

Localización de los anclajes de las plastias tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior mediante resonancia magnética

I. Mediavilla^{1,2}, J.C. Arenaza^{1,2}, T. Larrea¹, F. Renovales³

¹ Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital de Basurto. Bilbao. ² Universidad del País Vasco. Bilbao. ³ Servicio de Radiología. Hospital de Basurto. Bilbao

Correspondencia:

Iñaki Mediavilla

Avda. de Montevideo, n.º 18. 48013 Bilbao

Correo electrónico: batanegra@ole.com

Objetivo: Se ha utilizado la RMN para medir las distancias entre las inserciones del LCA y el LCP, tanto en el fémur como en la tibia. Se ha determinado la capacidad diagnóstica de estas mediciones.

Materiales y métodos: Se ha realizado una valoración clínica, artrométrica y de RMN a 49 pacientes sometidos a reconstrucción del LCA. Asimismo, se han medido las distancias entre la inserción del LCA y la del LCP, tanto en el fémur como en la tibia, en los 49 pacientes intervenidos y en 32 sujetos sanos control. Se han comparado las distancias medidas entre 3 subgrupos: el de las plastias íntegras (n = 26), el de los casos de plastia fracasada (n = 13) y el de los sujetos sanos control (n = 32). Se han hallado las propiedades diagnósticas de dichas mediciones mediante la curva ROC.

Resultados: En el grupo con la plastia rota, la distancia entre las inserciones femorales fue menor ($p < 0,001$), y en la tibia fue mayor ($p < 0,001$), que en el grupo con la plastia íntegra.

El cociente de las distancias entre las inserciones de cada hueso tiene una elevada capacidad diagnóstica (sensibilidad: 92,3%; especificidad: 96,8%) para el diagnóstico de una plastia rota.

Conclusiones: La RMN proporciona información objetiva útil para la localización de los túneles tras la cirugía reconstructiva del LCA.

Palabras clave: Ligamento cruzado anterior. Cirugía de revisión. Localización de túneles.

Magnetic resonance imaging for locating graft placement after anterior cruciate ligament reconstruction

Objective: Magnetic resonance imaging (MRI) has been used for measuring the distance between the insertions of the anterior and posterior cruciate ligaments (ACL and PCL, respectively) both on the femur and on the tibia. The diagnostic yield of these measurements is assessed.

Material and methods: Clinical, arthrometric and MRI assessments were carried out on 49 patients undergoing ACL reconstruction. Also, the distances between the femoral and tibial insertions of both the ACL and the PCL were measured in the 49 operated patients and in 32 healthy control subjects. The measured distances were compared between 3 subgroups: successful plasties (n = 26), failed plasties (n = 13) and healthy controls (n = 32). The diagnostic properties of these measurements were assessed by means of ROC curves.

Results: In the group with failed (broken) plasties, the distance between the insertions was smaller in the femur ($p < 0.001$), and greater in the tibia ($p < 0.001$), than in the successful plasty group. The ratio of the distance between insertions on each bone has a high diagnostic capacity (sensitivity: 92.3%; specificity: 96.8%) for the diagnosis of a broken plasty.

Conclusions: MRI provides useful objective information for the location of the tunnels after reconstructive ACL surgery.

Key words: Anterior cruciate ligament (ACL). Review surgery. Tunnel location.

INTRODUCCIÓN

La cirugía sustitutiva del ligamento cruzado anterior (LCA) se realiza mediante túneles guiados por referencias anatómicas (tomando como patrón las inserciones del LCA original), con lo que se espera un resultado funcional que reproduzca el comportamiento isométrico del LCA original. Un fallo en la selección del punto de anclaje de la plastia conducirá a su fracaso por dos mecanismos. El primero es el rozamiento de la plastia contra los rebordes condíleos, y el segundo, su estiramiento por encima de sus propiedades plásticas^(1,2). Este deterioro de la plastia será lento y progresivo, y puede verse encubierto por un diagnóstico de artrofibrosis en un paciente con una rehabilitación costosa que refiera dolor y dificultad para doblar o estirar del todo la rodilla^(3,4).

La bibliografía apunta a que el error en la elección de los puntos de anclaje es la causa más frecuente de fallo de la plastia^(5,6). Además, añade que la identificación del fallo en la cirugía primaria es fundamental para que el cirujano pueda planificar una estrategia adecuada para la cirugía de revisión de la plastia⁽⁷⁾.

En estas situaciones, clásicamente recurrimos a criterios radiográficos o de resonancia magnética nuclear (RMN) para orientarnos en el diagnóstico de la causa del fracaso de la cirugía primaria sobre el LCA. En las radiografías buscamos información cuantitativa sobre la localización de los túneles, y en la RMN, información cualitativa del estado de la plastia (íntegro o no íntegro)⁽⁸⁻¹⁰⁾.

