

Reconstrucción Artroscópica del Ligamento Cruzado Anterior Maximizando la Utilización de los Injertos Isquiotibiales Autólogos

Para optar a Miembro Titular

Federico E. Spikermann

Hospital de Clínicas "José de San Martín", C.A.B.A., Argentina

RESUMEN

Introducción: La ruptura del ligamento cruzado anterior (LCA) es una lesión ligamentaria frecuente de la rodilla que causa discapacidades significativas. En nuestro medio en la actualidad es de elección cada vez frecuente el injerto combinado de tendones isquiotibiales (IT) semitendinoso (ST) y recto interno (RI) para la reconstrucción del LCA.

Objetivo: Determinar los resultados funcionales e índice de re ruptura después de una reconstrucción de LCA con IT, con técnica de simple banda y maximizando la utilización de los injertos isquiotibiales obteniendo el mayor diámetro final posible del injerto de acuerdo a la altura, sexo y edad, evaluando posteriormente los resultados clínico-quirúrgicos de la reconstrucción del LCA con un seguimiento mínimo de 13 meses.

Materiales y métodos: Estudio de cohorte prospectivo en 123 pacientes con ruptura de LCA. Análisis en 3 etapas, prequirúrgica (Rayos x, Resonancia magnética nuclear RMN, examen clínico por maniobras, examen bajo anestesia y aplicación de fórmula predictiva del diámetro del neo LCA), intra quirúrgica (largo de los injertos, medición diámetro con técnica cuadruple, diámetro con técnica quintuple o séxtuple, medición largo de túneles femoral y tibial, largo final del injerto plegado, elección de largos y diámetros de los sistemas de fijación, examen fluoroscópico final) y post quirúrgica (RMN, KT1000, Lysholm e IKDC).

Resultados: La edad media al momento de la cirugía fue de 25.7 años (rango, 15-40) con un período medio de seguimiento 26.5 meses (rango 15-38 meses). La longitud del semitendinoso fue de 292.8 mm (+/- 22.2 SD) y del recto interno fue de 264.9 mm (+/- 29 SD). El diámetro promedio fue de 9.43 mm (+/- 0.60) y la longitud promedio del injerto final una vez plegado fue de 92.65 mm (+/- 6.9). A 40 pacientes se les efectuó injerto quintuple (33%) y a 83 pacientes injerto séxtuple (67%). Se encontró diferencia significativa en el diámetro del injerto obtenido, y porcentaje de descarte cuando se compararon quintuples versus séxtuple. Para la evaluación general se utilizaron las puntuaciones de la actividad del Comité Internacional de Documentación de Rodilla (IKDC) (A:59%, B:33%, C:4% y D:4%) y Lysholm (E:90%, B:6%, C:4%). Los parámetros objetivos utilizados para la evaluación incluyeron pruebas de cambio de pivote y Lachman (9) mientras que la laxitud anterior se midió utilizando el artrómetro de rodilla KT-1000 comparativa en milímetros (<3mm:72%, 3-5mm:24%, >5:4%). Se encontró un 4% de re rupturas independientemente de la técnica utilizada.

Conclusión: La reconstrucción del LCA con simple banda maximizando la utilización de los injertos isquiotibiales con técnica quintuple o séxtuple proporciona un diámetro de injerto con excelentes resultados a corto y mediano plazo.

Tipo de estudio: Serie de casos

Nivel de evidencia: IV

Palabras Claves: Reconstrucción de LCA; Isquiotibiales; Diámetro; Máxima Utilización

ABSTRACT

Background: Anterior Cruciate Ligament (ACL) ruptures are a frequent knee ligament injury causing significant disabilities. The combined grafting of both hamstrings Semitendinosus (ST) and Gracilis (Gr) for the ACL reconstruction is nowadays in our country an increasingly utilized common choice.

Objective: To determine the functional outcome and the re rupture index after a simple band technique ACL reconstruction, maximizing the use of the hamstrings, obtaining the largest possible final diameter of the graft according to the body height, sex, age of the patient and to assess the clinical outcome with a minimum follow up of 13 months.

Materials and methods: Prospective cohort study. 123 patients with ACL rupture. 3 phases analysis. Pre operative (X rays, MRI, clinical testing, examine under anesthesia and application of the neo ACL diameter predictive formula), intra operative (grafts lengths, quadruple graft diameter, quintuple or sextuple graft diameter, bone tunnels lengths, final graft length, loop length and diameter of the fixation devices, final fluoroscopy examination) and post operative (MRI, KT1000, Lysholm and IKDC)

