

# Estudio del *pivot-shift* con navegación durante la cirugía del ligamento cruzado anterior con técnica anatómica

R. García Bógalo, R. Larraínzar Garijo, R. Pérez Mañanes, L. Horna Castañeira, D. Escobar Antón, A.D. Murillo Vizueté, J. Montoya Adarraga, O. Marín-Peña

Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario Infanta Leonor. Madrid

## Correspondencia:

Dr. Raúl García Bógalo  
c/ Puerto Serrano, 10, portal 4A - 2.º D. 28045 Madrid  
Correo electrónico: [rgbogalo@hotmail.com](mailto:rgbogalo@hotmail.com)

**Objetivo:** El objetivo principal de este trabajo es el estudio y cuantificación del *pivot-shift* (PS) mediante el sistema de "navegación" de Orthopilot® durante la cirugía del LCA.

**Material y método:** Estudio clínico transversal sobre 17 pacientes intervenidos por lesión crónica del LCA. Se realizaron pruebas de estabilidad en un solo plano y el PS lateral. Al analizar los test de laxitud del "navegador", en un paciente se optó por reconstruir únicamente el fascículo posterolateral, y a otro paciente se le añadió una tenodesis lateral a la reconstrucción intraarticular. Para la reconstrucción estándar se utilizó la técnica anatómica con injerto de isquiotibiales.

**Resultados:** Se describen los tipos de curva representadas por el navegador durante el PS. Los valores medios de cajón anterior, rotación interna y rotación externa a 30° (test en un solo plano) antes y después de la reconstrucción fueron de 13,3 mm ( $\pm 2,16$ ), 15,2° ( $\pm 4,34$ ), 20,1° ( $\pm 4,87$ ) y 5,1 mm ( $\pm 1,54$ ), 11,6° ( $\pm 2,34$ ), 16,4° ( $\pm 4,89$ ), respectivamente. Los valores máximos de traslación y rotación durante la maniobra del PS fueron de 14 ( $\pm 4,54$ ) y 17,4 ( $\pm 4,68$ ) en la exploración inicial, descendiendo a 13,5 ( $\pm 5,21$ ) y 13,1 ( $\pm 4,1$ ) en la exploración final al terminar la ligamentoplastia ( $p < 0,05$  para el valor rotacional).

**Conclusiones:** La "navegación" permite definir y cuantificar la inestabilidad en rodillas LCA con deficiencia del LCA. El análisis individualizado de la laxitud de cada paciente podría determinar el tipo de estabilización quirúrgica necesario.

**Palabras clave:** Reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Pivot-shift*. "Navegación". Cirugía asistida por ordenador.

## Study of the pivot-shift test using a navigation system in anterior cruciate ligament surgery with anatomic technique

**Purpose:** The main purpose of this study is the analysis and quantification of the pivot-shift (PS) phenomenon with the Orthopilot® navigation system before and after anatomic ACL ligamentoplasty

**Material and method:** Study of 17 patients operated for chronic primary ACL rupture. The stability was studied with monoplanar test and the lateral pivot-shift test. After studying navigated laxity test, one patient only received an augmentation of the posterolateral bundle and other one had the intra-articular ACL reconstruction associated with lateral tenodesis. The remaining 14 patients were treated with an anatomic single bundle reconstruction with hamstrings.

**Results:** We describe the types of curves represented by the navigator during the PS. The mean values of anterior translation, internal rotation and external rotation at 30° (uniplanar tests) before and after reconstruction were 13.3 mm ( $\pm 2.16$ ), 15.2° ( $\pm 4.34$ ), 20.1° ( $\pm 4.87$ ) y 5.1 mm ( $\pm 1.54$ ), 11.6° ( $\pm 2.34$ ), 16.4° ( $\pm 4.89$ ), respectively. The maximum anteroposterior (AP) translation and rotation during the PS test were 14 ( $\pm 4,54$ ) y 17,4 ( $\pm 4,68$ ) before reconstruction, decreased to 13,5 ( $\pm 5,21$ ) y 13,1 ( $\pm 4,1$ ) in the postoperative examination (rotational value  $p < 0.05$ ).

**Conclusions:** Computer navigation allows to assess and define the type of pathological laxity in ACL-deficient knees. Individualized approach of laxity patterns could lead to a personalization of surgery.

**Key words:** Anterior cruciate ligament reconstruction. ACL. *Pivot-shift*. Navigation. Computer assisted surgery.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la cirugía del ligamento cruzado anterior (LCA) es devolver la estabilidad a la rodilla para que el paciente pueda recuperar su actividad deportiva o laboral y, en casos de pacientes más sedentarios, evitar episodios de fallos en las actividades normales de la vida diaria. En los últimos años los cirujanos ortopédicos han modificado las técnicas quirúrgicas de reconstrucción del LCA en busca de reproducir mejor la anatomía y, sobre todo, mejorar la estabilidad rotacional postoperatoria. Pero incluso con técnicas anatómicas, existen trabajos que muestran unos resultados clínico-funcionales pobres en relación con una laxitud rotatoria residual<sup>(1)</sup>. El test clínico que valora esta laxitud y que mejor reproduce los síntomas del paciente es el *pivot-shift* (PS). Es una prueba altamente específica, y en distintos trabajos se correlaciona el grado del PS con los resultados funcionales, el retorno a la actividad deportiva y la satisfacción de los pacientes, sin poder decir lo mismo de otros test, como el de Lachmann o el cajón anterior<sup>(2,3)</sup>.