Nuestro grupo de trabajo propone una nueva visión del problema a partir de una vieja observación⁽¹¹⁾. El LCA original es parte de una estructura central de estabilización de la rodilla compuesta por ambos ligamentos cruzados (**Figura 1**). La anatomía conjunta de los estabilizadores centrales en la rodilla tiene la apariencia tridimensional de un dispositivo cruzado de cuatro barras (DCCB). Las barras superior e inferior del DCCB representan las distancias reales entre las inserciones de ambos ligamentos cruzados. La barra superior es la distancia entre las inserciones en el fémur (DIFE), y la barra inferior, la distancia entre las inserciones en la tibia (DITI).

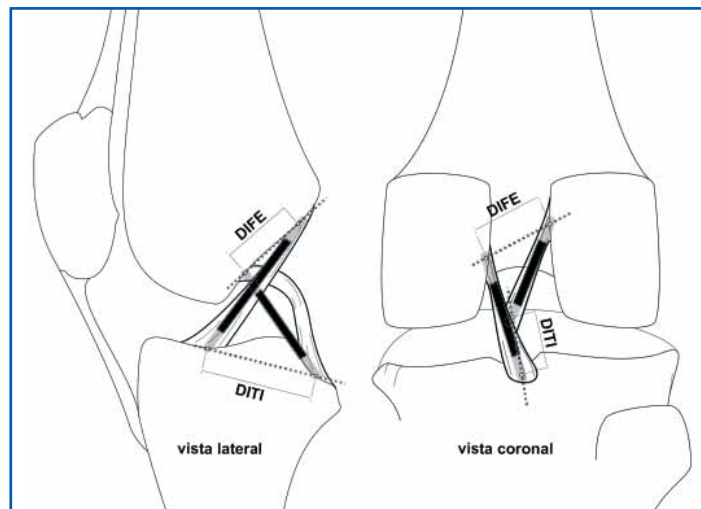


Figura 1. Recreación del dispositivo cruzado de cuatro barras que vincula las inserciones de ambos ligamentos cruzados.

El LCA original es parte de esta estructura central tridimensional de estabilización de la rodilla, y nuestra plastia, en realidad, se ensambla al ligamento cruzado posterior (LCP) para reconstruir esta unidad anatómica y funcional. Por tanto, y ésta sería nuestra hipótesis conceptual de trabajo, la coexistencia anatómica y funcional de ambos ligamentos cruzados dispuestos en el DCCB es una característica antropométrica constante en la especie humana que nuestras plastias de LCA deben reproducir. Nuestra hipótesis operativa es medir esta realidad anatómica mediante la utilización de la RMN.

MATERIAL Y MÉTODOS

Entre septiembre de 1999 y junio de 2004 un cirujano de nuestro centro practicó 119 plastias de LCA en pacientes diagnosticados de inestabilidad anterior de la rodilla. La técnica utilizada en todos los pacientes fue una reconstrucción artroscópica monotúnel utilizando el tercio central del tendón rotuliano. La fijación de la plastia se realizó con tornillos interferenciales reabsorbibles en todos los casos.

Finalmente, 49 (41%) de estos pacientes pudieron ser reclutados y completaron el examen médico presencial y la posterior RMN objeto de este estudio. Un segundo observador (el mismo en todos los casos) revisó a estos pacientes. Ninguno había sufrido un nuevo traumatismo en su rodilla operada. Los pacientes respondi-

ron a la encuesta de Lysholm sobre su valoración subjetiva del resultado funcional. Fueron explorados clínicamente utilizando el test de Lachman, el cajón anterior (CA) y el test del *pivot-shift*. También fueron explorados artrométricamente utilizando el artrómetro KT-1000, midiéndose la diferencia "lado a lado" al máximo manual y el índice de complianza (diferencia entre 67 y 89 N) en la rodilla operada.

Un radiólogo (el mismo en todos los casos) analizó en un primer tiempo y de manera rutinaria mediante RMN la rodilla operada a todos los pacientes explorados, de los cuales desconocía la valoración clínica. En segundo lugar, y como se expondrá más adelante, se realizaron las mediciones propias de este estudio.

En base al informe inicial rutinario, los pacientes fueron distribuidos en tres grupos de acuerdo con los siguientes criterios:

- Grupo de plastias íntegras (GI): grupo de 26 pacientes cuyo informe radiológico explicita la integridad de la plastia.
- Grupo de plastias rotas (GR): grupo de 13 pacientes cuyo informe radiológico explicita la rotura de la plastia.
- Grupo mixto (GM): grupo de 10 pacientes acerca de los que se apunta la integridad de la plastia pero se añaden consideraciones como la presencia de cambios en la señal de las fibras sugerentes de tejido inflamatorio, cambios en la dirección de las fibras o discontinuidad parcial de las mismas.

FUNDAMENTO TEÓRICO DE LAS MEDICIONES

Las inserciones de ambos ligamentos cruzados son los cuatro puntos de articulación del DCCB tridimensional que representa a los estabilizadores de posición central de la rodilla. Nuestro objetivo es recoger información para reproducir en tres dimensiones, a escala real y de manera personalizada el DCCB de cada sujeto observado.

