



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD

CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

**PREDICCIÓN DEL TAMAÑO DEL AUTOINJERTO
INTRAOPERATORIO PARA LA
RECONSTRUCCIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO
ANTERIOR MEDIANTE LA MEDICIÓN DE IMÁGENES DE
RESONANCIA MAGNÉTICA PREOPERATORIAS.
REVISIÓN SISTEMÁTICA.**

TESIS PRESENTADA POR

ALAN RODRIGO ORTEGA LÓPEZ.

PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN

ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA

ASESOR: DR. LUIS GABRIEL ORTIZ DÍAZ.

AGUASCALIENTES, AGUASCALIENTES, MARZO DE 2023



COMITÉ DE INVESTIGACIÓN CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

CEI/073/22

Aguascalientes; Ags., 08 de Septiembre de 2022

DR. ALAN RODRIGO ORTEGA LÓPEZ
INVESTIGADOR PRINCIPAL

En cumplimiento con las Buenas Prácticas Clínicas y la Legislación Mexicana vigente en materia de investigación clínica, el Comité de Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo, en su Sesión del día 18 de Agosto de 2022, con número de registro 2021-R-31 revisó y decidió Aprobar el proyecto de investigación para llevar a cabo en este Hospital, titulado:

“PREDICCIÓN DEL TAMAÑO DEL AUTOINJERTO INTRAOPERATORIO PARA LA RECONSTRUCCIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR MEDIANTE LA MEDICIÓN DE IMÁGENES DE RESONANCIA MAGNÉTICA PREOPERATORIAS. REVISIÓN SISTEMÁTICA”

Se solicita a los investigadores reportar avances y en su caso los resultados obtenidos al finalizar la investigación. En caso de existir modificaciones al proyecto es necesario que sean reportadas al Comité.

ATENTAMENTE


DR. JOSÉ MANUEL ARREOLA GUERRA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE INVESTIGACIÓN



C.c.p.- DRA. MARIA DE LA LUZ TORRES SOTO.- JEFA DEL DEPTO. DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN.
JMAG/cmva*

2022 Año del 160 Aniversario Luctuoso de
Don José María Bocanegra

Avenida Gómez Morín S/N
Col. La Estación, C.P. 20259
Aguascalientes, Ags.
Tel. 449 994 67 20
www.aguascalientes.gob.mx



CHMH
CENTENARIO HOSPITAL
MIGUEL HIDALGO
Contigo 100

COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

CEI/073/22

Aguascalientes; Ags., a 08 de Septiembre de 2022

DR. ALAN RODRIGO ORTEGA LÓPEZ
INVESTIGADOR PRINCIPAL

En cumplimiento con las Buenas Prácticas Clínicas y la Legislación Mexicana vigente en materia de investigación clínica, el Comité de Ética en Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo, en su Sesión del día 18 de Agosto de 2022, con número de registro 2021-R-31 revisó y decidió Aprobar el proyecto de investigación para llevar a cabo en este Hospital, titulado:

“PREDICCIÓN DEL TAMAÑO DEL AUTOINJERTO INTRAOPERATORIO PARA LA RECONSTRUCCIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR MEDIANTE LA MEDICIÓN DE IMÁGENES DE RESONANCIA MAGNÉTICA PREOPERATORIAS. REVISIÓN SISTEMÁTICA”

Se solicita a los investigadores reportar avances y en su caso los resultados obtenidos al finalizar la investigación. En caso de existir modificaciones al proyecto es necesario que sean reportadas al Comité. Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE


DR. JAIME ASAEL LÓPEZ VALDEZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN



C.c.p.- DRA. MARIA DE LA LUZ TORRES SOTO.- JEFA DEL DEPTO. DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN.
JALV/cmva*

2022 Año del 160 Aniversario Luctuoso de
Don José María Bocanegra

Avenida Gómez Morín S/N
Col. La Estación, C.P. 20259
Aguascalientes, Ags.
Tel. 449 994 67 20
www.aguascalientes.gob.mx



CARTA DE IMPRESIÓN




DR. FELIPE DE JESÚS FLORES PARKMAN SEVILLA,
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN
DEL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO.


DR. ÁNGEL MARTÍNEZ HERNANDEZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE TRAUMATOLOGÍA Y
ORTOPEDIA.


DR. LUIS GABRIEL ORTÍZ DÍAZ
PROFESOR TITULAR DEL POSTGRADO DE TRAUMATOLOGÍA Y
ORTOPEDIA.


DR. LUIS GABRIEL ORTÍZ DÍAZ
ASESOR DE TESIS.



CHMH

CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL ALERMO

Aguascalientes, Ags a 15 de agosto de 2022.

DR. JOSE MANUEL ARREOLA GUERRA
Presidente del comité de investigación.

DR. JAIME ASael LOPEZ VLADEZ
Presidente del comité de ética en investigación.

Por medio de la presente informo a usted que el médico residente de cuarto año de Traumatología y Ortopedia, Alan Rodrigo Ortega López, se le autoriza realizar la tesis Predicción del tamaño del autoinjerto intraoperatorio para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior mediante la medición de imágenes de resonancia magnética preoperatorias, siendo esta una revisión sistemática.

Lo anterior para su conocimiento.

Sin otro particular me despido agradeciendo su amable consideración.