La cirugía asistida con ordenador comenzó a utilizarse en la reconstrucción del LCA durante la década de los noventa<sup>(4)</sup>. Desde entonces se ha desarrollado el *software* de los distintos "navegadores" para convertir la cirugía del LCA en una cirugía más cuantificable y reproducible. Mientras que los primeros "navegadores" focalizaron su utilidad en la localización y realización de los túneles óseos<sup>(5-7)</sup>, los programas informáticos actuales añaden herramientas capaces de medir la estabilidad de la rodilla en los distintos planos antes y después de la reconstrucción ligamentosa, comportándose como calibradores intraoperatorios de la función articular de alta fiabilidad<sup>(8,9)</sup>. La evolución más reciente de la "navegación" ha sido permitir analizar y cuantificar movimientos más complejos, como el que ocurre durante el fenómeno del PS<sup>(10-12)</sup>.

El objetivo de nuestro trabajo fue analizar y cuantificar el test del PS con la ayuda de un "navegador" óptico de forma intraoperatoria antes y después de la reconstrucción del LCA.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Serie clínica

Estudio clínico retrospectivo sobre una serie de 17 pacientes intervenidos quirúrgicamente con

diagnóstico preoperatorio de rotura crónica de LCA entre enero y septiembre de 2012. Se establecieron como criterios de inclusión: roturas crónicas del LCA sin lesiones asociadas valoradas en la exploración clínica y las pruebas de imagen, pacientes con fisis cerradas y con límite de edad de 50 años. La edad media de la serie fue de 27,3 años (16-52) y estuvo compuesta sólo por hombres (ningún caso bilateral). De los datos recogidos de la historia clínica en la exploración en consulta, se anotaron un test de Lachmann y un PS positivo en todos los casos. Se anotaron Lachmann de grado I en 4 pacientes, grado II en 8 y grado III en 5. De igual forma, se recogieron 3 *pivot-shift* de grado I, 7 de grado II y 7 de grado III. Todos los pacientes fueron informados acerca del procedimiento quirúrgico indicado, firmando el consentimiento donde se incluyeron los riesgos y complicaciones en relación con la utilización de la herramienta de la "navegación" (quemaduras en zona de colocación de agujas, rotura de agujas durante su extracción y prolongación del tiempo quirúrgico, las más relevantes) y la posibilidad de utilizar este procedimiento invasivo para valorar la estabilidad de la rodilla, aunque no fuera necesaria la reconstrucción ligamentosa.

La cirugía y los test de estabilidad con el "navegador" fueron realizados en todos los casos por el mismo cirujano. Los métodos de fijación de la plastia fueron el sistema de suspensión cortical TightRope® (Arthrex, Naples, Florida [EEUU]) para el fémur y tornillos interferenciales BioComposite® (Arthrex) de 1 mm superior al diámetro del túnel en la tibia. Antes y después de la ligamentoplastia se exploró la estabilidad con la ayuda del "navegador" con test en un solo plano (Lachmann, rotación externa y rotación interna a 30°) y con la maniobra de PS. Para la recogida de datos utilizamos la documentación grabada por el *software* del "navegador" sobre la cirugía de cada paciente.

## TÉCNICA QUIRÚRGICA

El sistema de "navegación" de OrthoPilot® (v.3.0, B.Braun-Aesculap, Tuttlingen [Alemania]) para la reconstrucción del LCA puede ser utilizado con cualquier tipo de injerto y técnica de fijación. No precisa de la introducción de datos radiológicos preoperatorios en el *software*. Se trata de un sistema de "navegación" pasivo



Figura 1. Realización del pivot-shift lateral antes de extraer el injerto (izquierda). Curvas y valores máximos de rotación y traslación anterior del pivot-shift navegado antes y después de la ligamentoplastia (derecha).

que utiliza sensores y emisores infrarrojos, dos de ellos fijos en fémur y tibia mediante agujas de Kirschner y otro utilizado de forma libre en los distintos instrumentos manuales.