El radiólogo selecciona entre los cortes sagitales el que mejor expone el punto medio de cada una de las cuatro inserciones (**Figura 2**). La programación informática del imán permite trazar una línea desde ese punto hasta el vértice anterior e inferior de ese corte anatómico y medir esa distancia (DIS). A su vez, permite medir el ángulo (AN) entre esa línea y el lado inferior de ese mismo corte. Una información añadida

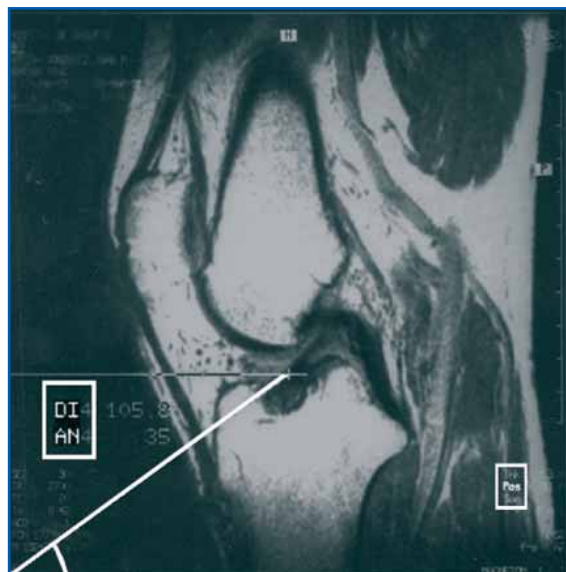


Figura 2. Datos ofrecidos por el imán referidos al centro de la inserción tibial de la plastia.

de los imanes es la posición de ese corte seleccionado respecto al centro del campo magnético explorado. En nuestro equipo ese punto viene identificado mediante el acrónimo POS.

Los datos obtenidos fueron procesados mediante un programa informático desarrollado para este trabajo de investigación que hemos denominado CRULIANT. Este programa integra las matemáticas necesarias para la sectorización de los datos (DIS, AN y POS). Ello nos permite obtener las distancias reales entre las inserciones de ambos ligamentos cruzados sin que se afecten por el grado de rotación de la rodilla durante la exploración.

Tabla 1
VARIABLES DISEÑADAS
Variables de inserción femoral: <ul style="list-style-type: none">• DIFE: distancia en el fémur entre ambos ligamentos cruzados• DIFE/LCP: cociente entre DIFE y la distancia del vector LCP
Variables de inserción tibial: <ul style="list-style-type: none">• DITI: distancia en la tibia entre las inserciones de ambos ligamentos cruzados• DITI/LCP: cociente entre DITI y la distancia del vector LCP
Variables de unidad funcional: <ul style="list-style-type: none">• DITI/DIFE

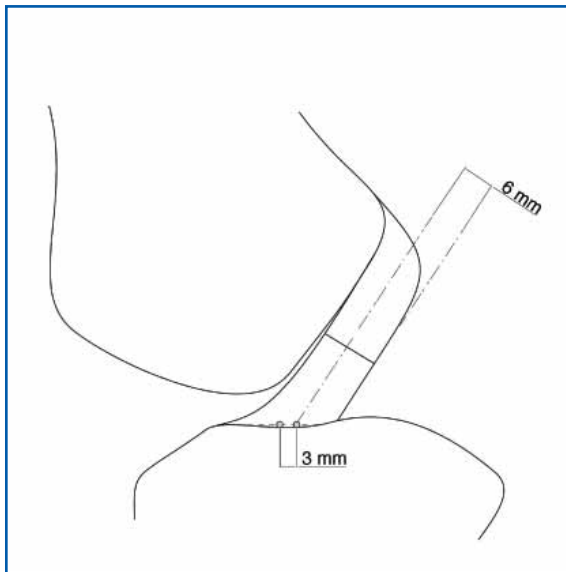


Figura 3. El eje del cuerpo del ligamento se encuentra 2 mm retrasado respecto al centro de la huella tibial del LCA en la tibia.

En la **Tabla 1** se expone el conjunto de mediciones diseñadas. Están agrupadas como variables de inserción femoral y de inserción tibial (las que aportan información en exclusiva del túnel femoral y tibial, respectivamente). La variable de unidad funcional (DITI/DIFE) expresa la relación matemática que existe entre la distancia de los túneles en cada hueso, y se altera con la variación aislada o simultánea de cualquiera de los dos túneles. Para escalar los datos, haciéndolos independientes de la talla del sujeto explorado, se ha dividido cada medida real por la del vector que representa el LCP en esa rodilla.

Se han comparado los DCCB de los pacientes con plastia íntegra, con los de plastia rota y con un conjunto de 32 rodillas sanas (RMN sin hallazgos significativos) que se han tomado como referencia de la población sana (grupo control). Siguiendo las observaciones de Howell⁽¹²⁾ sobre la excentración del eje del cuerpo del LCA respecto al centro de la inserción tibial, se ha retrasado 3 mm el centro de la inserción tibial en el grupo de rodillas sanas (**Figura 3**).

DISEÑO ESTADÍSTICO

En la revisión clínica se ha comparado el grupo de pacientes con plastia íntegra (GI) frente al grupo de pacientes con plastia rota (GR). En las

mediciones radiológicas, se han comparado GI, GR y el grupo control.

Para la comparación de las variables cualitativas se ha utilizado el test de la χ^2 y el análisis de la varianza para la comparación de las variables cuantitativas. En todos los casos el valor de $p < 0,05$ se ha considerado el límite para la significación estadística.