Results: The mean age at surgery was 25.7 years (range, 15-40). The mean follow up was 26.5 months (range, 15-38 m). The length of the semitendinosus was X: 292.8 mm (+/- 22.2 SD) and the Gracilis was X: 264.9 mm (+/- 29 SD). The mean diameter was 9.43 mm (+/- 0.60) and the average length of the final graft once folded was 92.65 mm (+/- 6.9). In 40 patients (32.7%) the five stranded technique was performed meanwhile in 83 patients six stranded graft (67.3%) was performed. A significant difference was found in the diameter of the obtained graft, and the percentage discarded when comparing the five versus six stranded techniques. Follow-up evaluations scales results by subjective and objective tests were (IKDC) (A:59%, B:33%, C:4% y D:4%) and Lysholm (E:90%, B:6%, C:4%). The comparative anterior laxity in millimeters was assessed by the KT-1000 (<3mm:72%, 3-5mm:24%, >5:4%). A 4% rupture was found regardless of the used technique.

Conclusion: The reconstruction of the ACL with a single band, maximizing the use of hamstrings graft with a five stranded or six stranded technique, provides a graft diameter with excellent results in the short to medium term.

Type of Study: Case series

Level of evidence: IV

Keywords: ACL reconstruction; Hamstrings; Diameter; Maximum Utilization

INTRODUCCIÓN

El ligamento cruzado anterior (LCA) es una estructura

Federico Spikermann

fedespikermann@hotmail.com

Recibido: 19 de marzo de 2019. Aceptado: 1 de abril de 2019.

anatómica crítica para el funcionamiento normal de la rodilla.¹ Su ruptura causa discapacidades significativas, especialmente en los deportistas. En la actualidad, la reconstrucción del LCA se realiza utilizando una técnica asistida artroscópicamente.² Durante las últimas tres décadas, es o ha sido considerado como el patrón oro en la

reconstrucción del LCA la utilización como injerto, el tercio medio del tendón rotuliano³ por sus bondades en la osteointegración y los más de 40 años de seguimiento. Sin embargo, es de elección cada vez frecuente el injerto combinado de tendones isquiotibiales semitendinoso (ST) y recto interno (RI).¹⁴ Esta tendencia sería debido a la comorbilidad que acarrea la toma del tercio medio del tendón rotuliano, como el tiempo de la toma del injerto, el mayor daño del aparato extensor, la potencial alteración de la altura rotuliana (patela baja) y de su encarrilado, así como la consecuente condromalacia patelofemoral, la fractura de la rótula o la ruptura del tendón rotuliano.¹⁶

Sin embargo, a lo largo del tiempo se fueron evidenciando ciertas desventajas en la utilización de los injertos isquiotibiales: falta de la osteointegración rígida inmediata, menor firmeza en el punto final durante la maniobra de Lachman en comparación con el injerto patelar o el LCA nativo, un riesgo de mayor laxitud residual en el seguimiento a medio y largo plazo, ampliación de los túneles por efecto limpiaparabrisas, debilidad de la musculatura isquiotibial a la flexión profunda con dificultad para controlar la rotación interna de la tibia, mayor índice de infecciones¹⁹ y de re rupturas.^{4,18}

Freddie Fu con su trabajo de investigación (tenes la cita) aconseja reconstruir al menos el 60% del LCA nativo. Sería la variabilidad del diámetro de los injertos isquiotibiales la causa del mayor índice de re rupturas? . Trabajos científicos como el de Maletis G²⁰ han demostrado que entre un injerto cuádruple final de 7 a 9 mm el incremento de 0.5 mm en su diámetro, disminuía 0.82 veces las probabilidades de una re ruptura. El objetivo de esta investigación es describir la reconstrucción artroscópica del LCA con simple banda maximizando la utilización de los injertos isquiotibiales obteniendo el mayor diámetro final posible del injerto de acuerdo al sexo, edad y altura del paciente evaluando posteriormente los resultados clínico-quirúrgicos de la reconstrucción del LCA.

MATERIAL Y METODO

Diseño del estudio

Este fue un estudio de cohorte prospectivo realizado entre julio de 2013 y Agosto de 2017 donde el autor principal realizó (FS) reconstrucciones de LCA en 123 pacientes consecutivos. Todos los pacientes tenían una ruptura del LCA diagnosticada mediante la realización de un examen clínico, radiográfico, por resonancia magnética, examen clínico bajo anestesia y confirmado durante la reconstrucción artroscópica del LCA. Los criterios de exclusión fueron la ausencia de una lesión o cirugía anterior en cualquiera de las rodillas, antecedente de osteoartritis, otra lesión ligamentaria (incluyendo el ligamento cruzado

posterior, el ligamento colateral lateral, el ligamento colateral medial o el ángulo posterolateral de la rodilla) y la presencia de una fractura previa o concomitante. No fueron consideradas las lesiones asociadas condrales ni meniscales como variables en este estudio.