Los pacientes fueron colocados en decúbito supino con soporte lateral y rodete en pie para estabilizar la posición de hiperflexión de la rodilla. Bajo anestesia raquídea y bloqueo femoral se realizó la exploración de la laxitud comparándola con la rodilla sana. Las maniobras se repitieron con la isquemia elevada y tras la colocación de los paños quirúrgicos, comprobando la libre movilización de la extremidad para ejecutar los test del mismo modo las veces necesarias. Comenzamos por una artroscopia exploradora simple para el diagnóstico correcto de la rotura completa del LCA y la ausencia de lesiones asociadas, tras la cual se colocaron los emisores. De forma percutánea en fémur y previo brocado de una cortical en tibia se introdujeron dos agujas de Kirschner de 2,5 mm sobre epicóndilo medial y otras dos en el tercio medio-distal de la diáfisis tibial. Estas agujas sirven de sujeción rígida para los emisores pasivos de la navegación. Registramos las referencias anatómicas extra-articulares y los datos cinemáticos necesarios para comenzar la exploración de la estabilidad. De igual forma que en el test clínico de Lachmann, decidimos medir el desplazamiento anterior tibial y la rotación externa e interna a 30° como test de laxitud en un solo plano. El "navegador" registra el dato de máximo desplazamiento. Posteriormente realizamos la maniobra del PS y la repetimos tres veces. El ordenador nos muestra las curvas de traslación y rotación del PS y calcula el promedio de máximo desplazamiento anterior y máxima rotación

total durante el test. Una vez explorada la estabilidad, se desconectan los emisores pasivos y se procede a la extracción de la plastia.

La reconstrucción anatómica que utilizamos comienza por la creación del túnel femoral a través de un portal medial accesorio. El túnel lo situamos en el punto medio entre las huellas de inserción de los fascículos anteromedial y posterolateral. Posteriormente realizamos el túnel tibial, en este caso más anterior y medial, en la zona de inserción tibial del fascículo anteromedial. Tras el izado del injerto con el sistema TighRope® se completan hasta 30 ciclos de flexo-extensión pasiva de la rodilla, aplicando tensión manual de los hilos de sutura de la plastia. Finalmente se realiza la fijación tibial con la rodilla a 20-30° y en ligera rotación externa con un tornillo interferencial de 1 mm de diámetro superior al del túnel, con tracción manual máxima de los hilos de sutura. Visualizamos de forma artroscópica, palpamos la plastia y, para finalizar, conectamos de nuevo los emisores del "navegador" para realizar, igual que previamente, las mismas pruebas de estabilidad. De este modo valoramos la calidad de la reconstrucción y la necesidad de técnicas complementarias de estabilización (Figura 1).

### Estudio estadístico

Se trata de un estudio de cohorte clínica. Las variables cuantitativas se resumen en su media y desviación estándar (DE). Se analizó el comportamiento de las variables cuantitativas de resultado mediante el test de la *t* de Student para datos emparejados (antes-después). Se presentan la media de las diferencias junto a su intervalo de confianza (IC) al 95%. En la comparación con

los controles se aplicó la *t* de Student para muestras independientes y se presenta el efecto medio junto a su IC95%, previo estudio del carácter homogéneo de varianzas. En todos los contrastes de hipótesis se rechazó la hipótesis nula con un error de tipo I o error alfa menor de 0,05.

El paquete informático utilizado para el análisis fue SPSS para Windows versión 15.0.

## RESULTADOS

La media de desplazamiento anteroposterior (AP) de la tibia a 30° antes de la reconstrucción fue de 13,3 (mm) ± 2,16, que tras la fijación de la plastia se redujo a 5,1 (mm) ± 1,54 ( $p < 0,05$ ). Partiendo de una rotación neutra a 30° de flexión, el máximo desplazamiento en rotación interna antes de realizar la ligamentoplastia fue de 15,3° ± 4,34 y en rotación externa de 20,1° ± 4,87. Tras la reconstrucción anatómica la laxitud rotatoria se redujo fundamentalmente a expensas de la rotación interna con valores de 11,6° ± 2,34, frente a 16,4° ± 4,89° de rotación externa ( $p < 0,05$  para ambos valores).

Analizando los gráficos del PS en la exploración inicial observamos que en la mayoría de las curvas predominaba la rotación frente a la traslación con valores máximos de rotación casi siempre superiores a los de desplazamiento anteroposterior. Se generaban dos curvas abiertas de tipo parábola en las que los vértices coincidían con el comienzo de la reducción de la luxación del fenómeno del PS. La pendiente de esta reducción estará en relación con el grado clínico del mismo (+deslizamiento, ++"clunk", +++bloqueo y resalte). El fenómeno del resalte ocurría en todos los casos entre los 20° y 40° de flexión durante la maniobra, y el punto máximo de traslación anterior y de rotación interna previo a la rotación fue variable, dibujando a veces curvas que sobrepasaban los límites del gráfico.

Los valores absolutos del PS antes de la ligamentoplastia fueron de 14 mm ± 4,54 y 17,4° ± 4,68 (traslación/rotación), reduciéndose a 13,6 mm ± 5,21 y 13,1° ± 4,11 tras la reconstrucción del LCA, resultando significativa únicamente la diferencia del valor rotacional. Los resultados de los test de estabilidad pre- y posligamentoplastia se muestran en la **Tabla 1**.