Posteriormente y buscando la capacidad diagnóstica de nuestras mediciones, se ha analizado la curva ROV y se ha buscado el mejor punto de corte para discriminar las plastias íntegras de las rotas. Se han obtenido los correspondientes parámetros para un test diagnóstico: sensibilidad, especificidad y valores predictivos positivo y negativo (VPP y VPN).

RESULTADOS

Se incluyeron 49 pacientes (33 hombres y 16 mujeres) con una edad media de 31 años (rango: 18-54) con afectación de la rodilla derecha en 29 casos y de la rodilla izquierda en los 20 casos restantes. El intervalo medio entre la cirugía y la inclusión en el estudio fue de 29 meses (rango: 4-78).

Revisión clínica

En la revisión clínica de los pacientes operados, los valores obtenidos mediante la escala de Lysholm mostraron una tendencia decreciente entre los valores más altos del grupo GI y los menores del GR (**Tabla 2**). En cualquier caso, estas diferencias no muestran una significación estadística. Esta misma tendencia se repitió al analizar el rango de movimiento. Entre las maniobras de exploración clínica, aunque ninguna mostró valores con significación estadística, el test de Lachman fue el más sensible para caracterizar a los pacientes con la plastia rota (**Tabla 2**). Entre las mediciones artrométricas, únicamente el índice de complianza de los pacientes del grupo GR mostró valores con significación estadística (**Tabla 3**).

Mediciones radiológicas

Variables de inserción femoral

La DIFE del grupo de pacientes GI y la del grupo control fueron similares (**Tabla 4**), y en ambos casos fue mayor con significación estadística frente a la que presentaron los pacientes con la plastia rota. El valor de p para esta com-

Tabla 2				
VALORACIÓN CLÍNICA				
	GRUPO			
	Plastia íntegra	Mixto	Plastia rota	p valor
Lysholm	90,9 (81-100)	89 (75-100)	86,1 (63-99)	0,24
Rango de movimiento:				
Flexión	131 (120-140)	134 (130-140)	134 (132-140)	0,35
Extensión	1,4 (0-3)	1,1 (0-4)	1,1 (0-4)	0,37
Maniobras clínicas:				
Lachman+	7,7%	16,7%	30,8%	0,182
CA+	11,5%	8,3%	15,4%	0,695
Pivot-shift+	3,8%	15,4%	8,3%	0,919

Tabla 3							
EXPLORACIÓN ARTROMÉTRICA (KT-1000)							
	GRUPO						p valor
	Plastia íntegra		Mixto		Plastia rota		
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Diferencia "lado a lado" al máximo manual	1,76 (-1 a 5)	2,62	1,80 (0-5)	1,61	3,07 (-2 a 8)	0,92	0,683
Índice de complianza	1,88 (0-6) ^a	1,27	2,12 (2-4) ^b	0,83	3 (2-4) ^b	0,83	0,013

Los valores con letra superíndice son significativamente diferentes; los valores con la misma letra superíndice no tienen diferencias estadísticamente significativas entre sí.

Tabla 4							
MEDICIONES RMN							
	GRUPO						p valor
	Plastia íntegra		Mixto		Plastia rota		
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
DIFE (mm)	20,3 ^a (13-26)	3,3	18,44 ^a (11-29)	3,6	15,07 ^b (11-19)	2,7	< 0,001
DIFE/LCP	0,56 ^a (0,42-0,73)	0,07	0,54 ^a (0,34-0,71)	0,1	0,45 ^b (0,37-0,72)	0,09	0,001
DITI (mm)	27,25 ^{a,b} (21-34)	3,9	25,48 ^a (20-35)	3,19	29,44 ^b (25-36)	2,73	0,008
DITI/LCP	0,75 ^a (0,65-0,98)	0,07	0,75 ^a (0,62-0,86)	0,07	0,88 ^b (0,75-1,1)	0,1	< 0,001
DITI/DIFE	1,35 (1,02-1,87)	0,17	1,42 (0,97-2)	0,28	1,98 (1,56-2,42)	0,25	< 0,001

Los valores con letra superíndice son significativamente diferentes; los valores con la misma letra superíndice no tienen diferencias estadísticamente significativas entre sí.

paración es < 0,001 al aislar los datos del grupo GR. El valor escalado de esta distancia (DIFE/LCP) mostró valores aún más homogéneos en-

tre el grupo control y el GI (Tabla 4), quedando aislados los del grupo GR con una clara significación estadística (< 0,001).

Tabla 5

VARIABLES DE INSERCIÓN FEMORAL				
	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN
DIFE (< 18 mm)	84,6	81,2	64,7	92,8
DIFE/LCP (< 0,45)	84,6	90,6	78,5	93,5
DIFE y DIFE/LCP	72,6	93,7	80	90,9

Tabla 6

VARIABLES DE INSERCIÓN TIBIAL				
	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN
DITI (< 28 mm)	63,6	62,5	36,8	83,3
DITI/LCP (< 0,82)	76,9	90,6	76,9	90,6
DITI y DITI/LCP	63,6	90,6	70	87,8

En base a la curva ROC, se seleccionó el valor de 18 mm como distancia mínima normal entre los anclajes femorales. Este punto tiene un alto VPN (Tabla 5), dado que únicamente 2 pacientes del GR (15,3%) presentaban una distancia mayor que esa cifra.