Evaluación Prequirúrgica: Evaluación clínica, exámenes radiográficos unilaterales fueron realizados con apoyo mono podálico para la incidencia anteroposterior, mientras que tanto para la incidencia axial rotuliana como el perfil fueron realizados a 30° de flexión de la rodilla. En el estudio por resonancia magnética nuclear (RMN) se evaluaron tanto la falta de integridad del ligamento cruzado anterior como la presencia de lesiones asociadas ya sean meniscales, condrales y de otras estructuras ligamentarias.

Se realizó la aplicación de la fórmula predictiva de diámetro final del NEO LCA si se realizara con técnica de preparación del injerto en forma cuádruple (Diámetro del injerto STRI x 4: 4,5 + 0,02 x Altura en centímetros).⁹

TÉCNICA QUIRÚRGICA

Evaluación intraquirúrgica

Todas las reconstrucciones fueron realizadas por el mismo cirujano (FS). En el momento inmediato previo a la artroscopia, se realizó un examen bajo anestesia de la rodilla y se documentó la patología asociada.

Durante el acto quirúrgico se realizaron secuencialmente precisas cuantificaciones y mediciones. Algunos detalles de la técnica quirúrgica deben ser destacados. En primer lugar y debido a una desventaja relativa del múltiple plegado del injerto es su longitud final, estamos dividiendo por 3 su longitud original. Es por ello que es mandatorio obtener de inicio la mayor longitud posible de injerto. En este trabajo los injertos isquiotibiales son obtenidos en un 100% desde la entesis periostica tibial hasta la transición mio-tendinosa no desperdiciando nada de colágeno. Aunque el injerto plegado sea de menor longitud final a la hora de su fijación final puede regularse su ascenso eligiendo un lazo más largo del botón para que el neo LCA pueda ser correctamente fijado a nivel tibial por el sistema de interferencia tibial. Luego de su obtención la longitud de cada injerto fue medido individualmente. Una vez preparados los injertos y limpios sin fibras musculares fueron plegados en la forma clásica y se valoró el diámetro de dicho injerto cuádruple. Paralelamente a la preparación del injerto se realiza el fresado inicial del túnel femoral con la fresa de 5 mm de diámetro y su longitud con el medidor. En este punto y en base al largo de cada tendón se tomó la decisión de la preparación como injerto final quintuple o séxtuple, midiendo tanto el diámetro como el largo del mismo (el largo final del injerto considerado fue el del injerto más corto mayormente correspondió al RI). Finalmente y en base al diámetro del injerto se completaron la realización de los túneles femoral,

tibial y la medición de ambos pero también del recorrido intraarticular entre las bocas de ambos túneles. Basándonos en dicha sumatoria, y la longitud del injerto seleccionamos los dispositivos de fijación cuyos diámetros y largos, otorgaran la integración y resistencia más adecuadas, o sea el largo del lazo del botón cortical y del largo y diámetro del sistema de interferencia tipo kurosaka (dependiendo del tipo de material: titanio (mismo diámetro del túnel tibial, en caso de ser de peek o biodegradable un diámetro mayor al diámetro del túnel tibial). Una vez terminada la fijación tibial final del neoligamento se amputó el muñón remanente sobrante extremo distal extra articular y se realiza la medición del largo de dicho sobrante para poder obtener los porcentajes de injerto utilizado y el descartado (figs. 1-7).

Técnica de la preparación del injerto quintuple/séxtuple (figs. 1-16)

Rehabilitacion

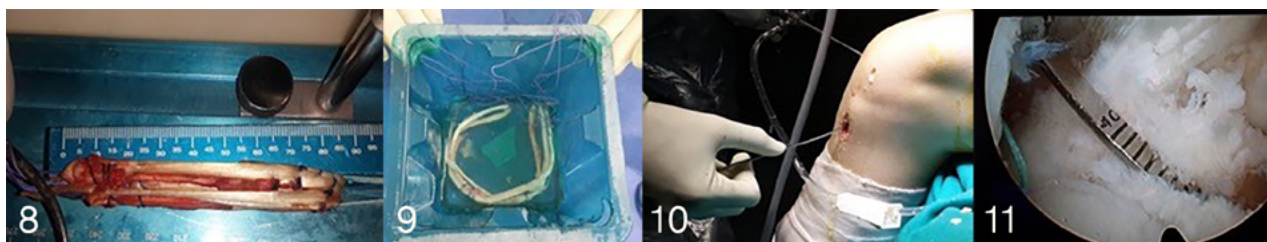
Se indicó la deambulacion inmediata con uso de muletas durante 2 semanas y con el uso durante 3 semanas de férula en extensión de uso obligatorio extra domiciliario. Se indicaron ejercicios isométricos de cuádriceps y gemelos en el postoperatorio inmediato, y a los 7 días el inicio de ejercicios de flexo extensión de rodilla pasivos con progresión a activos. Los ejercicios propioceptivos y de fortalecimiento se indicaron a partir del tercer mes. Se consideró el alta médica a los 9 meses de la cirugía. Las actividades deportivas pivotantes de alta demanda fueron permitidas entre los 9 y los 12 meses depen-



Figuras: 1) Toma de injerto desde la entesis hasta la transición mio-tendinosa en una rodilla derecha. 2) Medición de la longitud de cada tendón por separado. 3) Medición del diámetro del injerto plegado en la forma cuádruple clásica. 4) Inicio del plegado triple.