En tres pacientes, una exploración bajo anestesia similar a la rodilla contralateral y la posterior artroscopia exploradora confirmaron la integridad del LCA (se citan como LCA "íntegros"). Utilizamos la navegación para demostrar la estabilidad de la rodilla y se decidió no realizar la ligamentoplastia. Se incluyeron en el trabajo para comparar las curvas del PS con las de los pacientes sometidos a la ligamentoplastia. Estos pacientes mostraron curvas más cerradas, con pendientes suaves y sin fenómenos de resaltes ni bloqueos (**Figura 2**). Los valores medios de traslación en estas rodillas fueron de 10,3 mm ± 5,03 y de rotación de 13,3° ± 5,68. No se encontraron dife-

<b>VALORES DE LAXITUD ANTES/DESPUÉS DE LA RECONSTRUCCIÓN LCA</b>					
<b>Paciente</b>	<b>AP-30° pre/post</b>	<b>RE-30° pre/post</b>	<b>RI-30° pre/post</b>	<b>PS-AP-max pre/post</b>	<b>PS-RIE-max pre/post</b>
1	16 / 5	18 / 23	17 / 13	22 / 14	12 / 19
2	16 / 9	22 / 24	15 / 8	14 / 11	22 / 12
3*	14 / 5	23 / 25	22 / 11	16 / 18 / 17	25 / 20 / 13
4	12 / 4	15 / 12	15 / 8	10 / 17	17 / 13
5	13 / 4	16 / 14	22 / 12	22 / 10	19 / 14
6**	9 / 6	11 / 14	17 / 9	11 / 11	15 / 12
7	17 / 7	16 / 12	16 / 14	10 / 9	15 / 10
8	12 / 4	16 / 14	17 / 10	7 / 9	9 / 10
9	12 / 4	29 / 15	9 / 15	9 / 10	13 / 11
10	13 / 5	23 / 19	18 / 15	17 / 22	24 / 16
11	13 / 3	20 / 12	16 / 12	16 / 26	19 / 19
12	13 / 5	24 / 12	12 / 13	14 / 13	19 / 20
13	15 / 6	24 / 21	11 / 12	16 / 9	21 / 9
14	11 / 4	24 / 13	7 / 10	12 / 12	14 / 6

AP: traslación anterior; PS: pivot-shift; RE: rotación externa; RI: rotación interna; RIE: rotación completa (interna + externa).

\*Paciente 3: ligamentoplastia LCA + tenodesis lateral (valores de PS tras la ligamentoplastia y tras añadir la tenodesis).

\*\*Paciente 6: reconstrucción aislada del fascículo posterolateral.

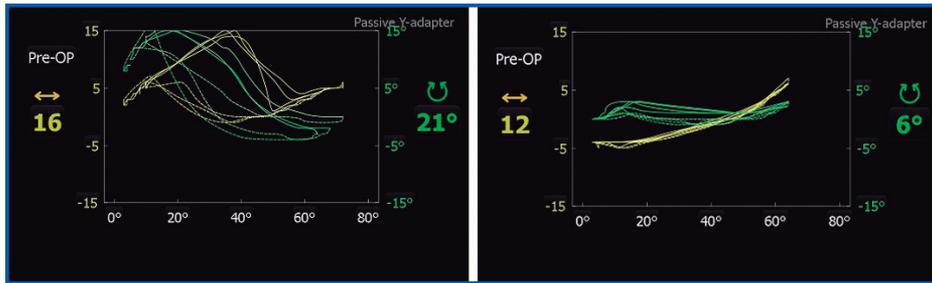


Figura 2. Curvas comparativas entre rodilla LCA deficiente (izquierda) y rodilla con LCA “íntegro” (derecha).

rencias significativas entre estos valores y los mostrados previamente de la exploración final de las rodillas intervenidas ( $p > 0,05$ ). Los datos de los test en estos tres pacientes se muestran en la **Tabla 2**.

Mención especial merecen los casos 3 y 6 de la serie. El paciente número 3 fue diagnosticado preoperatoriamente de rotura completa del LCA, rotura longitudinal periférica del cuerpo y muro posterior del menisco interno y esguince de grado I del ligamento lateral externo. La maniobra del *pivot-shift* provocaba una clara luxación con bloqueo del platillo tibial externo (grado 3+). En la exploración bajo anestesia presentó un test de Lachmann y PS de grado III. Tras la reparación con sutura “todo-dentro” del menisco interno y la ligamentoplastia anatómica con injerto autólogo cuádruple de isquiotibiales, utilizamos el “navegador” para comprobar la laxitud residual. En las curvas del PS observamos cómo conseguíamos corregir el componente de traslación de la maniobra, persistiendo la inestabilidad rotatoria (25°). Decidimos entonces añadir al procedimiento una plastia extraarticular de tipo Lemaire<sup>(13)</sup>, y tras la tenodesis observamos la mejoría de la curva rotacional (13°) (**Figura 3**).

El paciente número 6, sin embargo, en la exploración bajo anestesia mostraba una laxitud moderada con un test de Lachmann de grado I y un PS de grado II. La artroscopia exploradora reveló una lesión parcial del LCA con una avulsión femoral del fascículo posterolateral, lesión que confirmamos con la ayuda del “navegador”. La curva amarilla del PS correspondiente al desplazamiento anteroposterior era

similar a la de las rodilla, en donde se observó el LCA intacto, estando únicamente alterada la curva rotacional (verde). Decidimos reparar sólo el fascículo posterolateral con una plastia doble de recto interno. El resultado de la medición del

PS final muestra la corrección de la laxitud rotacional, sin afectar a la traslación anteroposterior durante la maniobra (**Figura 4**).