La elección mediante la curva ROC de 0,45 como valor inferior del rango de la normalidad de DIFE/LCP también tuvo un alto VPN para el diagnóstico de la normalidad (Tabla 5).

Tomar conjuntamente los criterios citados para DIFE y DIFE/LCP (Tabla 5) presentó una alta especificidad y VPN para el diagnóstico de la normalidad. Aunque 6 sujetos del grupo control (18%) presentaron valores de DIFE menores de 18 mm, sólo 2 de ellos (6,2%) presentaron un valor de DIFE/LCP < 0,45.

VARIABLES DE inserción tibial

La variable DITI, que mide la distancia en la tibia entre las inserciones de ambos ligamentos cruzados, presentó en el grupo de pacientes GI valores claramente menores (Tabla 4) que los del GR, siendo esta diferencia estadísticamente significativa. Los valores del grupo control quedaron en una situación intermedia. Únicamente 3 pacientes (11,5%) con plastia íntegra tuvieron un valor de DITI > 28 mm frente a los 7 pacientes (53,9%) con plastia rota que cumplieron dicha condición. Al realizar la escala de estos valores absolutos, mediante el parámetro DITI/LCP, los resultados del grupo control son

similares a los del grupo GI y, junto con ellos, mantienen una diferencia estadísticamente significativa frente a los valores del grupo GR, con un valor de $p < 0,001$.

En base a la curva ROC, se seleccionó el valor de 28 mm como distancia máxima normal entre los anclajes tibiales (DITI). Este criterio aislado presentó valores pobres tanto de sensibilidad como de especificidad. Al tomar conjuntamente la citada referencia de normalidad con la obtenida mediante la curva ROC para su versión de escalada (0,82 como valor máximo de DITI/LCP), la especificidad y el VPN aumentan (Tabla 6) y ello resulta en unos valores de 90,6 y 87,8, respectivamente.

VARIABLES DE unidad funcional

Se ha definido el cociente de la distancia entre los anclajes en cada hueso (DITI/DIFE). Este cociente, en los pacientes con plastia rota, presentó valores diferenciados significativamente ($p < 0,001$) con respecto a los del GI y los sujetos control (Tabla 4).

Mediante la curva ROC, se tomó como punto de corte para la normalidad el valor de 1,75. Sólo uno de los controles (3,1%) tiene un valor superior al citado en comparación con los 12 casos del GR (92,3), que presentaron valores superiores al citado límite. Esta variable presentó los mejores índices (> 90%) de sensibilidad, especificidad y predictivos (Tabla 7) cuando se utilizó como test diagnóstico.

Tabla 7				
VARIABLES DE UNIDAD FUNCIONAL				
	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN
DITI/DIFE	92,3	96,8	92,3	96,8

DISCUSIÓN

La revisión de los resultados quirúrgicos de la cirugía reconstructiva del LCA nos lleva a dos conclusiones. En primer lugar, la existencia de un porcentaje de plastias que fracasan sin que medie un nuevo traumatismo^(5,13). En segundo lugar, que, a pesar de las aportaciones de los anatomistas y la tutorización mediante guías cada vez más especializadas en el acto quirúrgico⁽⁸⁾, existe en la mayoría de las series publicadas un porcentaje de túneles incorrectamente ubicados a los que se puede atribuir el fracaso de la plastia. Por otro lado, actualmente existe un renovado y creciente interés por la ubicación de los túneles, que se ha traducido en un intento de recurrir a la reconstrucción en doble banda^(14,15), abriéndose la puerta a una reconstrucción más cercana a la anatomía y funcionalidad primarias del ligamento, pero también a la posibilidad de que el cirujano se exponga a cometer más errores⁽¹⁶⁾.

El error en la ubicación de un túnel puede provocar un conflicto de espacio con los márgenes óseos condíleos y generar un deterioro que atenta contra las propiedades físicas de la plastia^(4,17). Pero además de este deterioro por fricción, existe otra vía de deterioro de la plastia. Numerosos estudios funcionales demuestran la relación de los puntos de anclaje de la plastia con su comportamiento isométrico. Un error en la ubicación de un túnel puede, en consecuencia, provocar elongaciones de la plastia por encima de sus propiedades fisiológicas y ocasionar su deterioro^(18,19). Con mucha frecuencia, la fase clínica inicial de este deterioro puede interpretarse como una artrofibrosis⁽²⁰⁾, y la intensificación secundaria de los programas de rehabilitación podría acelerar este deterioro.

En la evolución clínica de los pacientes, el cirujano ortopédico puede, mediante maniobras clínicas, valorar la situación de estado (laxo o no laxo) de la rodilla^(21,22), pero valorar las situaciones intermedias resulta más dificultoso.

