functional Movement; ACL; CINARTRO; Stereophotogrametry

## INTRODUCCIÓN

La rodilla es una de las articulaciones más frecuentemente lesionadas. En los Estados Unidos alcanza, cada año, un registro de doscientas mil reconstrucciones del ligamento cruzado anterior (LCA).<sup>1</sup>

El LCA estabiliza principalmente el desplazamiento posteroanterior, y secundariamente los movimientos de rotación interna de la tibia.<sup>2</sup> La mayoría de las lesiones ocurren en situaciones sin contacto y el mecanismo más frecuente es durante la flexión de rodilla, con valgo y rotación externa tibial, con el pie fijo en el suelo.<sup>1</sup>

Los estudios clínicos sobre los cambios en el movimiento de las articulaciones de los miembros inferiores, luego de la lesión completa del LCA, son limitados.<sup>3</sup> Esta información es necesaria para implementar las estrategias de rehabilitación de estos pacientes, previa y posterior a la reconstrucción del LCA.<sup>4,5</sup>

Baltzopoulos desarrolló el concepto de “Punto de Contacto Tibio Femoral” (PCTF),<sup>6</sup> que mediante el reconocimiento de estructuras anatómicas del fémur y de la tibia en imágenes de RX, determina parámetros mecánicos que ayudan a conocer el estadio clínico funcional de la rodilla.

Nuestro equipo interdisciplinario desarrolló una metodología cuantitativa denominada CINARTRO<sup>7</sup> que permite documentar el estado funcional de la articulación de la rodilla con LCA roto y reconstruido.<sup>8</sup> CINARTRO determina el PCTF durante la extensión de la rodilla en plena tarea motora de subir un escalón y realiza el estudio en 2D, sin registrar el movimiento de rotación axial de la tibia. El registro de la rotación axial requiere de un sistema de captura de movimiento en 3D propio de la estereofotogrametría.<sup>9</sup>

En este trabajo presentamos valores de Rotación de la Tibia (RT) y de migración del PCTF, utilizando la combinación de CINARTRO y estereofotogrametría con el sistema VICON en un paciente con lesión bilateral de LCA. Esta lesión es infrecuente, pero a medida que crece la participación en deportes de alta actividad, aumenta su prevalencia.<sup>1</sup>

Darío Santos

santosdario69@gmail.com

Frente a la práctica habitual de basar el diagnóstico y seguimiento en imágenes estáticas, consideramos relevante aportar información sobre los parámetros del movimiento de la Articulación de la Rodilla (AR), el que representa la esencia misma de la articulación. Los estudios de la articulación en movimiento podrán complementar las imágenes estáticas, sin por eso sustituirlas. Comparamos aquí los resultados obtenidos en el estudio de movilidad de ambas rodillas lesionadas con los de la rodilla de un individuo saludable.

## OBJETIVO

Describir el movimiento de la articulación tibiofemoral en un paciente con lesión completa bilateral del LCA, mediante el uso combinado de estereofotogrametría 3D y videofluoroscopia 2D.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron dos sujetos masculinos de peso, talla y edades similares: un futbolista amateur con lesión completa del LCA en las dos rodillas, veintiocho años, 1.82 m de altura y 72 kg de peso, y un voluntario saludable. Fueron informados sobre los procedimientos que se les realizarían y firmaron su consentimiento. El estudio se realizó en los Departamentos de Rehabilitación, Imagenología y Medicina del Deporte del Hospital de Clínicas, cuyo Comité de Ética aprobó el protocolo.

El LCA derecho se lesionó en febrero de 2017 y el izquierdo en febrero de 2018, treinta meses y seis meses, respectivamente, antes de la redacción del presente trabajo. En ambas situaciones, el mecanismo lesional fue flexión, rotación y valgo de rodilla sin contacto durante la práctica deportiva. Del examen físico se destaca una disminución muscular a predominio de muslo izquierdo, sin derrame articular a nivel de rodillas. Se comprueba un rango completo de movimiento en maniobras pasivas y activas, con dolor en el sector posterior de rodilla izquierda a la flexión máxima (5/10 EVA). Lachman positivo bilateral, maniobras meniscales impresionan negativas (fig. 1).