## DISCUSIÓN

La aportación más relevante del estudio es mostrar cómo podemos definir y cuantificar intraoperatoriamente, mediante un sistema de “navegación”, el patrón de inestabilidad rotatoria en una rodilla con lesión del LCA. Explorar la estabilidad de la rodilla con ayuda del “navegador” puede ayudarnos a tomar decisiones individualizadas acerca del tipo de estabilización necesaria y valorar la calidad de la reconstrucción efectuada. El objetivo de nuestro trabajo fue analizar los test de estabilidad, en particular el PS, antes y después de la ligamentoplastia. El hallazgo intraoperatorio de tres ligamentos “íntegros” nos sirvió para considerar la cinemática “navegada” de estas rodillas similar al de una rodilla sana, y comparamos estos resultados con los obtenidos en las rodillas sometidas a la reconstrucción. Así, los valores del PS de estas últimas mostraron una reducción significativa de la rotación tras la reconstrucción ( $p < 0,05$ ), siendo comparable (sin diferencia estadística  $p > 0,05$ ) al componente rotacional

Tabla 2					
VALORES DE LAXITUD EN PACIENTES CON LCA “ÍNTEGRO”					
Paciente	AP-30°	RE-30°	RI-30°	PS AP max	PS RIE max
15	7	20	10	5	18
16	5	14	9	15	7
17	5	19	8	11	15

AP: traslación anterior; PS: *pivot-shift*; RE: rotación externa; RI: rotación interna; RIE: rotación completa (interna + externa)

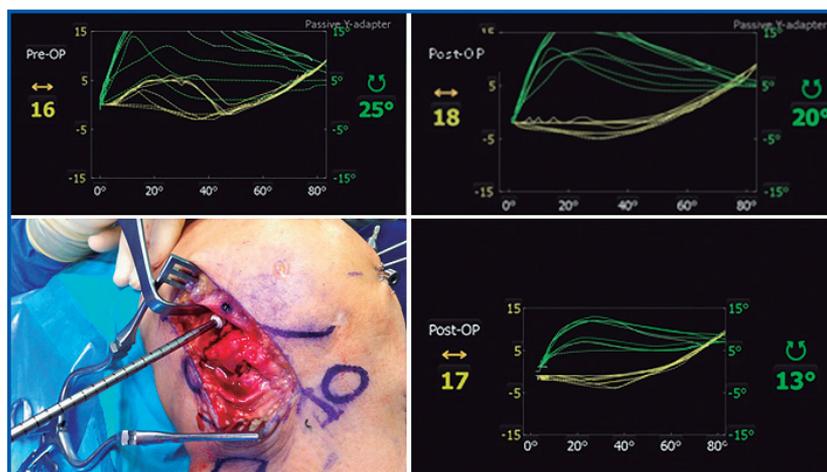


Figura 3. Secuencia de curvas del PS "navegado", antes de la reconstrucción, tras la ligamentoplastia LCA y al añadir la tenodesis lateral. Abajo-izquierda: fijación femoral de la tenodesis con tornillo interferencial.

del PS de las rodillas "supuestamente" sanas (13,4° vs. 13,3°, respectivamente). El test monopiano más relevante para el análisis de la cinemática fue el desplazamiento anterior tibial a 30° (test de Lachmann). Los resultados de dicho test en las rodillas intervenidas también fueron similares al de las rodillas con el LCA "íntegro" (4,9 mm vs. 5,6 mm, respectivamente,  $p > 0,05$ ). Aun constatando una reducción significativa de la rotación externa e interna a 30° después de las ligamentoplastias, creemos que estos test, que valoran un tipo de inestabilidad estática, son menos precisos que el PS porque este último representa la inestabilidad dinámica de la rodilla en relación con los síntomas que el paciente refiere.

El test del *pivot-shift* es una maniobra multiplano compleja que envuelve movimientos dinámicos de traslación y rotacionales,

mientras que la rodilla es sometida a un ciclo de flexo-extensión. En 1972, Galway *et al.*<sup>(14)</sup> describieron la maniobra del *pivot-shift* lateral, reconociendo que la principal estructura implicada en una rodilla funcionalmente inestable era el LCA, provocando, sobre todo, un tipo de inestabilidad anterolateral. También proponían como tratamiento de estabilización un procedimiento extraarticular, utilizando una plastia de cintilla ilirotibial. Desde entonces, más de una decena de modificaciones del test del PS han sido publicadas<sup>(15-17)</sup> y, quizá, este gran

abanico de técnicas de examinación ha relegado a un segundo plano esta maniobra en pro del test de Lachmann. Otras dificultades implícitas en esta maniobra son la naturaleza subjetiva de la interpretación del test, así como su graduación, al igual que la variación de fuerza aplicada entre distintos examinadores y la resistencia involuntaria de muchos pacientes al realizarla. Por último, aunque sabemos que el elemento esencial implicado en el fenómeno del PS es el LCA<sup>(16,18)</sup>, la coexistencia de lesiones asociadas de partes blandas, así como la morfología ósea individual, puede hacer más difícil la interpretación del grado del test. Sin embargo, el test del PS sigue despertando mucho interés en la comunidad científica por ser altamente específico, por su fuerte correlación con los resultados clínicos, con la vuelta a la actividad deportiva y con el grado de satisfacción de