Figuras: 5) Fijación del haz plegado mediante puntos separados y reabsorbibles vycril 2.0. 6) Pasaje de puntos de puntos de krackow en los extremos del injerto triple. 7) Medición final del diámetro del injerto séxtuple y/o quintuple.



Figuras: 8) Medición de la longitud final del injerto triplicado. 9) Injerto sumergido en 2gr de vancomicina. 10,11) Medición de la longitud de los túneles femoral, tibial y el recorrido intra-articular en una rodilla derecha.



Figuras: 12) Elección final del largo del lazo del botón cortical. 13) Ascenso y fijación cortical femoral del injerto en una rodilla derecha. 14) Elección del diámetro y largo del tornillo de interferencia tibial. 15) Control radioscópico final. 16) Medición final del largo del muñón del injerto descartado.

diendo del resultado obtenido durante la prueba de salto comparativa con el miembro inferior contralateral debiendo ser mayor al 80% para deportistas recreacionales y mayor al 90% para deportistas de contacto, colisión y alta competencia.¹⁵

Evaluación de seguimiento. Valoración post operatoria

Exámenes clínicos

Todos los pacientes fueron examinados y los datos postoperatorios recogidos por el mismo cirujano a los 3, 6 y 12 meses después de la cirugía. Para la evaluación general se utilizaron las puntuaciones de la actividad del Comité Internacional de Documentación de Rodilla (IKDC) (objetivo-subjetivo) y Lysholm (subjetivo).

Los parámetros objetivos utilizados para la evaluación incluyeron pruebas de cambio de pivote y Lachman⁹ mientras que la laxitud anterior se midió utilizando el artrómetro

de rodilla KT-1000 (MEDmetric Corporation, San Diego, CA, EE.UU.) con la rodilla a 30° de flexión. Se aplicó una fuerza de desplazamiento anterior de 134 N para la tibia tanto de la pierna lesionada como de la pierna normal no lesionada. Las diferencias se observaron en milímetros.

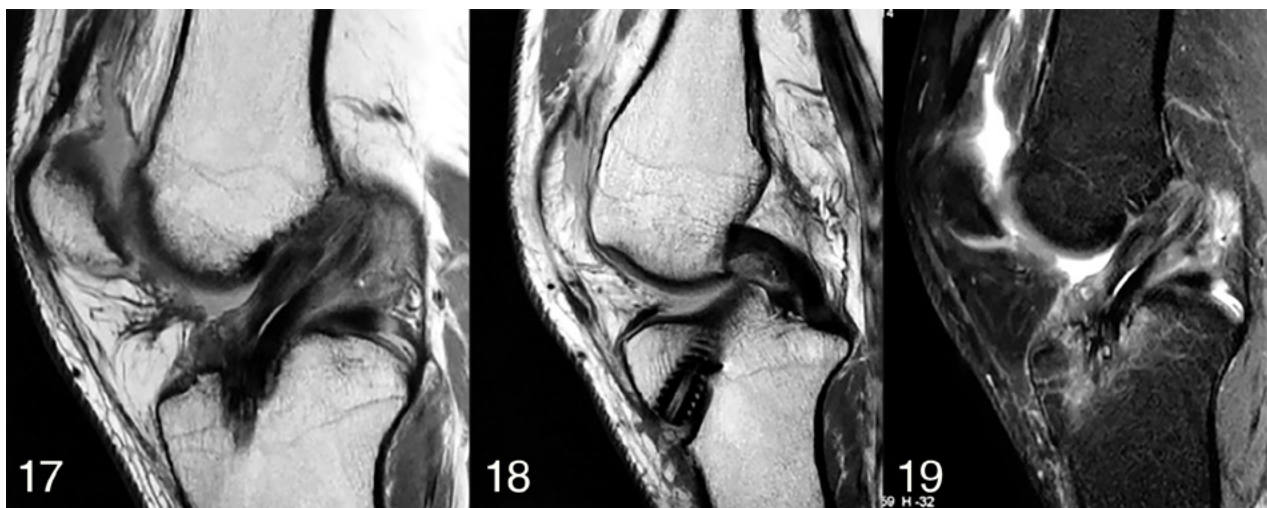
Las complicaciones postoperatorias inmediatas, incluyendo la infección profunda, la infección de la herida y las rupturas ligamentarias, se registraron en las visitas de seguimiento por el propio cirujano.