En la práctica clínica, la valoración de los tú-

neles se intenta cuantificar mediante proyecciones radiográficas, y el estado de la plastia, mediante RMN. La validez de las mediciones radiográficas ha sido cuestionada tanto en la cirugía del LCA⁽²³⁾ como en la del LCP⁽²⁴⁾, y su capacidad podría haberse sobrevalorado al no valorar la posible subluxación femorotibial en el caso del fracaso de la plastia. La RMN resulta muy útil cuando la información es explícita respecto a la integridad de la plastia, pero crea dudas en la interpretación de las alteraciones de señal propias de los primeros meses en condiciones normales tras la cirugía.

Nuestro objetivo es aportar de manera conjunta la información cuantitativa de las mediciones que referencian la ubicación de los anclajes de la plastia con la información cualitativa habitual de la exploración de RMN.

Nuestra serie de sujetos sanos control sugiere que la distancia entre las inserciones de ambos ligamentos cruzados en cada hueso (DITI/DIFE) guarda entre sí una relación constante (**Figura 4**). La homogeneidad del valor de esta variable entre los sujetos sanos control y los pacientes con plastia íntegra sugiere que la reconstrucción del LCA debe reproducir a su vez

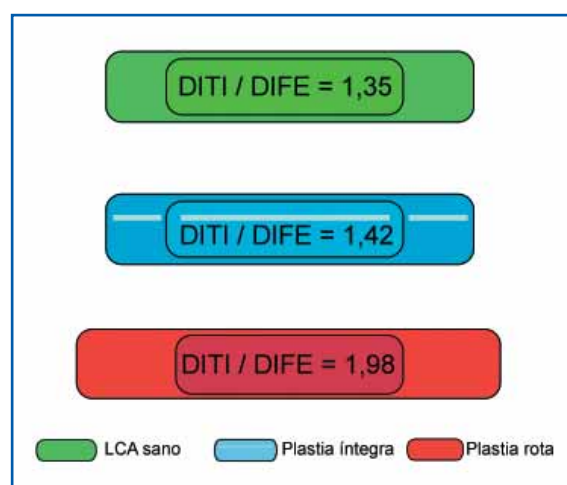


Figura 4. El grupo con la plastia rota presenta una desproporción entre la DIFE y la DITI.

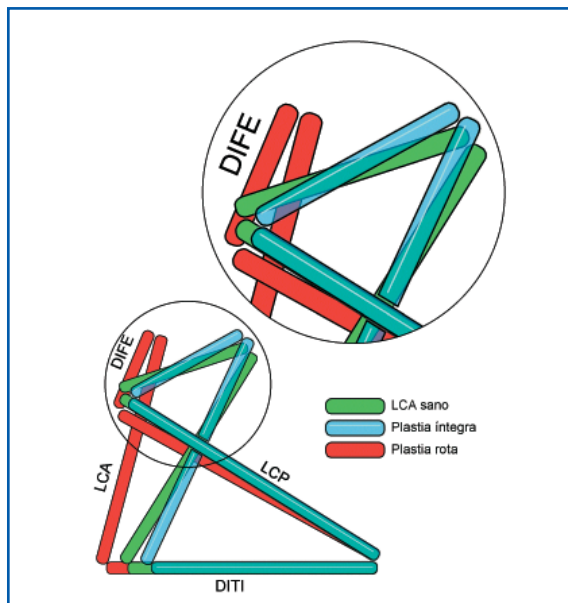


Figura 5. Como el anclaje femoral del LCP es un punto fijo, una barra DIFE corta significa un anclaje femoral anterior.

esta característica antropométrica, aunque con enfoques diferentes y tamaños muestrales pequeños parece deducirse, en otros trabajos, una relación constante entre ambos ligamentos cruzados^(14,25,26). El valor medio superior de DITI/DIFE, con diferencia significativa, que presentan los pacientes con la plastia rota, refleja la pérdida de este equilibrio anatómico natural entre las inserciones de ambos ligamentos cruzados, siendo la especificidad y el VPN de esta afirmación diagnóstica de un 96,8% según el test diagnóstico propuesto. Cualquiera de los dos errores de ubicación de los túneles más frecuentes (anterior tanto en fémur como en tibia) se reflejan en este cociente, de manera aislada o sumándose en sus efectos, aumentando el valor del mismo.

En el fémur, y de acuerdo con nuestros datos, los pacientes con la plastia rota presentaron una distancia entre las inserciones femorales (DIFE) de ambos ligamentos cruzados menor que la de los otros dos grupos (Figura 5). Ningún paciente con plastia fallida tuvo una DIFE mayor de 18 mm, dato este que aporta una gran especificidad. Si se asume que la inserción en el fémur del LCP nativo de cada rodilla es un punto de referencia original (no modificado por la cirugía), estos datos parecen registrar la ubicación anteriormente fallida de los túneles fe-