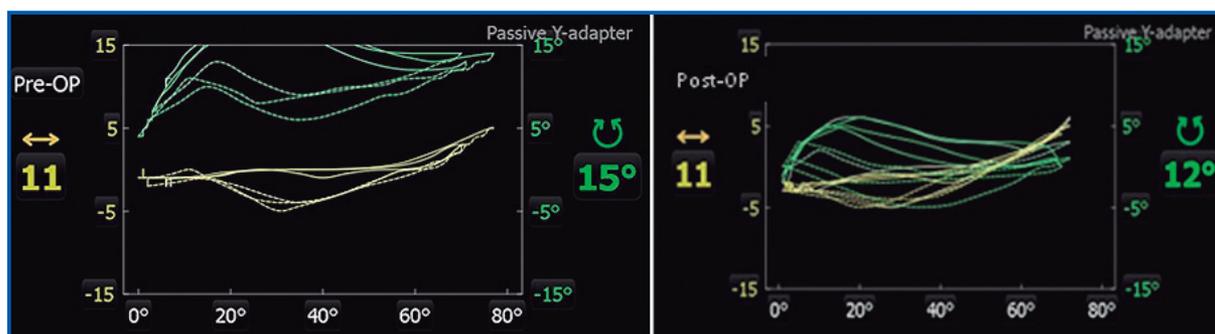


Figura 4. Gráficos PS "navegados" en paciente sometido a reconstrucción del fascículo posterolateral del LCA (pre/izquierda, post/derecha).

los pacientes<sup>(2,3,19)</sup>; sin olvidar la importancia de la relación entre una inestabilidad residual rotacional tras la cirugía y el grado de artrosis futura constatada en varios estudios<sup>(20)</sup>.

Distintos sistemas mecánicos han sido creados para valorar la inestabilidad rotacional de la rodilla en las últimas dos décadas<sup>(21-23)</sup>, pero el principal avance en el campo del estudio de la cinemática ha venido de la mano de la "navegación" con el desarrollo de *software* nuevo capaz de medir y analizar movimientos complejos de la rodilla en distintos planos. El "navegador" utilizado en este estudio (OrthoPilot®) permite estudiar la cinemática de la rodilla a través de todo el rango de flexo-extensión. Elegimos realizar los test monoplanos a 30° de forma arbitraria, pudiendo también medir el desplazamiento anteroposterior a 90° (cajón anterior y posterior), o en cualquier otro grado de flexión. El desarrollo más importante de la última versión ha sido la posibilidad de realizar el PS y obtener gráficos muy ilustrativos de la inestabilidad dinámica que presentan los pacientes, sin perder de vista que es una herramienta de uso exclusivo dentro del quirófano y para exploraciones realizadas bajo anestesia (por el carácter invasivo inherente a la técnica). El fenómeno del PS está compuesto de una traslación y una rotación tibial a lo largo de un eje helicoidal. Por este motivo, en los gráficos que dibuja el "navegador" observamos una curva de desplazamiento AP y otra del componente rotacional. Este análisis del PS, junto con la posibilidad de cuantificarlo en valores absolutos, representa un nuevo desafío para los cirujanos de rodilla. Entre la multitud de aplicaciones de esta nueva herramienta, nuestro interés se ha focalizado en las reconstrucciones parciales del LCA y las inestabilidades severas combinadas. El caso número 6 corresponde a un paciente al que realizamos una reconstrucción aislada del fascículo posterolateral. El diagnóstico clínico y por resonancia magnética (RMN) de las lesiones parciales del LCA resulta difícil. Un incremento en el cajón anterior a 90° (3+), con un test de Lachmann y un PS de grado 0 o 1+, podría ser sospechoso de una lesión del fascículo anteromedial, mientras que un PS grado de 1+ o 2+, con cajón anterior y Lachmann negativos, podría corresponder a una lesión del fascículo posterolateral<sup>(24)</sup>. Proyecciones oblicuas coronales y oblicuas sagitales de la RMN son necesarias para evaluar correctamente ambos fascículos,

pero, aun así, distintos autores reconocen la dificultad para el diagnóstico de las lesiones parciales del LCA con la RMN<sup>(25)</sup>. La mayoría de las ocasiones se espera obtener el diagnóstico de lesión de uno de los dos fascículos durante la artroscopia exploradora previa a la reconstrucción, pero, incluso en manos de cirujanos experimentados en cirugía artroscópica de rodilla, la valoración de una elongación o desinserción del fascículo anteromedial o posterolateral puede resultar complicado<sup>(26)</sup>. La realización de test dinámicos con ayuda de un "navegador" constituye el complemento ideal para el diagnóstico y manejo de las lesiones parciales del LCA. Conociendo el comportamiento de las rodillas sanas durante los test cinemáticos navegados y el de aquellas con lesión completa del LCA, podremos identificar aquellos patrones de inestabilidad que nos orienten hacia una lesión parcial y asegurarnos a la hora de elegir una técnica de aumentación o una reconstrucción completa.