DR. ANGEL MARTINEZ HERNANDEZ
Jefe de servicio de Traumatología y Ortopedia

DR. LUIS GABRIEL ORTIZ DIAZ.
Asesor y jefe de enseñanza del servicio de Traumatología y Ortopedia



DICTAMEN DE LIBERACIÓN ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRÁMITES DEL EXAMEN DE GRADO - ESPECIALIDADES MÉDICAS



Fecha de dictaminación dd/mm/aa: 13/12/22

NOMBRE: ALAN RODRIGO ORTEGA LÓPEZ ID: 105942
ESPECIALIDAD: ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA LGAC (del posgrado): Lesiones articulares, traumáticas y degenerativas, tratamiento y prevención de artrosis
TIPO DE TRABAJO: (X) Tesis () Trabajo práctico
TITULO: PREDICCIÓN DEL TAMAÑO DEL AUTOINJERTO INTRAOPERATORIO PARA LA RECONSTRUCCIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR MEDIANTE LA MEDICIÓN DE IMÁGENES DE RESONANCIA MAGNÉTICA PREOPERATORIAS. REVISIÓN SISTEMÁTICA

IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado): RECOPIACIÓN DE RESULTADOS

INDICAR SI/ NO SEGÚN CORRESPONDA:

Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:

- SI El trabajo es congruente con las LGAC de la especialidad médica
SI La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
SI Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
SI Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
SI Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnologica o profesional según el área
SI El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
NO Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
NO Generó transferencia del conocimiento o tecnológica
SI Cumpe con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio)

El egresado cumple con lo siguiente:

- SI Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Docencia
SI Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, etc)
SI Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutorial, en caso de los posgrados profesionales si tiene solo tutor podrá liberar solo el tutor
SI Cuenta con la aprobación del (la) Jefe de Enseñanza y/o Hospital
SI Coincide con el título y objetivo registrado
SI Tiene el CVU del Conacyt actualizado
NO Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado

Si x
No

FIRMAS

Revisó:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:

Dr. Ricardo Ernesto Ramírez Orozco

Autorizó:

NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

Dra. Paulina Andrade Lozano

Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado

En cumplimiento con el Art. 105C del Reglamento General de Docencia que a la letra señala entre las funciones del Consejo Académico: ... Cuidar la eficiencia terminal del programa de posgrado y el Art. 105F las funciones del Secretario Técnico, llevar el seguimiento de los alumnos.

Simultaneous bilateral arthroplasty of the hip by anterior approach. A case report

Julio Pérez Alavés M.D.
 Alan Rodrigo Ortega López M.D.
 Adelina Rojas Granados M.D.
 Noé Pérez Carrillo M.D.
 Manuel Angeles Castellanos M.D.

Mexico City, Mexico

Case report

Orthopedic Surgery

OPEN ACCESS

Background: It is estimated that of all patients requiring total hip arthroplasty (THA), 15% to 20% are candidates for bilateral procedures, and full and satisfactory function may not be fully recovered until both hips undergo the procedure surgical. We present the case of a 56-year-old patient with right coxalgia of 5 years' evolution, who underwent bilateral THA with an anterior approach. The advantages and perioperative and postoperative complications were discussed. The hospital stay was 2 days, the total blood loss was 500 ml; walking without support began at 4 weeks. One-stage bilateral THA has complication rates similar to unilateral total hip arthroplasty, so it is considered a safe procedure that reduces hospital stay, is more cost-effective, and allows earlier rehabilitation in appropriately selected patients. Informed consent was obtained from the patient and the approval of the ethics committee of Hospital General Xoco.

Keywords: Coxofemoral joint, arthroplasty, coxalgia, coxarthrosis, prosthesis.

Total hip arthroplasty (THA) is the most successful and effective intervention to treat degenerative hip diseases (1,2). It is roughly estimated that of patients requiring total hip arthroplasty, 15% to 20% are considered for a bilateral procedure, and satisfactory function may not be fully recovered until both hips undergo the surgical procedure (3). One-stage simultaneous bilateral THA was initially proposed in 1971 by Jaffe and Charnley, since then several studies have reported the positive outcome of simultaneous bilateral THA (4).

In addition, bilateral THA has been reported to have similar complication rates as unilateral total hip arthroplasty and could be a safe procedure in appropriately selected patients (2). Sequential bilateral THA has several benefits compared to those performed in two surgical stages, it is more cost-effective, it reduces hospital stay, a single anesthetic event is required and an earlier return to daily activities (5,6). Many reports have shown the safety of sequential bilateral total hip arthroplasty in low-risk patients; that is, with disease category 1 or 2 of the American Society of Anesthesiologists (ASA), (7,8).

It is important to mention that with the direct anterior approach for total hip arthroplasty, a faster postoperative recovery is achieved, and it has a lower rate of complications compared to other approaches (9) since throughout the procedure, the patient is in a supine position (10), which could save operative time, and does not require a repositioning during a sequential bilateral total hip arthroplasty.

The objective of this report is to present the first case of simultaneous bilateral total hip arthroplasty with an anterior approach successfully performed in Latin America.

Case report

A 56-year-old woman who began her condition 5 years ago with disabling pain in her right hip (VAS 7/10) and 2 years ago with progressive pain in her left hip. The patient attended the hip and pelvis surgery service of the Xoco General Hospital in Mexico City in March 2021. On physical examination, it was observed that the left pelvic limb had decreased ranges of motion with 70° of flexion, 5° of extension, 5° of internal rotation and 20° of external rotation; knee, ankle, and foot range of motion were preserved, with preserved sensitivity, 2/3 ROT present, 3/4 muscle strength due to severe coxalgia, distal pulses present, and 2-second capillary refill. In the right pelvic limb, decreased mobility arcs were observed with flexion of 85°, extension of 5°, internal rotation of 15° and external rotation of 40°; knee, ankle, and foot ranges of motion preserved, sensitivity preserved, 2/3 ROT present, 3/4 muscle strength due to severe coxalgia, distal pulses present, and 2-second capillary refill. Harris Hip Score with a score of 44 and a HAAS with a score of 7.

Diagnosis: 1) Right coxarthrosis grade IV, mechanical, atrophic, concentric and hypomobile. 2) Grade IV left coxarthrosis, mechanical, atrophic, superolateral hypomobile.

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES

Por ser el motor que impulsa mis sueños e ilusiones, por estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles. Son mi mejor ejemplo de vida. Les dedico a ustedes este logro.

Agradecido que estén a mi lado en este momento tan importante.

A MIS MAESTROS

Sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos. Los recordare en mí vida profesional. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional, por su dedicación perseverancia y tolerancia.

A MIS AMIGOS

Mis cómplices de viaje. Agradecerles por su apoyo y constancia, al estar en las horas más difíciles. Gracias por estar siempre allí.

INDICE GENERAL.