La estereofotogrametría fue realizada con un sistema VICON® con ocho cámaras infrarrojas Vonita® (figs. 2A y 2B), y a continuación la videofluoroscopia, que permitió obtener imágenes de RX durante la tarea motora, con un equipo Siemens modelo Luminos Fusion (fig. 2C). Posteriormente, ambos estudios fueron combinados con CINARTRO (fig. 2D).

Estudiamos la excursión del PCTF y la rotación axial de la tibia durante la extensión de la rodilla en tarea motora de subir un escalón de 17 cm de altura por 50 cm de profundidad.

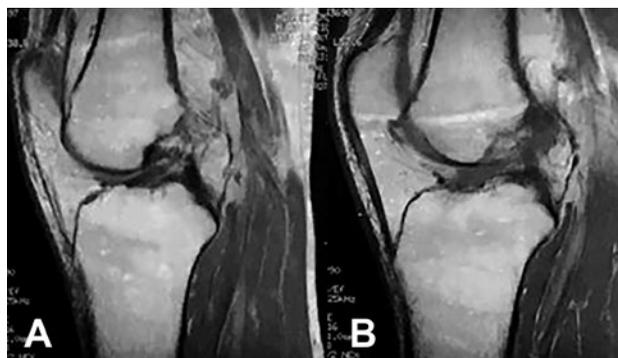


Figura 1: Imágenes de RM, corte sagital. Obsérvese la lesión del LCA en rodillas derecha (A) e izquierda (B).

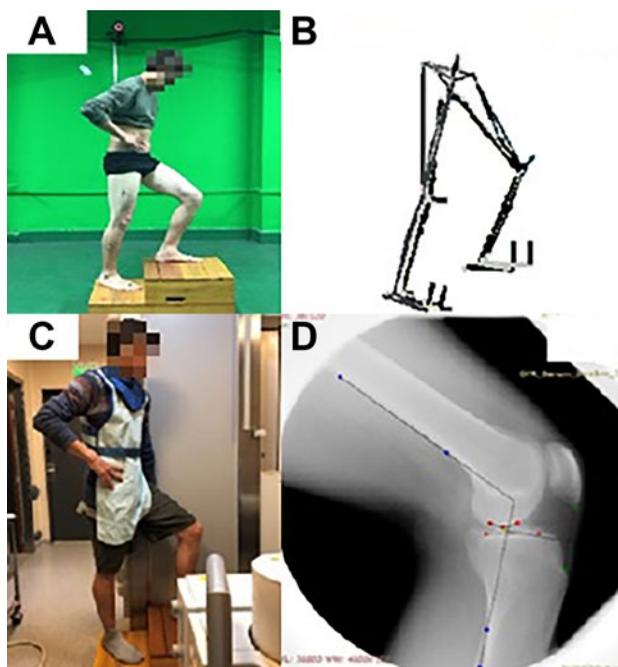


Figura 2: Paciente subiendo un escalón, registrado con estereofotogrametría VICON y análisis dinámico CINARTRO. A) Apréciase una de las 8 cámaras infrarrojas que detectan los marcadores reflectivos en miembros inferiores. B) Modelo mecánico generado VICON/Nexus® para determinar la rotación tibial. C) Videofluoroscopia/CINARTRO de la AR al subir el escalón. D) Procesamiento CINARTRO de la imagen RX: diáfisis de fémur y tibia, cóndilo femoral y platillo tibial, todos marcados para estimar la migración del PCTF.

## RESULTADOS

El gráfico 3a presenta el ángulo de RT respecto al fémur de las tres articulaciones, izquierda y derecha, del sujeto bilesionado y del voluntario saludable, desde 70° de flexión a 10° de extensión. La rodilla lesionada derecha inicia la extensión con 23° de rotación interna de la tibia y alcanza un máximo de 13°. La izquierda inicia en 28° y finaliza en 14° de rotación interna. La rodilla sana inicia en 20° y alcanza 5° de rotación interna.