En el extremo opuesto, las inestabilidades complejas combinadas de rodilla suponen un verdadero reto para los cirujanos de rodilla. Hablamos de lesiones completas del LCA asociadas a desinserciones meniscales periféricas, lesiones de los ligamentos capsulares, esguinces de los ligamentos colaterales o fracturas por compresión de los platillos tibiales. Todos estos factores de restricción secundarios podrán aumentar el grado de inestabilidad AP y rotatoria durante la exploración de estas rodillas. El caso número 3 mostró un tipo de inestabilidad compleja con maniobras exploratorias pre- e intraoperatorias de grado máximo. Para mejorar la estabilidad de la reconstrucción fue necesario añadir un refuerzo extraarticular que, tal y como demostró el "navegador", mejoró el componente rotacional del PS. Distintos autores han demostrado la utilidad de las plastias extraarticulares como refuerzo de la reconstrucción intraarticular para corregir la inestabilidad anterolateral de rodilla<sup>(27,28)</sup>. Los ejemplos mostrados previamente resaltan la importancia de individualizar el tratamiento según la lesión específica de cada paciente.

Resultados subóptimos tras la cirugía del LCA pueden ser consecuencia de una estrategia quirúrgica que no valore la anatomía y el patrón de lesión específico de cada paciente. Los sistemas de "navegación" han demostrado suficiente viabilidad para personalizar la estrategia quirúrgica y ser específica para cada paciente<sup>(29)</sup>.

Nuestro trabajo presenta dos tipos de limitaciones: unas ligadas a la herramienta de la "navegación" en sí y otras en relación al diseño del estudio. Una de las limitaciones de esta tecnología es que precisa la implantación en el hueso de cuerpos rígidos, por lo que limita su uso al acto quirúrgico. En la serie presentada no hemos recogido complicaciones en relación con la fijación de los emisores al hueso, si bien están descritas en otros trabajos<sup>(30)</sup>. Nuevos sistemas no invasivos han aparecido recientemente para poder ser utilizados en la consulta y poder hacer comparaciones con la rodilla contralateral sana<sup>(31)</sup>. Otra de las limitaciones de esta herramienta es la realización de las maniobras de estabilidad de forma manual, siendo clave utilizar la misma fuerza durante los test de antes y después de la reconstrucción. Por ello, en nuestro estudio las exploraciones fueron realizadas por el mismo cirujano en todos los casos, intentando simular las maniobras realizadas en la consulta. Actualmente, algunos autores ya han desarrollado má-

quinas que realizan, con una fuerza externa constante, el test del PS<sup>(32)</sup>. De esta forma se podría estandarizar y mejorar la reproducibilidad de estas medidas de laxitud. Las limitaciones del diseño del estudio son su carácter descriptivo-retrospectivo, un tamaño de muestra reducido y la ausencia de comparación con la rodilla contralateral sana.

## CONCLUSIONES

La navegación permite cuantificar y definir la inestabilidad en rodillas LCA-deficientes. La reconstrucción del LCA según la técnica descrita consigue un control rotacional de la laxitud comparable al observado en las tres rodillas con el LCA intacto. El análisis individualizado de la laxitud de cada paciente podría determinar el tipo de estabilización quirúrgica necesario.

### Nivel de evidencia del estudio

*Nivel de evidencia: IV.*

## BIBLIOGRAFÍA

1. Meredick RB, Vance KJ, Appleby D, Lubowitz JH. Outcome of single-bundle versus double-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament: a meta-analysis. *Am J Sports Med* 2008; 36: 1414-21.
2. Kaplan N, Wickiewicz TL, Warren RF. Primary surgical treatment of anterior cruciate ligament ruptures: A long-term follow-up study. *Am J Sports Med* 1990; 18: 354-8.
3. Kocher MS, Steadman JR, Briggs KK, et al. Relationships between objective assessment of ligament stability and subjective assessment of symptoms and function after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2004; 32: 629-34.
4. Dessenne V, Lavallée S, Julliard R, et al. Computer-assisted knee anterior cruciate ligament reconstruction: First clinical tests. *J Imaged Guid Surg* 1995; 1: 59-64.
5. Plaweski S, Cazal J, Rosell P, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction using navigation: A comparative study on 60 patients. *Am J Sports Med* 2006; 34: 542-52.
6. Picard F, DiGiogia AM, Moody J, et al. Accuracy in tunnel replacement for ACL reconstruction. Comparison of traditional arthroscopic and computer-assisted navigation techniques. *Comput Aided Surg* 2001; 6: 279-89.
7. Sati M, de Guise JA, Drouin G. Computer assisted knee surgery: diagnostics and planning of knee surgery. *Comput Aided Surg* 1997; 2: 108-23.
8. Pearle AD, Solomon DJ, Wanich T, et al. Reliability of navigated knee stability examination: a cadaveric evaluation. *Am J Sports Med* 2007; 35: 1315-20.
9. Zaffagnini S, Bignozzi S, Martelli S, et al. New intraoperative protocol for kinematic evaluation of ACL reconstruction: Preliminary results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006; 14: 811-6.
10. Pearle AD, Kendoff D, Musahl V, et al. The pivot-shift phenomenon during computer-assisted anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91 (Suppl 1): 115-8.
11. Colombet P, Robinson J, Christel P, et al. Using navigation to measure rotation, kinematics during ACL reconstruction. *Clin Orthop Relat Res* 2007; 454: 59-65.
12. Ishibashi Y, Tsuda E, Yamamoto Y, et al. Navigation evaluation of the pivot-shift phenomenon during double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: is the posterolateral bundle more important? *Arthroscopy* 2009; 25: 488-95.
13. Lemaire M, Miremad C. Les inestabilités chroniques antérieures