Resumen.	3
Abstract.	4
Presentación de la tesis.	5
Marco teórico.	6
Planteamiento del problema.	17
Pregunta de investigación.	20
Hipótesis.	20
Objetivos.	20
Diseño del estudio.	21
Criterios de elegibilidad.	21
Metodología del estudio.	22
Cronograma.	27
Resultados.	27
Discusión.	56
Conclusiones.	62
Glosario.	65
Bibliografía.	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estudios incluidos en la revisión sistemática y sus características _____29

Tabla 2. Resumen de resultados de artículos con correlación entre las medidas por resonancia prequirúrgicas y las medidas durante la cirugía del injerto autólogo. _____41



RESUMEN.

Se realizó una búsqueda sistematizada entre mayo de 2020 y diciembre de 2021, con la finalidad de buscar estudios cuyo objetivo correlacionará las mediciones preoperatorias de resonancia magnética de autoinjertos de ligamento cruzado anterior con las mediciones intraoperatorias de los injertos obtenidos. Se aplicaron criterios de inclusión/exclusión para la revisión de los estudios elegibles. Se extrajeron los datos a partir de la forma de extracción de datos Cochrane, mismos que fueron sometidos a una evaluación de la calidad por medio de la herramienta de Quadas-2 y la síntesis de datos se presentó en forma de estadística descriptiva. Una selección sistemática de 896 títulos dio como resultado 16 estudios que satisfacían los criterios de elegibilidad. Estos estudios examinaron a 967 pacientes. Se observó datos significativos sobre el injerto de cuádriceps en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior, pues los datos el coeficiente de correlación interclase intraobservador fue de 0.97 (0.92-0.99) e interobservador de 0.96 (0.93-0.97). Por otro lado, diez estudios estudiaron la correlación entre la medición preoperatoria del injerto del semitendinoso y su medición intraoperatoria para la reconstrucción del LCA, se estudió un total 648 pacientes con una edad media de 28.24 años. Se debe destacar que se observó una variabilidad significativa, que va desde insignificante hasta estadísticamente significativas. Respecto al tendón del grácil, se analizaron cinco estudios con un total de 245 pacientes y una edad media de 30.68 años, observándose una correlación moderada. Por último, once estudios con un total de 798 pacientes y una edad media de 29.57 años presentaron datos sobre autoinjerto de semitendinoso y grácil combinado en la reconstrucción del LCA. Sin embargo, no se puede emitir una recomendación sólida entre la medición del autoinjerto con semitendinoso en combinación con el tendón grácil debido a la amplia variabilidad de correlaciones que existen entre los diversos estudios. Esto destaca la ventaja de la resonancia magnética durante el proceso de planificación preoperatoria al ayudar al cirujano con una mejor capacidad para elegir qué autoinjerto, y que éste sea suficiente, evitando la necesidad de aumento y con ello, disminuyendo la tasa de revisión.

ABSTRACT.

A systematic search was carried out between May 2020 and December 2021, in order to find studies whose objective will correlate the preoperative measurements of magnetic resonance imaging of anterior cruciate ligament autografts with the intraoperative measurements of the grafts obtained. Inclusion/exclusion criteria will be applied for the review of eligible studies. Data were extracted from the Cochrane data extraction form, which were subjected to a quality assessment using the Quadas-2 tool and the data synthesis was presented in the form of descriptive statistics. A systematic selection of 896 titles resulted in 16 studies that met the eligibility criteria. These studies examined 967 patients. Significant data on quadriceps grafting in anterior cruciate ligament reconstruction were removed, as the intraobserver interclass conversion coefficient was 0.97 (0.92-0.99) and 0.96 (0.93-0.97) interobserver. On the other hand, ten studies studied the reconstruction between the preoperative measurement of the semitendinosus graft and its intraoperative measurement for ACL reconstruction, a total of 648 patients with a mean age of 28.24 years were studied. It should be noted that a significant one was decreased, ranging from insignificant to statistically significant. Regarding the gracilis tendon, five studies were analyzed with a total of 245 patients and a mean age of 30.68 years, observing a moderate change. Finally, eleven studies with a total of 798 patients and a mean age of 29.57 years revealed data on combined semitendinosus and gracilis autograft in ACL reconstruction. However, no solid technique can be issued between the measurement of the autograft with the semitendinosus in combination with the gracilis tendon due to the widening of correlations that exist between the various studies. This highlights the advantage of MRI during the preoperative planning process by helping the surgeon with a better ability to choose which autograft is sufficient, avoiding the need for augmentation and thereby decreasing the revision rate.

PRESENTACIÓN DE LA TESIS.

El presente trabajo es una revisión sistemática cuya pregunta principal de investigación es: ¿Puede la medición de imágenes de resonancia magnética preoperatorias predecir el tamaño del autoinjerto intraoperatorio para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior?, así, el objetivo principal de este estudio fue compilar los resultados de la síntesis del análisis sistematizado de los estudios que traten de la predicción del tamaño del autoinjerto intraoperatorio para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior mediante la medición de imágenes de resonancia magnética preoperatorias para emitir una conclusión, todo esto a través de búsquedas electrónicas formuladas a través de preguntas clave, con la finalidad de la recopilación y análisis de datos, teniendo como consecuencia la selección de estudios, de donde se extrajeron y gestionaron datos de cada uno de los estudios seleccionados, a los cuales se les realizó una estimación del riesgo de sesgo con medidas del efecto del tratamiento, con la finalidad de hacer su debida síntesis y realizar una evaluación de la calidad de la evidencia. De esta forma, este tipo de estudios sirven para recopilar la mayor cantidad de información con el más estricto cumplimiento de las reglas establecidas por los protocolos del “PRISMA”, “AMSTAR”, “QUADAS 2” y las recomendaciones emitidas por Cochrane para la recolección de datos, todo con la finalidad de presentar información de la más alta calidad disponible hasta el momento con el propósito de guiar las decisiones clínicas con el mejor nivel de evidencia.

MARCO TEÓRICO

ANATOMÍA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR.

El ligamento cruzado anterior es un ligamento intraarticular cuya inserción distal es en la cara superior de la extremidad proximal de la tibia, mientras que su inserción proximal es en la porción posterior de la superficie interna del cóndilo femoral externo.