El rango del período de seguimiento para el 100% de los pacientes incluidos en este estudio fue entre los 15 y los 38 meses (rango promedio 26,5 meses).

Estudios por imágenes (figs. 17-19)

Valoración de la integridad del injerto mediante RMN

Como fuera detallado en los métodos de este estudio, se



Figuras: 17 y 18) Imágenes por RMN solicitadas a los 6 meses y realizada al 7mo mes, a un paciente al cual se le realizó una reconstrucción del LCA con técnica séxtuple. Obsérvese tanto la cantidad como la integridad del injerto, aunque una señal en el haz más anterior hacia distal sugiera un posible choque anterior en el intercóndilo a hora 12 durante la hiperextensión. En la figura 19 obsérvese el edema óseo tibial que rodea al neo ligamento a pesar de llevar 7 meses post operatorios.

TABLA 1: CARACTERÍSTICAS FINALES DEL INJERTO

Característica final del injerto	Plegado	Longitud promedio	Diámetro promedio	Longitud Promedio del injerto plegado	Sistema de fijación
Quíntuple 32%		ST: 292,8mm (+/- 22,2 SD)	Quíntuple 8,92 mm	92,65 mm (+/-6,9 SD)	Femoral botón de lazo fijo
Séxtuple 68%		RI: 264,9mm (+/- 29 SD)	Séxtuple 9,43 mm		15mm 85%
					20mm 12%
					12mm 3%
					Tornillo interferencia tipo kurosaka
					Titanio 69%
					Peck/BioE 31%
					Largo del tornillo
					25mm 84%
					30mm 16%

solicitaron imágenes por resonancia magnética a los 3, 6 y 9 meses.

Análisis estadístico

Todos los datos se analizaron para la distribución normal mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Test de Pearson Chi-cuadrado y test-t fue utilizado para determinar diferencias significativas. Las comparaciones entre los subgrupos (quíntuple vrs séxtuple) se realizaron con la prueba U de Mann-Whitney. El análisis de regresión múltiple se utilizó para evaluar la contribución relativa de las variables seleccionadas en los resultados dicotómicos. Todos los ensayos se realizaron en dos direcciones y un valor de $p < 0,05$ se consideró significativo. La evaluación estadística se realizó con SPSS 17.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, EE.UU.).

RESULTADOS

Características demográficas

La edad media a la cirugía fue de 25.7 años (rango, 15-40) todos los pacientes con fisis cerradas. Se realizaron reconstrucciones en 74 pacientes de sexo masculino y en 49 de sexo femenino.

Longitud promedio del trayecto intra articular (inter túneles) y de los túneles óseos: Longitud del túnel femoral 38,25 mm, intra articular 24,76 mm y túnel tibial 36,97 mm .

Se compararon las características del injerto según la utilización de injerto quántuple o séxtuple (Tabla 3).

TABLA 3: COMPARACIÓN DE LOS INJERTOS SEGÚN TÉCNICA QUÍNTUPLE VS SÉXTUPLE

Variable	X5	X6	P-valor
Edad	25.55	24.87	0.23
ST (mm)	297.9	304.15	0.19
RI (mm)	256.45	280.85	0.01
Diámetro (mm)	8.65	9.09	0.01
Largo (mm)	97.03	95.03	0.18
Descarte (mm)	59.45	29.04	0.01
loop	16.1	16.29	0.71

TABLA 4.

ESCALA	IKDC				Lysholm			KT1000		
	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Excelente	Bueno	Malo	<3 mm	3 – 5 mm	>5 mm
	Normal	Casi Normal	Anormal	Severamente Anormal						
	59%	33%	4%	4%	90%	6%	4%	72%	24%	4%

Resultados funcionales

A los 13 meses de seguimiento el 59% de los pacientes tuvieron un score de IKDC Normal, no habiendo diferencia estadísticamente significativa entre los grupos quántuple versus séxtuple ($p > 0.05$). La escala de Lysholm puntuó como excelente en el 90% de los pacientes, indistintamente de la técnica utilizada. Los resultados que arrojó el test de punto lado a lado con el KT1000 fue menor a 3 mm en el 72% de los pacientes (Tabla 4).

Complicaciones en el seguimiento

Al final del estudio se registraron 3,25% de artritis sépticas y 3,25% de re rupturas del neo ligamento. Los 4 casos de artritis sépticas se produjeron durante los primeros 6 meses del inicio del registro y las mismas se repartieron por partes iguales en las dos técnicas utilizadas (p-valor: 0.549). Una modificación durante y al final del proceso de preparación del injerto independientemente a la técnica utilizada consistió en embeber y sumergir el injerto en una solución compuesta por 2 gr de Vancomicina diluidos en 100 ml de solución fisiológica.