- et internes du genou. Traitement. Rev Chir Orthop 1983; 69: 591-601.
14. Galway RD, Beaupre A, MacIntosh DL. Pivot shift: A clinical sign of symptomatic anterior cruciate insufficiency. J Bone Joint Surg Br 1972; 54: 763-4.
  15. Hughston JC, Andrews JR, Cross MJ, Moschi A. Classification of knee ligament instabilities: Part I. The medial compartment and cruciate ligaments. J Bone Joint Surg Am 1976; 58: 159-72.
  16. Fetto JF, Marsahl JL. Injury to the anterior cruciate ligament producing the pivot-shift sign. J Bone Joint Surg Am 1979; 61: 710-14.
  17. Losee RE. Concepts of the pivot shift. Clin Orthop Relat Res 1983; 172: 45-51.
  18. Tamea CD Jr, Henning CE. Pathomechanics of the pivot shift maneuver: An instant center analysis. Am J Sports Med 1981; 9: 31-7.
  19. Leitz Z, Losee RE, Jokl P, et al. Implications of the pivot shift in the ACL-deficient knee. Clin Orthop Relat Res 2005; 436: 229-36.
  20. Jonsson H, Riklund-Ahlström K, Lind J. Positive pivot shift after ACL reconstruction predicts later osteoarthritis: 63 patients followed 5-9 years after surgery. Acta Orthop Scand 2004; 75: 594-9.
  21. Musahl V, Bell KM, Tsai AG, et al. Development of a simple device for measurement of rotational knee laxity. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2007; 15: 1009-12.
  22. Lorbach O, Wilmes P, Theisen D, et al. Reliability testing of a new device to measure tibial rotation. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2009; 17: 920-6.
  23. Hoshino Y, Tashman S. Internal tibial rotation during in vivo, dynamic activity induces greater sliding of tibio-femoral joint contact in the medial compartment. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2012; 20: 1268-75.
  24. Siebold R, Fu FH. Assessment and augmentation of symptomatic anteromedial or posterolateral bundle tears of the anterior cruciate ligament. Arthroscopy 2008; 24: 1289-98.
  25. Hong SH, Choi JY, Lee GK, et al. Grading of anterior cruciate ligament injury. Diagnostic efficacy of oblique coronal magnetic resonance imaging of the knee. J Comput Assist Tomogr 2003; 27: 814-9.
  26. DeFranco MJ, Bach BR. A comprehensive review of partial anterior cruciate ligament tears. J Bone Joint Surg Am 2009; 91: 198-208.
  27. Achalandabaso J, Golanó P. Plastia extraarticular de Lemaire miniinvasiva en el tratamiento de las instabilidades anteriores de rodilla. Recuerdo histórico, estudio anatómico y técnica quirúrgica. Cuadernos de Artroscopia 2004; 21: 10-7.
  28. Pernin J, Verdonk P, Selmi TA, et al. Long-term follow-up of 24.5 years after intra-articular anterior cruciate ligament reconstruction with lateral extra-articular augmentation. Am J Sports Med 2010; 38: 1094-102.
  29. Musahl V, Kopf S, Rabuck S, et al. Rotatory knee laxity test and the pivot shift as tools for ACL treatment algorithm. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2012; 20: 793-800.
  30. García Bógalo R, Larrainzar-Garijo R, et al. Evaluación mediante navegación intraoperatoria de la laxitud del ligamento cruzado anterior en su reconstrucción anatómica monofascicular. Rev Esp Cir Ortop Traumatol 2012; 56: 267-73.
  31. Lustig S, Magnussen RA, Cheze L, Neyret P. The knee KG system: a review of the literature. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2012; 20: 633-8.
  32. Branch TP, Mayr HO, Browne JE, et al. Instrumented examination of anterior cruciate ligament injuries: minimizing flaws of the manual clinical examination. Arthroscopy 2010; 26: 997-1004.