El LCA presenta una estructura multifibrilar¹ con diferentes fascículos que mantienen tensiones distintas según el grado de flexión de la rodilla. Tiene un fascículo antero-medial (AM) y el posterolateral (PL)², de esta forma, la porción antero-medial es la estabilizadora del cajón anterior, entre 0° y 90° de flexión, mientras que, el fascículo PL se tensa en extensión y el AM lo hace en flexión. De la misma forma, en flexión, la inserción femoral del LCA se dispone más horizontal tensando el fascículo AM y relajando las fibras del PL³. La restricción de la rotación interna está controlada por el fascículo PL. Con la rodilla en extensión los fascículos AM y PL están paralelos y giran sobre uno mismo cuando la rodilla se flexiona⁴.

Los resultados obtenidos en cadáveres por Odensten⁵ vieron que el LCA no es un ligamento uniforme en su diámetro. La longitud del LCA presenta valores entre 21 y 40 mm y el ancho de 8 a 13 mm, mientras que su sección transversal se sitúa entre 29 y 56 mm²⁶.

El origen del LCA en la cara interna del cóndilo femoral externo es una fosa elíptica. El AM se origina en la parte más anterior y proximal del fémur y se inserta en la parte anterior de la espina tibial. Asimismo, el PL tiene un origen distal y ligeramente posterior en el fémur para terminar disponiéndose en la tibia en una posición posterior con relación al AM⁷. La huella de inserción de las fibras AM ocupa aproximadamente el 52% del área de inserción⁸, mientras que las áreas de inserción femorales del LCA para las fibras AM y PL son mayores en el hombre que en la mujer y en las rodillas izquierdas que en las derechas.

Según Ferretti et al⁹ el área de inserción femoral del LCA es de 200 mm²; 118 mm² corresponden a las fibras del AM y 78 mm² a las del PL. De la misma forma, estos autores, determinaron dos referencias anatómicas en el fémur para identificar artroscópicamente las zonas de inserción de los fascículos del LCA, una cresta vertical, de proximal a distal, que denominan cresta intercondílea lateral y la cresta bifurcada lateral que se dispone horizontal, de delante hacia atrás, entre los dos fascículos del LCA. La inserción presenta dos carillas en ángulo de 29° y un radio de curvatura de 25 mm. Purnell et al¹⁰ consideran que el borde anterior de la inserción femoral del LCA es la clásica “cresta del residente”, por su importancia como punto de referencia, mientras que la cresta entre los tubérculos intercondíleos medial y lateral, en la base de la eminencia tibial es el margen del LCA en la tibia.

Respecto a la vascularización de los ligamentos cruzados. Las arterias de los ligamentos cruzados proceden de la arteria genicular media que envía una sola rama al LCA. En la inserción de los ligamentos, los vasos se anastomosan con la red vascular subcortical del fémur y de la tibia. La inserción de los ligamentos cruzados, anterior y posterior, están libres de vasos nutriéndose de los vasos sinoviales que se anastomosan con los vasos del periostio¹¹.

Respecto al aporte nervioso, Zimny et al¹² identificaron dos tipos distintos de mecanoreceptores en el LCA: terminaciones de Ruffini y corpúsculos de Pacini. Los elementos nerviosos constituyen un 1% del ligamento¹³. Además de las dos terminaciones anteriores, también se han encontrado terminaciones libres para ofrecer una información exacta de la posición relativa de los huesos en relación con la articulación y a la interacción entre la articulación y los músculos.

FUNCIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR.

El LCA es el responsable, en flexión, del deslizamiento del cóndilo hacia delante. La lesión del LCA no produce grandes variaciones en la rotación articular ya que los ligamentos cruzados ofrecen la estabilidad fundamentalmente en dirección anteroposterior¹⁴.

El LCA se tensa durante el movimiento de flexo - extensión de la articulación de la rodilla y actúa como una estructura que limita la hiperextensión de la rodilla y previene el deslizamiento hacia atrás del fémur sobre el platillo tibial. Además, evita la rotación axial excesiva de la tibia sobre el fémur y mantiene la estabilidad en valgo-varo¹⁵. Cada fascículo del LCA tiene una función en la estabilidad de la articulación de la rodilla. Cuando la rodilla está en extensión las fibras de los dos fascículos del LCA están paralelas y se encuentran en tensión, pero el fascículo PL está más tenso que el AM; esta tensión permanece alta en el PL hasta los 45° de flexión. Cuando colocamos a la rodilla en flexión de 90°, las fibras PL se encuentran más relajadas y las AM se encuentran en máxima tensión. En general, el fascículo AM se tensa durante la flexión y el PL se relaja; mientras que en la extensión ocurre lo contrario¹⁶.

La deformación del LCA varía a lo largo de su longitud o de su sección. La longitud máxima del LCA se encuentra en la extensión completa, mientras que la longitud máxima del LCP tiene lugar a los 120° de flexión¹⁷.

LESIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR.

Más de 120 000 lesiones del ligamento cruzado anterior ocurren cada año en los Estados Unidos, principalmente durante la escuela secundaria y la universidad¹⁸. La razón de este mayor riesgo es probablemente multifactorial, incluidos factores como la predisposición genética, los niveles hormonales, disminución del espacio intercondíleo y las diferencias en la biomecánica. El diagnóstico de estas lesiones en agudo es un reto ya que el examen físico es menos confiable debido a la inflamación de las articulaciones y la protección de los músculos. Empero, una historia clínica y un examen físico son herramientas esenciales para diagnosticar una lesión del LCA. El estándar de oro para diagnosticar una lesión del LCA es la resonancia magnética.

EPIDEMIOLOGÍA

Las lesiones del LCA pueden representar el 50% de todas estas lesiones de rodilla¹⁹. Según los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, los costos de la cirugía de reconstrucción del LCA se estimaron en casi \$ 1 mil millones²⁰.

Gornitzky et al¹⁸ realizaron una revisión sistemática donde encontraron una incidencia general en mujeres de 0.081 lesiones del LCA por 1000 exposiciones para todos los deportes combinados. En los atletas masculinos, la incidencia global de lesiones del LCA fue de 0.05 por 1000 exposiciones.