En 3 casos de re-ruptura la técnica séxtuple fue la empleada. (p-valor: 0.451).

Aplicando un modelo de regresión logística las variables que explican la re ruptura del injerto fueron: artritis sépticas posterior a la reconstrucción del LCA, la edad (p-valor: 0.01) y el diámetro del injerto (p-valor: 0.009). Dos de los cuatro casos de re ruptura del neo ligamento forman parte también del grupo de los pacientes que padecieron una artritis séptica.

DISCUSIÓN

Los hallazgos más importantes de esta investigación fueron la demostración de que a mayor diámetro final del injerto el índice de re ruptura fue menor al reportado en la bibliografía y que además si la técnica de obtención del injerto es la correcta, el largo de los injertos será el adecuado para posibilitar el plegado de los mismos en casi la totalidad de los procedimientos cuando fuera necesario en caso de que la técnica

cuádruple arroje un diámetro de 8 mm o menor sobre todo en los pacientes menores de 18 años que es la población más expuesta a sufrir re rupturas reportado en la bibliografía. Aunque el debate persiste sobre la elección óptima del injerto para la reconstrucción del LCA, la utilización de los tendones isquiotibiales autólogos se ha visto incrementada en popularidad en los últimos años. Históricamente, el autoinjerto patelar fue favorecido por su probado historial de seguimiento y por las bondades en materia de osteointegración. Sin embargo, se sabe que esta técnica está asociada con morbilidades significativas, incluyendo dolor crónico anterior de la rodilla, osteocondritis rotuliana, patela baja, debilidad del cuádriceps, fractura de rótula y ruptura del ligamento rotuliano. Frank Noyes et al. en su investigación en 1984 “Análisis biomecánico de los injertos humanos ligamentarios utilizados en la reparación y reconstrucción de los ligamentos de la rodilla”⁸ describe como el LCA nativo falla ante una carga de 1725 Newtons, mientras que un HTH de 14 mm de diámetro, lo hace ante 2900 Newtons. Resultados similares reporta Brian Cole et al. en 2012 destacando que la resistencia de un injerto isquiotibial cuádruple fue de 4090 Newtons.¹⁶

Uno de los propósitos de la implementación del multiplegado de los injertos isquiotibiales es la de intentar emular las bondades demostradas en las innumerables publicaciones bibliográficas del injerto patelar pero con un enfoque menos invasivo y sin alteración del aparato extensor por ende limitando el potencial de complicaciones de la toma del injerto patelar.¹⁶

Magnussen y cols.⁸ publicó un estudio retrospectivo M.O.O.N. (Multicentric Orthopedic Outcome Network) con un cohorte de 256 pacientes (136 hombres 53,1% 11 a 52 años de edad) sometidos a una reconstrucción del LCA con autoinjerto STRI cuádruple con seguimiento promedio de 14m sus resultados arrojaron una tasa de re ruptura del 7% (18 pacientes). Cuanto menor fue el diámetro del injerto y la edad del paciente, mayor fue la tasa de revisión. Los injertos de 7 mm o menores tienen la mayor tasa de revisión y los injertos menores de 8 mm en pacientes menores de 20 años la tasa de revisión fue del 16,5%.

Merece destacarse que básicamente cuando realizamos una reconstrucción del LCA a simple banda, estamos colocando una “cuerda” que sostiene dos estructuras. Freddie Fu, sugiere que con esa “Cuerda” se reconstruya al menos el 60% del LCA nativo. Las características y resistencia de estas cuerdas son regidas por las leyes de las matemáticas y la física. Lo resumiremos en los siguientes 2 conceptos teóricos con relevancias clínicas. El diámetro de un círculo es el doble de su radio, mientras que el

área de un círculo es influenciada por la variación de su diámetro al cuadrado y multiplicado por el constante número Π (3,14) formulas (Diámetro de un círculo: $r \times 2$) (Área de un círculo = $\Pi \times r^2$). Aplicando dichas fórmulas citamos a modo de ejemplo que el área de un círculo de 7 mm de diámetro es de 39.32 mm², mientras que para el de uno de 10 mm, la misma corresponde a 78.73 mm² prácticamente casi el doble. Eso significa que un injerto de 10 mm de diámetro contiene el doble (100%) más de fibras de colágeno comparándolo con un injerto de 7mm. En mi práctica, numerosas veces cuando un injerto IT cuádruple mide 8 mm de diámetro lo hemos convertido a séxtuple el mismo pasa a medir un uniforme injerto de 10 mm diámetro, conteniendo un 56.12% más de fibras de colágeno que uno de 8mm.