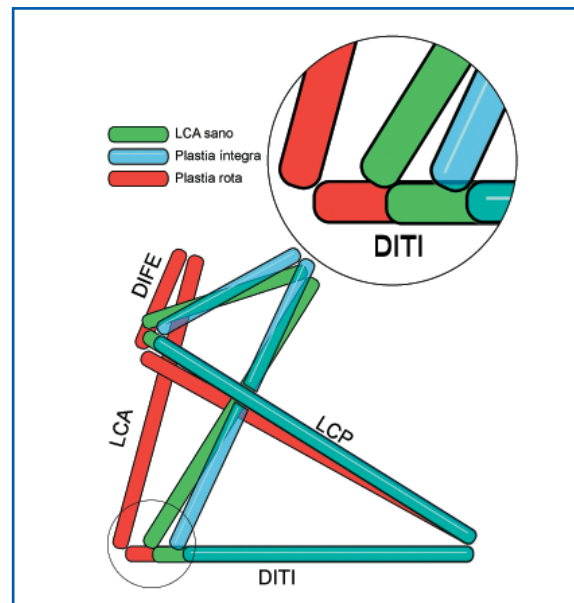


Figura 6. Como el anclaje tibial del LCP es un punto fijo, una barra DITI larga significa un anclaje tibial anterior.

morales sin los inconvenientes de las proyecciones radiográficas destinadas al mismo fin^(9,27). Desde el punto de vista de la isometría, los errores cometidos en el fémur tienen mayor repercusión sobre la elongación de la plastia que los cometidos en la tibia⁽²⁵⁾.

De manera análoga, en lo que se refiere a la tibia, los datos de nuestro estudio reflejan que los pacientes con la plastia rota presentaban una localización anterior del túnel tibial (Figura 6), un error ya recogido en la literatura como potencial factor de deterioro de la plastia^(4,5). El valor absoluto de la DITI es el que de manera aislada posee menos fuerza como criterio diagnóstico. Es fácil y deducible pensar que este hecho guarda relación con la talla del paciente. Pero tanto su valor escalado (DITI/LCP) como la consideración conjunta de DITI y DITI/LCP serían buenos parámetros (tanto de especificidad como de VPN) usados como test diagnóstico.

Se ha observado que las mediciones radiológicas destinadas a valorar el conflicto de espacio con la escotadura no tienen en cuenta las posibles subluxaciones tibiofemorales⁽²³⁾. Y aunque se recurre a la RMN para valorar la integridad de la plastia —a pesar de las dificultades de interpretación durante el primer año tras la cirugía^(10,28)—, no se ha promulgado su uso para la valoración de los túneles⁽²⁹⁾. La información que

aportan nuestras mediciones podría, como mínimo, equipararse a la aportada por la radiología simple.

Nuestra serie incluye un alto índice de plastias fallidas, pero así lo ha determinado el riguroso criterio radiológico de inclusión. La mayoría de los autores, cuando publican sus series, utiliza criterios artrométricos estandarizados para clasificar las plastias como fallidas. Si usamos dichos criterios como referencia, nuestra tasa de fallos (5,8%) sería similar al de otras series publicadas⁽⁵⁾.

Actualmente, la toma de decisiones en pacientes sintomáticos tras la sustitución del LCA supone un reto clínico. Si el cirujano ortopédico recurre a una RMN en este momento evolutivo, recibe del radiólogo una información casi exclusivamente descriptiva y de difícil interpretación fisiopatológica. No hay que olvidar que el éxito de una eventual cirugía de revisión depende en parte de la correcta y precoz identificación de la etiología del error en la cirugía primaria. Los cirujanos ortopedas sólo somos imitadores de la naturaleza y creemos difícil reproducir, con nuestras plastias cilíndricas, tanto la huella de la inserción del LCA original como el contacto íntimo entre éste y la escotadura intercondílea. Nuestro grupo de trabajo comparte la idea de Amis *et al.*⁽¹⁾ de que nuestros sustitutos en línea recta del LCA son una transigencia de la biomecánica.

CONCLUSIONES

Si bien es cierto que la representación mediante un punto de la superficie de inserción de un ligamento o la simplificación de la anatomía del LCP en extensión mediante un vector recto pueden entenderse como una limitación de nuestro estudio, las conclusiones que se derivan del análisis de los datos recogidos pueden reflejar la realidad tridimensional anatómica de los pivotes centrales de la rodilla.

En nuestra opinión, el esfuerzo del cirujano no debe limitarse a sustituir el LCA en una rodilla inestable, sino que además debe hacerlo en armonía anatómica con el LCP, con el que funciona conjuntamente. Es por ello por lo que la evaluación del resultado quirúrgico debe recoger esta relación. El modelo de medición que proponemos refuerza esta noción ya que incluye al LCP como referencia para considerar correcto el anclaje de una plastia de sustitución.