Muchos estudios han informado que la mayoría de las lesiones del LCA se deben a mecanismos sin contacto²¹, sin embargo, Joseph et al²⁰, informaron que el 58.8% de las lesiones del LCA ocurrieron debido a un mecanismo de contacto. Independientemente del porcentaje real de LCA sin contacto, una proporción significativa de las lesiones del LCA son causadas por mecanismos sin contacto, lo que convierte a estas lesiones en un foco importante para los esfuerzos de prevención.

Es importante considerar que, pacientes con reconstrucción del LCA previa, los estudios han proporcionado dos hallazgos importantes:

1. En los primeros 2 años de la cirugía, los pacientes tienen un riesgo similar de lesionar el LCA contralateral o de romper el injerto²².
2. Pacientes que han tenido una lesión previa del LCA tienen un riesgo significativamente mayor de tener una segunda lesión del LCA con tasas que varían de 4 a 25 veces²³.

Estos estudios epidemiológicos identifican los factores de riesgo envueltos en la lesión del LCA y suministran información a los pacientes y sus familias con respecto a sus perfiles de riesgo individuales y la posible modificación de estos factores para disminuir el riesgo de una lesión del LCA. Además, el tamaño pequeño del injerto, un diámetro menor de 8 mm es un factor de riesgo de ruptura del injerto de LCA²⁴.

MECANISMO DE LESIÓN

Las maniobras de aterrizaje se consideran con frecuencia el mecanismo de lesión responsable de las lesiones del ligamento cruzado anterior²⁵. En un estudio prospectivo, Hewett et al²⁶, evaluaron la cinemática tridimensional y las cargas articulares durante una tarea de aterrizaje con salto. Descubrieron que momentos de abducción de rodilla 2.5 veces mayores y fuerzas de reacción del suelo un 20%

mayores al aterrizar tienen mayor riesgo de tener una lesión del ligamento cruzado anterior. Estos factores se han identificado como predictores independientes de lesión del LCA.

Los estudios centrados en tareas de corte han demostrado que los movimientos de la cadera en el plano coronal, específicamente la aducción, son los principales responsables del aumento de la abducción de la rodilla²⁷. La flexión reducida de la cadera y la rodilla durante el aterrizaje también se considera factores de riesgo de lesión del LCA porque esta posición de las extremidades ejerce una mayor carga sobre las restricciones de las articulaciones estáticas (ligamentos, cápsula) en lugar de las restricciones dinámicas (músculos, tendones)²⁸. Así como la mecánica sagital y coronal es importante, la mecánica del plano transversal también está involucrada en los mecanismos de lesión del LCA. La rotación interna de la cadera puede contribuir al valgo de la rodilla²⁹ y la rotación interna de la tibia provoca aumentos significativos en la tensión del LCA. Por lo tanto, al combinar estos tres planos de movimiento, la lesión típica del LCA sin contacto ocurriría en el contexto de una atleta que aterrizará de un salto con la cadera relativamente extendida y rotada internamente, la rodilla en extensión casi completa y valgo con la tibia rotada internamente, y su pie plantado.

HISTORIA Y EXAMEN FÍSICO

La historia típica de un paciente con una lesión del LCA implica una desaceleración sin contacto, un salto, una acción de corte o un impacto directo en la rodilla³⁰. Las descripciones habituales de los pacientes incluyen la sensación de que la rodilla se ha extendido demasiado o se ha luxado.

Un análisis transversal de 2010 realizado por Wagemakers et al³¹, encontraron variables en la anamnesis y exploración física que mostraron asociación estadísticamente significativa con la lesión del LCA:

1. Presencia de derrame continuo.
2. Sensación de estallido durante el trauma.
3. Inestabilidad.
4. Prueba del cajón anterior positiva.

Benjaminse et al³², comparó la precisión de la prueba del cajón anterior, la prueba de Lachman y las pruebas de pivot shift. La prueba de Lachman fue la prueba más precisa con una razón de probabilidad positiva de 10.2. La especificidad del pivot shift fue alta al 98% pero la sensibilidad fue baja al 24%. La prueba del cajón anterior demostró que la sensibilidad y la especificidad de esta prueba dependen del momento de la lesión. En las lesiones agudas, la sensibilidad fue sólo del 49% y la especificidad fue del 58%, mientras que en las lesiones crónicas los resultados fueron del 92% y 91% respectivamente.

ESTUDIOS DE GABINETE Y RESONANCIA MAGNÉTICA.

Las radiografías anteroposterior y lateral de rodilla siempre están indicadas como un primer paso para descartar fracturas y lesiones asociadas³³. Las fracturas de la eminencia tibial visibles en la radiografía se consideran equivalentes óseos a una lesión del LCA y la fractura de Segond, es patognomónica de una lesión del LCA. En la mayoría de los casos, las radiografías simples son normales además de la presencia de derrame y, por lo tanto, la modalidad de diagnóstico por imagen más útil es la resonancia magnética. Los estudios han informado variabilidad en la precisión (82% -100%)³⁴, sensibilidad y especificidad de la resonancia magnética en el diagnóstico de lesión del LCA³⁵. Curiosamente, en estudios más recientes, el nivel de precisión del diagnóstico no ha mejorado significativamente con las máquinas de resonancia magnética de campo superior, evolucionando desde una precisión del 93% con 0.2 teslas hasta el 95% con 3.0 teslas³⁶. Para mejorar la precisión, más radiólogos solicitan proyecciones coronales y sagitales oblicuas que permitan proyecciones completas del LCA en un marco.

SELECCIÓN DE INJERTOS EN LA RECONSTRUCCIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

Se sabe que hay poco potencial de curación biológica en el LCA nativo. Por lo tanto, la reconstrucción quirúrgica del LCA a menudo está indicada para restaurar la estabilidad funcional durante la actividad deportiva y prevenir la degeneración temprana de la articulación de la rodilla³⁷. La reconstrucción quirúrgica se realiza

utilizando una variedad de tipos de injertos, cada uno con sus propias ventajas y desventajas. A pesar del gran volumen de investigación y mejoras en la técnica quirúrgica, todavía existe un debate considerable sobre la elección ideal del injerto para cualquier paciente en particular, aún más, la cantidad de injerto que debe de ser tomada para satisfacer las necesidades del paciente.