Basado en las propiedades físicas de una cuerda, NO por su material, sino por su diámetro, su resistencia es reglada por la fórmula de Resistencia de una cuerda: $D^2 \times 200$. De esta manera una cuerda de 7 mm de diámetro resistirá $7 \times 7 \times 200 = 9800$ newtons, o sea 980 KN, una de 9 mm resistirá 1620 KN. Si nosotros podemos convertir un injerto de 8 mm en uno de 10 mm este último resistirá 2000 KN eso serían 640 KN más. Cada mm que se incremente en el diámetro de una cuerda influenciará en forma exponencial su resistencia.

Un segundo concepto teórico con relevancia clínica cita a que el perímetro es el largo de una circunferencia, significa que si un círculo fuera dibujado por una cuerda, la circunferencia sería el largo de esa cuerda el cual es influenciado en forma proporcional y constante por el diámetro y por el número Π por la siguiente fórmula constante: $L_p = \Pi \times D$. El largo del perímetro influencia en el área de contacto injerto hueso. A mayor radio, mayor área, mayor perímetro, por ende una mayor área de contacto entre el injerto y el túnel óseo permitiendo la formación de un mayor número de uniones injerto hueso tipo tabiques de Sharpey.

Una de las “inesperadas” desventajas de los injertos IT es la variabilidad del área seccional y diámetro del injerto a obtener. En el estudio Influencia de los parámetros antropométricos en la reconstrucción del LCA⁹ se publica el resultado de los diámetros del injerto IT cuádruple en 121 pacientes en población europea creando una fórmula predictiva. La altura fue estadísticamente el mejor valor predictivo para determinar el diámetro de un injerto IT cuádruple autólogo seguido por la contextura física, la edad y el sexo pero no por el índice de masa corporal (IMC). Fórmula Diámetro del injerto IT cuádruple: $4,5 + 0,02 \times \text{Altura en cms}$. Por ejemplo para un paciente de 1,96 mts el diámetro de injerto obtenido sería $4,5 + 0,02 \times 196 = 8,42$ mm de diámetro.

Teniendo en cuenta el diámetro final cabe preguntar-

se si puede ser contraproducente un diámetro del injerto excesivamente grueso. Freddie Fu describe 3 áreas bien definidas en la anatomía de una LCA nativo con tres áreas seccionales diferentes. Una proximal femoral (16 - 22 mm), un área media más delgada y finalmente un área distal tibial nuevamente gruesa (12,3 - 17 mm), algunos lo denominan como en forma de "ombú". En el LCA nativo ambas bandas se entrecruzan en el tercio medio y se tensan o relajan en diferentes grados de flexo-extensión. El autoinjerto isquiotibial es tubular como una cuerda y por ende no es más delgado en su tercio medio. Una posible falla de la tensión neoligamentaria podría ser que el mismo sufra un principio de impingement o estrangulamiento en su tercio medio. Se recomienda por ende su colocación lo más anatómica posible (posterior en fémur y a no más de 7-10 mm por delante del LCP en tibia dependiendo de su diámetro).

Otro punto a considerar es la fijación y osteointegración del injerto. En el estudio modelo animal en perros, Tohyama et al. 2006¹⁷ demuestra que la fuerza de anclaje del injerto no es afectada por el largo del injerto dentro del túnel óseo mientras este largo sea lo suficientemente efectivo. En dicho estudio los resultados histológicos darían la respuesta. La mayor concentración de los tabiques perpendiculares tipo fibras de Sharpey (osteointegración) se encuentran entre los 5 y los 10 mm de profundidad más cercanos a la boca intraarticular del túnel óseo. El estrés mecánico en dicha área jugaría un rol consistente en la mayor concentración de las uniones tipo tabiques de Sharpey más cercanos a la boca de los túneles. Sugerimos por lo tanto dejar al menos 20 mm dentro del túnel femoral y el uso de un dispositivo para posibilitar el contacto y por ende la osteointegración del injerto en 360°.

Los tornillos de fijación interferencial, desplazan periféricamente el injerto alrededor en forma de

"semiluna" dentro del túnel óseo impidiendo la osteointegración circunferencial en 360° del injerto. Nuevamente considerando que la mayor concentración de las uniones tipo tabiques de Sharpey se encuentran en los 10 mm cercanos al área de la boca intraarticular de los túneles óseos, la longitud del túnel tibial debe ser medida en su longitud a la hora de elegir el largo del tornillo interferencial para respetar dicha zona.

Varios estudios clínicos han examinado el beneficio potencial de las bandas adicionales en la confección del autoinjerto con isquiotibiales. Prodromos y colaboradores¹⁰ compararon reconstrucciones de LCA de 4 vs 5 bandas en 40 pacientes. El injerto quintuple demostró una resistencia incrementada, medida con una puntuación de KT-1000. Los autores sugirieron que el aumento de la resistencia con el injerto quintuple sería beneficioso para los pacientes de alto riesgo.