El gráfico 3b (expresado en porcentajes) presenta las curvas de migración del PCTF del platillo tibial,<sup>10</sup> donde se

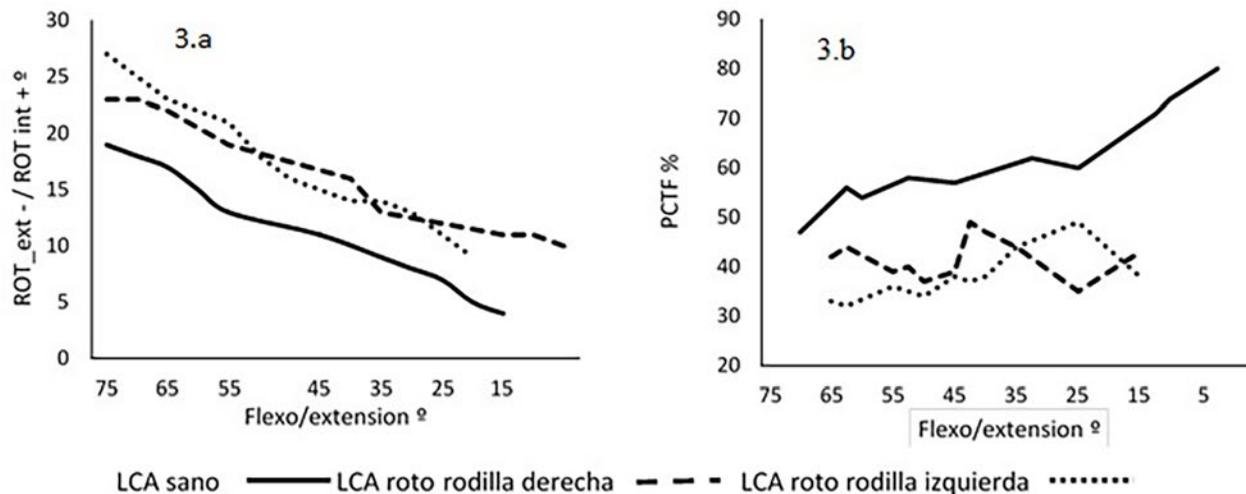


Gráfico 3: Valores de la RT (a) y de la migración del PCTF (b) de las tres articulaciones, izquierda y derecha del sujeto billesionado y derecha del voluntario saludable, desde 70° de flexión hasta 10° de extensión de la AR.

aprecia una migración de 45 a 80% desde la flexión hasta la extensión completa en la AR saludable. En las AR lesionadas, la variación es menor: en la izquierda es de 30% a 45% y al final de la máxima extensión, 10° vuelve al 35%. En la AR derecha presenta un movimiento similar.

## DISCUSIÓN

La comunicación de un caso fortuito e inhabitual de doble rotura del LCA en un año lleva a analizar el efecto de tal lesión, sin contralateral sano que compense la situación de deambulación.

Las medidas de ambas rodillas se distancian de las de un individuo sano, confirmando que la medida funcional, que es la que se realiza durante el movimiento, aporta información de valor para la conducta en la rehabilitación. En este sentido, el rango de la rotación interna de la tibia es similar en las tres AR, aproximadamente de 15°, sin embargo, la diferencia radica en el inicio del movimiento: la AR sana parte de 20° y en ambas rodillas lesionadas inicia con valores mayores de rotación interna, 23° y 28° derecha e izquierda, respectivamente. Esta situación coincide con lo esperable cuando se lastima el LCA, el control pasivo de la rotación interna se pierde<sup>3</sup> y, si bien este rango es similar en las rodillas lesionadas y en la sana, el valor de inicio al subir el escalón es mayor en las AR lesionadas.

Cuando observamos la migración del PCTF en la AR sana, el rango es del 35% a 80%), en las lesionadas se encuentra en torno al 15% (30 a 45%). Los valores de referencia en rodillas normales son de 40% ± 5%.<sup>11</sup> Esta excursión de migración del PCTF se asocia a la necesidad de distribuir las zonas de contacto articular a lo largo del movimiento de la AR. En cambio, en las rodillas del

individuo con lesión bilateral del LCA, la migración del PCTF se encuentra restringida.