Al seleccionar los tipos de injerto, hay varias consideraciones: autoinjerto versus aloinjerto e injertos de tejido blando solamente versus injertos con tapones óseos. Los tipos de autoinjerto usados son: hueso-tendón rotuliano-hueso (BTB), tendón de la corva, cuádriceps. La selección óptima del injerto depende no solo de las propiedades del injerto, sino, lo que es más importante, de las características y expectativas del paciente. Es esencial que el cirujano tenga un conocimiento profundo de las técnicas quirúrgicas, la biología básica de la curación del injerto óseo y las expectativas del paciente con respecto a la morbilidad del sitio donante, la recuperación posoperatoria y el regreso a la actividad, y los posibles resultados a largo plazo.

AUTOINJERTOS

Se prefieren los autoinjertos porque consisten en tejido autógeno viable y evitan el riesgo de transmisión de enfermedades, lo que maximiza la velocidad y la probabilidad de una integración biológica completa en la unión injerto-huésped. Dentro de los autoinjertos, las principales consideraciones son la morbilidad del sitio donante y la cicatrización del túnel del injerto. Clínicamente, los autoinjertos más utilizados son BTB e isquiotibiales³⁸, seguidos del tendón del cuádriceps.

AUTOINJERTO DEL TENDÓN PATELAR

El autoinjerto del tendón patelar fue el primer injerto utilizado³⁹. La presencia de tapones óseos en ambos extremos del injerto permite la retención de una interfaz nativa tendón-hueso y, por lo tanto, la integración del injerto-huésped a través de la curación de hueso a hueso. Desde el punto de vista biomecánico, el autoinjerto del tendón patelar tiene propiedades similares al LCA nativo, con una carga de tracción última ligeramente mayor, pero un área de sección transversal más pequeña⁴⁰. Además del área transversal más pequeña, las dimensiones del injerto son fijas y

dependen de la anatomía nativa del paciente. Las variaciones en la longitud de este injerto pueden generar desafíos técnicos, específicamente la falta de coincidencia entre el injerto y el túnel. Dada la longitud fija del tendón del injerto del tendón patelar y el área de sección transversal reducida, la falta de coincidencia en el área de sección transversal en la abertura del túnel teóricamente permite un mayor movimiento. No obstante, estos injertos mejoran la estabilidad posoperatoria y disminuyen las tasas de ruptura temprana en comparación con otros tipos de injertos⁴¹.

Las desventajas clínicas de usar este autoinjerto son: la morbilidad del sitio donante, ya que se extrae del tercio central del tendón rotuliano con bloques de hueso de la rótula y la tibia, a través de una incisión más grande que la extracción del tendón de la corva. El dolor anterior de la rodilla es más común después de la recolección de tendón patelar, con una incidencia informada de hasta el 42 %⁴². La fractura de rótula intraoperatoria y posoperatoria debida a la interrupción del mecanismo extensor se ha informado como una complicación rara⁴³. Otra complicación que se ha informado es la ruptura del tendón rotuliano⁴⁴. En el seguimiento a largo plazo, se ha sugerido, en base a ensayos no aleatorios, que los pacientes que se han sometido a autoinjertos de tendón patelar pueden tener un riesgo ligeramente mayor de evidencia radiográfica de osteoartritis⁴⁵.

AUTOINJERTO DE LOS TENDONES ISQUIOTIBIALES.

El autoinjerto de isquiotibial generalmente se extrae a través de una pequeña incisión longitudinal sobre la tibia proximal medial. Las inserciones del semitendinoso y el grácil se identifican en la profundidad de la fascia del sartorio, y los tendones se cosechan quitando el músculo y separándolo proximalmente. Debido al tamaño pequeño de la incisión, sin traumatismo adicional en el mecanismo extensor y sin rotura ósea, la morbilidad del sitio donante es mucho menor. Sin embargo, desde el punto de vista biológico, como injerto de tejido blando puro, la ausencia de un tapón óseo requiere la curación tendón-hueso y la generación de tejido cicatricial fibrovascular en lugar de la reconstitución de la inserción directa nativa con una zona de transición de fibrocartílago.

Desde el punto de vista biomecánico, un injerto de isquiotibial cuadruplicado logra una mayor carga de tracción final, rigidez y área transversal que el autoinjerto del tendón rotuliano y el LCA nativo. Sin embargo, el tamaño del autoinjerto de isquiotibial puede estar limitado por la variabilidad en la anatomía nativa de los isquiotibiales. Se ha demostrado que existe un mayor riesgo de fracaso después de la reconstrucción del LCA con injertos de isquiotibiales de 8 mm y menos de diámetro⁴⁶. Varios estudios retrospectivos grandes recientes han modelado la relación entre el aumento del tamaño del injerto de isquiotibiales y la reducción del riesgo de fracaso⁴⁷. Snaebjornsson et al⁴⁸ informando una probabilidad 0.85 veces menor de cirugía de revisión con cada aumento de 0.5 mm en el diámetro del autoinjerto de isquiotibial, según los datos del registro nacional de Suecia. El tamaño del injerto se puede predecir de manera aproximada utilizando la resonancia magnética preoperatoria. Además, los injertos de isquiotibiales más pequeños se han asociado con tasas de fracaso particularmente altas.

Además del fracaso temprano y el diámetro pequeño del injerto, existen varias consideraciones posoperatorias importantes cuando se utiliza un autoinjerto de isquiotibial. La debilidad de los isquiotibiales después de la extracción del tendón es una preocupación, ya que se ha demostrado que el torque isocinético máximo disminuye después del autoinjerto de isquiotibiales en comparación con el autoinjerto del tendón rotuliano a los 5 años después de la reconstrucción del LCA. Sin embargo, también existen estudios que sugieren que no hay diferencia en la fuerza de flexión de la rodilla postoperatoria después de la extracción de isquiotibiales en comparación con el tendón rotuliano⁴⁹.