Nuestra cohorte de pacientes presentaron puntuaciones IKDC comparables a las reportadas por otros autores.¹²

Como puntos de debilidad en este trabajo detallamos la falta de un grupo control (injerto cuádruple), no considerar lesiones meniscales y o condrales asociadas, la falta de escalas funcionales objetivo-subjetivas y KT1000 pre quirúrgicos y la falta de seguimiento en un número considerable de pacientes mayor a los 2 años.

CONCLUSIÓN

Finalmente que la reconstrucción del LCA con simple banda maximizando la utilización de los injertos isquiotibiales con técnica quintuple o séxtuple proporciona un adecuado diámetro de injerto con excelentes resultados a corto y mediano plazo considerando una tasa de 4% de re ruptura como de baja tasa de fracaso en el tratamiento. Consideramos como factores predictores de la misma a la edad y altura de los pacientes, y el diámetro final del injerto.

BIBLIOGRAFÍA

- Daniel D, Stone M, Dobson B, Fithian D, Rossman D, Kaufman K. Fate of the ACL-injured patient. *Am J Sports Med.* 1994;22:632-44.
- Mandal A, Shaw R, Biswas D, Basu A. Transportal versus transtibial drilling technique of creating femoral tunnel in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon autograft. *J Indian Med Assoc.* 2012;110:773-5.
- Keays S, Bullock-Saxton J, Keays A, Newcombe P. Muscle strength and function before and after anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus and gracilis. *Knee.* 2001;8:229-34.
- Reinhardt KR, Hetsroni I, Marx RG. Graft selection for anterior cruciate ligament reconstruction: a level I systematic review comparing failure rates and functional outcomes. *OrthopClin North Am.* 2010;41(2):249-262.
- Noyes FR, Barber-Westin S. Posterior cruciate ligament replacement with a two-strand quadriceps tendon-patellar bone autograft and a tibial inlay technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2005 Jun;87(6):1241-52.
- Hammer D, Brown C, Steiner M. et al. Hamstring tendon grafts for reconstruction of the anterior cruciate ligament: biomechanical evaluation of the use of multiple strands and tensioning techniques. *J Bone Joint Surg [Am]* 1999;81:549.
- Wilson TW, Zafuta MP, Zobitz M. A biomechanical analysis of matched bone- patellar tendon-bone and double-looped semitendinosus and gracilis tendon grafts. *Am J Sports Med* 1999;27:202-7.
- Magnussen R.A., Lawrence J.T., West R.L., Toth A.P., Taylor D.C., Garrett W.E. Graft size and patient age are predictors of early revision after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring autograft. *Arthroscopy.* 2012;28:526-531.
- Thomas S, Bhattacharya R, Saltikov JB, Kramer DJ. Influence of anthropometric features on graft diameter in ACL reconstruction. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2013 Feb;133(2):215-8.
- Prodromos CC, Joyce B. 5-strand hamstring ACL reconstruction: a new technique with better long-term stability vs 4-strand (SS-13). *Arthroscopy* 2006;22:e7.
- Zhao J, He Y, Wang J. Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: four vs eight strands of hamstring tendon graft. *Arthroscopy* 2007;23:766-70.
- Pinczewski LA, Deehan DJ, Salmon LJ, Russell VJ, Clingeleffer A. A five-year comparison of patellar tendon versus four-strand

- hamstring tendon autograft for arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 2002;30:523–36.
13. Beynon BD, Johnson RJ, Fleming BC, Kannus P, Kaplan M, Samani J. et al. Anterior cruciate ligament replacement: comparison of bone-patellar tendon-bone grafts with two-strand hamstring grafts. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg [Am]* 2002;84-A:1503–13.
 14. Registro Argentino del Ligamento Cruzado Anterior. 2017. Asociación Argentina de Artroscopia. Lisandro Nardin. MD.
 15. Single-Legged Hop Tests as Predictors of Self-Reported Knee Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. The Delaware-Oslo ACL Cohort Study. *AJSM* 2012.
 16. Brian Cole et al. Selección de injertos en la reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior. 2012. Rush University.
 17. Harukazu Tohyama et al. Efecto del largo del injerto dentro del túnel óseo en su osteointegración en la reconstrucción del LCA utilizando tendones flexores caninos'. *Arthroscopy* en 2006 .
 18. Reconstrucción del LCA: asociación entre la elección del injerto y temprano riesgo de revisión. Maletis GB1, Inacio MC, Desmond JL, Funahashi TT. *JBJS* 2013.
 19. Incidencia de infecciones en reconstrucción del LCA. La elección del injerto hace la diferencia. Tadashi T. Funahashi, MD. *AJSM* 2013.
 20. El efecto del diámetro de los injertos isquiotibiales en la probabilidad de cirugía de revisión del LCA. Maletis G. *AJSM* 2016.