Algunos trabajos fundamentan que, debido a que el LCA es el estabilizador primario, después de su rotura se pierde estabilidad, y en términos de la excursión del PCTF, la AR ve limitado su movimiento a causa de factores de contención neuromuscular.<sup>4</sup>

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que sería muy apropiado cuantificar la migración del PCTF y de la RT para disponer de evidencia en la toma de decisiones clínicas, fundamentalmente en aquellas vinculadas a los procesos de rehabilitación de individuos que han sufrido lesiones del LCA. Por lo tanto, proponemos diseñar un instrumento simple y confiable denominado CINAR-3D (variante 3D de CINARTRO), el cual en un contexto clínico rutinario podría complementar la evaluación osteocinemática, la evolución del movimiento de superficie articular artrocinemática de la AR en presencia de ruptura y la posterior plastia del LCA.

Las conclusiones de este trabajo se ven limitadas por el hecho de describir un solo caso de lesión completa bilateral del LCA. El fundamento basado en casuísticas más numerosas se encuentra en otras publicaciones sobre CINARTRO.<sup>8,10</sup> Conforme se puedan presentar otros pacientes con lesión bilateral, podrán ser incluidos en futuros estudios.

En efecto, la evaluación de la migración del PCTF y el rango de RT durante la tarea motora son elementos de valor para la toma de decisiones en la planificación y seguimiento de la rehabilitación. Una simple imagen estática del paciente indicará que la reconstrucción fue hecha de acuerdo a los consensos establecidos, pero sin especificar su estado funcional.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Richmond JC. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Oper Tech Sports Med.* 2009; vol. 26, N° 4: 165–7.
2. Gao B; Zheng NN. Alterations in three-dimensional joint kinematics of anterior cruciate ligament-deficient and -reconstructed knees during walking. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2010; vol. 25, N° 3(mar): 222–9.
3. Zabala ME; Favre J; Scanlan SF; Donahue J; Andriacchi TP. Three-dimensional knee moments of ACL reconstructed and control subjects during gait, stair ascent, and stair descent. *J Biomech*, 2013; vol. 46, N° 3(feb): 515–20.
4. Koo S; Rylander JH; Andriacchi TP. Knee joint kinematics during walking influences the spatial cartilage thickness distribution in the knee. *J Biomech*, 2011; vol. 44, N° 7(apr): 1405–9.
5. Arcuri F; Abalo E; Barclay E. Uso de escores para evaluación de resultados en cirugía del Ligamento Cruzado Anterior. *Artroscopia*, 2011; vol. 17, N° 3: 241–7.
6. Baltzopoulos V. A videofluoroscopy method for optical distortion correction and measurement of knee-joint kinematics. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 1995; vol. 10, N° 2(mar): 85–92.
7. Simini F; Santos D. Anterior Cruciate Ligament reconstruction follow-up instrumentation based on Centre of Rotation videofluoroscopy determination: Development of an original equipment, CINARTRO, and first clinical use. En: *Conference Record - IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, 2014, pp. 923–6.
8. Santos D; Massa F; Simini F. Evaluation of anterior cruciate ligament reconstructed patients should include both self-evaluation and anteroposterior joint movement estimation? *Phys Ther Rehabil*, 2015; vol. 2, N° 1: 3.
9. von Porat A; Henriksson M; Holmström E; Thorstensson CA; Mattsson L; Roos EM. Knee kinematics and kinetics during gait, step and hop in males with a 16 years old ACL injury compared with matched controls. *Knee Surgery Sport Traumatol Arthrosc*, 2006; vol. 14, N° 6: 546–54.
10. Santos D; Simini F; Francescoli L; Massa F; Barquet A; Camarot T. Beyond traditional clinical evaluation of knee articulation movement to physiological assessment of dynamic ACL function during extension. En: XIII International Symposium on 3D Analysis of Human Movement. *École Polytechnique Fédérale de Lausanne*; Suiza, 2014; pp. 62–5.
11. Tsaopoulos DE; Baltzopoulos V; Maganaris CN. Human patellar tendon moment arm length: measurement considerations and clinical implications for joint loading assessment. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2006; vol. 21, N° 7(aug): 657–67.