Otra preocupación con los injertos de isquiotibiales es el ensanchamiento del túnel y su posible asociación con una mayor laxitud postoperatoria. Se ha informado el ensanchamiento del túnel radiográfico, a una tasa más alta después de un autoinjerto de isquiotibiales⁵⁰. El mecanismo hipotético es el micromovimiento del injerto⁵¹. Es probable que la técnica de fijación afecte el micromovimiento del injerto, ya que se cree que la fijación del suspensorio conduce a un mayor micromovimiento del injerto en las aberturas. El ensanchamiento del túnel es una preocupación porque puede estar

asociado con una mayor laxitud posoperatoria después de la reconstrucción del LCA con autoinjerto de isquiotibiales.

AUTOINJERTO DE CUÁDRICEPS.

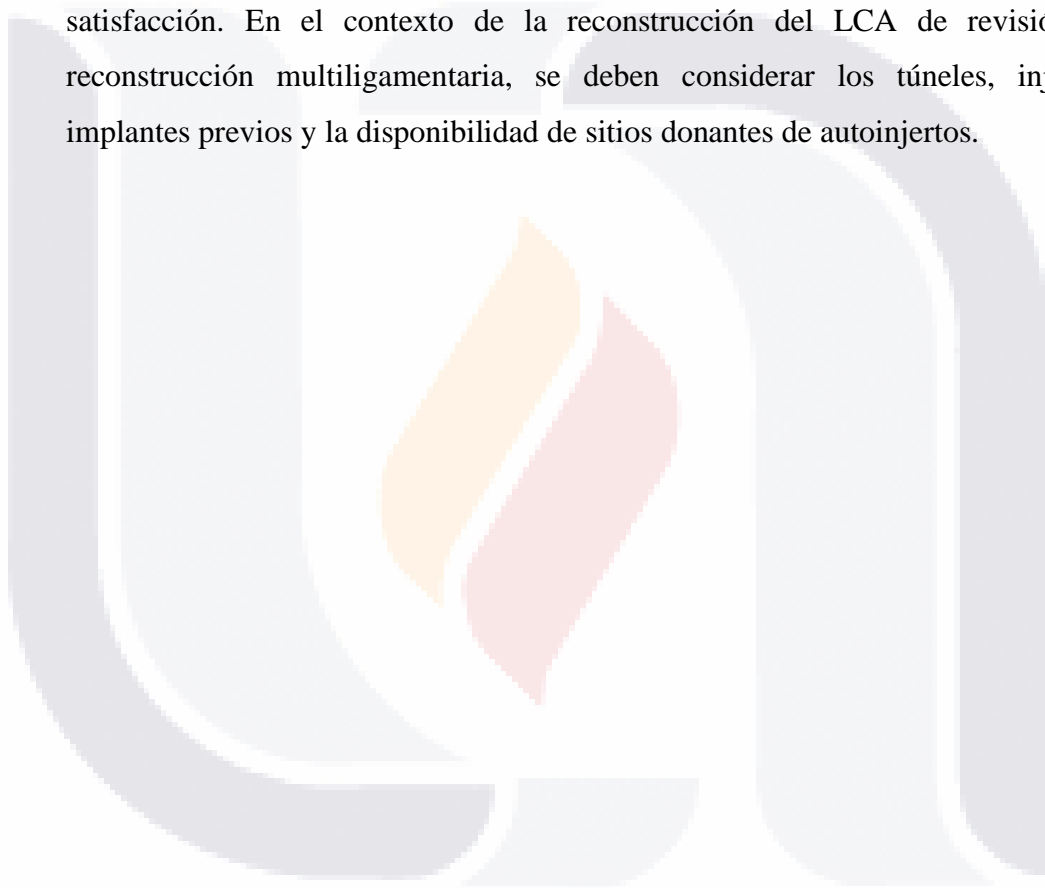
Otra opción de autoinjerto es el tendón del cuádriceps⁵². La obtención del injerto se realiza típicamente mediante una incisión anterosuperior separada sobre el tendón del cuádriceps distal, y se obtiene el tercio central del tendón. Según la preferencia del cirujano, también se puede recolectar un bloque óseo de la rótula superior para mantener una interfaz nativa tendón-hueso. Los beneficios del autoinjerto de cuádriceps son una mayor área de sección transversal del injerto, un menor riesgo de dolor en la parte anterior de la rodilla, y un menor riesgo de fractura rotuliana⁵³.

Hay varios estudios clínicos comparativos recientes que investigan los resultados después del tendón del cuádriceps versus otros autoinjertos para la reconstrucción del LCA. Un estudio prospectivo aleatorizado realizado por Lund et al⁵⁴ encontró que, en comparación con el autoinjerto del tendón rotuliano, a 1 y 2 años de seguimiento, no hubo diferencias en las puntuaciones de resultados ni en las pruebas de laxitud después del autoinjerto de cuádriceps, pero hubo una menor incidencia de dolor en el sitio del injerto y dolor de rodillas. Un estudio retrospectivo no aleatorizado más reciente realizado por Cavaignac et al⁵⁵ comparó los resultados después de un autoinjerto de cuádriceps versus isquiotibiales. Sus resultados sugieren puntajes de resultados similares a levemente mejorados, estabilidad mejorada en la medición KT-1000 y mayor probabilidad de Lachman negativo después del autoinjerto de tendón cuádriceps, sin diferencia en la morbilidad. Un estudio comparativo retrospectivo reciente similar de cuádriceps versus isquiotibiales no mostró diferencias en las puntuaciones de resultados postoperatorios, el retorno al nivel de actividad anterior a la lesión o la morbilidad. y riesgos de usar el tendón del cuádriceps en la reconstrucción del LCA.

SELECCIÓN DEL INJERTO EN PACIENTES ADULTOS.