Nuestro grupo de trabajo está investigando el establecimiento de estas relaciones anatómicas en la población sana y pone el citado programa CRULIANT a disposición de los grupos de cirujanos ortopédicos interesados en estas líneas de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Amis AA Dawkins GP. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament: fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. *J Bone Joint Surg Br* 1991; 73 (2): 260-7.
2. Allum R. Complications or arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br* 2003; 85 (1): 12-6.
3. Vergis A Gillquist J. Graft failure in intra-articular anterior cruciate ligament reconstructions: a review of the literature. *Arthroscopy* 1995; 11 (3): 312-21.
4. Howell SM, Taylor MA. Failure of reconstruction of the anterior cruciate ligament due to impingement by the intercondylar roof. *J Bone Joint Surg Am* 1993; 75: 1044-55.
5. Aglietti P, Buzzi R, Giron F, Simeone AJ, Zaccherotti G. Arthroscopic-assisted anterior cruciate ligament reconstruction with the central third patellar tendon. A 5-8-year follow-up. *Arthroscopy* 1997; 5 (3): 138-44.
6. Turman K Miller M. What's new in sports medicine. *J Bone Joint Surgery* 2008; 90-A-Number 1-January.
7. Allen CR, Giffin JR, Harner CD. Revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopedic Clinics of North America* 2003; 34 (1): 79-98.
8. Morgan CD, Kalman VR, Grawl DM. Definitive landmarks for reproducible tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 1995; 11: 275-8.
9. Cole J, Brand JC Jr, Caborn DN, Johnson DL. Radiographic analysis of femoral tunnel position in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Knee Surg* 2000; 13 (4): 218-22.
10. Howell SM, Berns GS, Farley TE. Unimpinged and impinged anterior cruciate ligament grafts: MR signal intensity measurements.

- Radiology 1991; 179 (3): 639-43.
11. Muller WW. Kinematics. En: Muller WW (ed.). The knee. Form, function and ligament reconstruction. New York: Springer; 1983. p. 8-28.
 12. Howell SM, Clark JA, Farley TE. A rationale for predicting anterior cruciate graft impingement by the intercondylar roof. A magnetic resonance imaging study. American Journal of Sports Medicine 1991; 19 (3): 276-82.
 13. Brown CH Jr, Carson EW. Revision anterior cruciate ligament surgery. Clinics in Sports Medicine 1999; 18 (1): 109-71.
 14. Pinczewski LA, Salmon LJ, Jackson WF, von Bormann RB, Haslam PG, Tashiro S. Radiological landmarks for placement of the tunnels in single-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surgery Br 2008; 90 (2): 172-9.
 15. Zelle BA, Brucker PU, Feng MT, Fu FH. Anatomical double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. Sports Med 2006; 36: 99-108.
 16. Harner CD, Poehling GG. Double bundle or double trouble? Arthroscopy 2004; 20: 1013-4.
 17. Buzzi R, Zaccherotti G, Giron F, Aglietti P. The relationship between the intercondylar roof and the tibial plateau with the knee in extension: relevance for tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy 1999; 15 (6): 625-31.
 18. Penner DA, Daniel DM, Wood P, Mishra D. An in vitro study of anterior cruciate ligament graft placement and isometry. Am J Sports Med 1988; 16 (3): 238-43.
 19. Sapega AA, Moyer RA, Schneck C, Komalahiranya N. Testing for isometry during reconstruction of the anterior cruciate ligament. Anatomical and biomechanical considerations. J Bone Joint Surg Am 1990; 72 (2): 259-67.
 20. DeHaven KE, Cosgarea AJ, Sebastianelli WJ. Arthrofibrosis of the knee following ligament surgery. Instructional Course Lectures 2003; 52: 369-81.
 21. Passler JM, Babinski K, Schipping G. Failure of clinical methods in assessing graft integrity after anterior cruciate ligament reconstruction: an arthroscopic evaluation. Arthroscopy 1999; 15 (1): 27-34.
 22. Sernert N, Kartus J, Köhler K, Stener S, Larsson J, Eriksson BI, Karlsson J. Analysis of subjective, objective and functional examination tests after anterior cruciate ligament reconstruction. A follow-up of 527 patients. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 1999; 7 (3): 160-5.
 23. Almekinders LC, Chiavetta JB, Clarke JP. Radiographic evaluation of anterior cruciate ligament graft failure with special reference to tibial tunnel placement. Arthroscopy 1998; 14 (2): 206-11.
 24. Brand JC Jr, Cole J, Sumida K, Caborn DN, Johnson DL. Radiographic analysis of femoral tunnel position in postoperative posterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy 2002; 18 (7): 688-94.
 25. Bradley J, FitzPatrick D, Daniel D, Shercliff T, O'Connor J. Orientation of the cruciate ligament in the sagittal plane. A method of predicting its length-change with flexion. J Bone Joint Surg Br 1988; 70 (1): 94-9.
 26. McGuire DA, Hendricks SD, Sanders HM. The relationship between anterior cruciate ligament reconstruction tibial tunnel placement and the anterior aspect of the posterior cruciate ligament insertion. Arthroscopy 1997; 13 (4): 465-73.
 27. Klos TV, Harman MK, Habets RJ, Devilee RJ, Banks SA. Locating femoral graft placement from lateral radiographs in anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of 3 methods of measuring radiographic images. Arthroscopy 2000; 16 (5): 499-504.
 28. Maywood RM, Murphy BJ, Uribe JW, Hechtman KS. Evaluation of arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using magnetic resonance imaging. Am J Sports Med 1993; 21 (4): 523-7.
 29. Tomczak RJ, Hehl G, Mergo PJ, Merkle E, Rieber A, Brambs HJ. Tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction: MRI analysis as an important factor in the radiological report. Skeletal Radiol 1997; 26 (7): 409-13.