Actualmente, no existe un injerto ideal y no existe un algoritmo para la selección de injertos para un paciente determinado. En el entorno clínico, se deben considerar

todos los factores del injerto discutidos anteriormente, como las propiedades biomecánicas, la presencia de un tapón óseo, la morbilidad del sitio donante, la disponibilidad del injerto, y lo que atañe a esta tesis, la cantidad de injerto disponible del paciente. Aplicando la literatura sobre la tasa de fracaso y los resultados clínicos, varios factores clínicos clave que se deben enfatizar son la edad, el tipo y nivel de actividad deseado, la ocupación, las barreras para la rehabilitación y las expectativas generales, ya que estos factores afectan la tasa de fracaso, los resultados y la satisfacción. En el contexto de la reconstrucción del LCA de revisión o la reconstrucción multiligamentaria, se deben considerar los túneles, injertos e implantes previos y la disponibilidad de sitios donantes de autoinjertos.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, la rotura del ligamento cruzado anterior es una de las lesiones más comunes a la cual nos enfrentamos los cirujanos ortopédicos, ya sea por el estilo de vida cada vez más expuesto a actividades de alto impacto, o en su defecto, a accidentes de tráfico. En México, sin embargo, no hay datos certeros acerca de la frecuencia con la que este tipo de lesión ocurre, sin embargo, autores como Kim HS⁵⁶, et. al reportan que ocurren con una frecuencia que va desde los 100 000 a 200 000 casos por año en los Estados Unidos. Existen varias opciones de tratamiento, desde el tratamiento conservador, el cual ha traído malos resultados funcionales, la reparación del ligamento cruzado anterior, mismo que se ha popularizado en los últimos años debido al avance de las técnicas quirúrgicas, las cuales exigen material altamente especializado y el sometimiento oportuno a cirugía del paciente, y por último, la reconstrucción del ligamento cruzado anterior nativo, ya sea con auto, aloinjerto o, en caso de ser requerido, con un injerto cadavérico. La decisión de saber cuál técnica quirúrgica utilizar y el material a elegir al momento de realizar una reconstrucción está en función de las características antropomórficas del paciente, así como de la ocupación del paciente, si está o no fracturado y la presencia de lesiones asociadas como una lesión de ligamento cruzado posterior, rupturas meniscales, lesiones condrales asociadas, etc.

De la misma forma, no es de extrañar que las lesiones del ligamento cruzado anterior representen la causa más común de todas las lesiones de la rodilla, haciendo de esta estructura un tema fundamental, no solo por la importancia clínica, sino por el impacto económico que tiene, pues según los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de Estados Unidos, en 2006 los costos de la cirugía de reconstrucción del ligamento cruzado anterior se estimaron en casi mil millones de dólares⁵⁷. No obstante, dada la frecuencia y el costo económico que este tipo de lesiones representa se debe de asegurar una adecuada reparación, cosa que no ocurre en todos los casos. En una revisión sistemática y metaanálisis publicado por Ardern et. al⁵⁸ donde evaluaron la tasa de retorno a las actividades en atletas previas a la lesión de ligamento cruzado anterior, se encontró que el retorno a la participación

deportiva fue sólo del 63%, y menos del 50% de los participantes regresaron a un nivel competitivo. De esto, llama la atención los bajos porcentajes con los que se logra un regreso exitoso a las actividades previas en pacientes que fueron sometidos a una reconstrucción de ligamento cruzado anterior. Es por ello, que las investigaciones referentes a la reconstrucción del ligamento cruzado anterior se han enfocado a comprender mejor el mecanismo de lesión, las características técnicas para la reconstrucción, el tipo de injerto ideal y el tamaño de este; cómo se fija, la configuración del haz y la preparación del túnel⁵⁹.

La evidencia que acredita el uso de auto o aloinjerto siendo opciones: el tendón del semitendinoso y grácil, hueso-tendón rotuliano-hueso, tendón del cuádriceps femoral, el tendón de Aquiles y los tendones del tibial anterior y posterior.

El tamaño del autoinjerto, sin embargo, sigue siendo por mucho el más controvertido, ya que hay estudios que apoyan y refutan una asociación entre el tamaño del autoinjerto y las tasas de revisión, diferentes tasas de fracaso del injerto. Conte et al⁶⁰, en su revisión sistemática evaluó el tamaño mínimo de injerto necesario para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior para reducir el riesgo de falla y, al mismo tiempo, evaluó los métodos para predecir con precisión el tamaño de los injertos. Se encontraron cuatro artículos Magnussen et al⁶¹, Park et al⁶², y Mariscalco et al⁶³, todos con un nivel de evidencia III (excepto Park et al -IV-), el tipo de injerto reportado por los tres autores fue el autoinjerto de semitendinoso-grácil con haz de 4 bandas, la tasa de falla asociada al diámetro del injerto reportada por Magnussen et al, fue de 1.7% con injertos de diámetro mayor de 8mm comparado con 8.6% de diámetro menor de 8mm, Park et al, obtuvo un resultado similar: con una tasa de fallo de 0% contra 5.2% con injertos de diámetros mayores de 8mm frente a diámetros menores de 8mm respectivamente. Mariscalco et al⁶³, reportó las mismas conclusiones (0% vs 7%, injerto de diámetro mayor a 8mm vs menor de 8mm respectivamente). De la misma forma, Magnussen et al⁶¹. y Mariscalco et al⁶³, compararon los efectos de la edad y el tamaño del injerto asociados a la tasa de fracaso. Se observó que los pacientes jóvenes tenían mayores tasas de fracaso, ya que participan en actividades de alta demanda que requieren estabilidad tanto

anteroposterior como rotacional, en comparación con los pacientes mayores, más sedentarios. Empero, cuando los pacientes jóvenes se sometieron a una reconstrucción con injertos de más de 8 mm, las tasas de fracaso se redujeron. Sin embargo, lograr un tamaño de injerto mayor de 8 mm de diámetro puede resultar problemático, ya que los autoinjertos son más pequeños en pacientes jóvenes, delgados y en mujeres. Por ende, resultaría favorable el conocimiento preoperatorio de los tamaños de las fuentes de autoinjerto con la finalidad de seleccionar el injerto apropiado, evitando una recolección inadecuada, así como la necesidad de una aumentación.

Dentro de la literatura se menciona del uso de parámetros antropomórficos, tales como sexo, edad, nivel de actividad, altura, peso, índice de masa corporal, longitud de las piernas y circunferencia del muslo⁶⁴⁶⁵, sin embargo, debido a la heterogeneidad de este tipo de datos, el análisis estadístico es más difícil que el de la correlación con imágenes de resonancia magnética, de esta forma, la calidad de las correlaciones con el diámetro del injerto obtenidas en numerosas revisiones sistemáticas es más débil que la de las correlaciones obtenidas por el área de sección transversal de la resonancia magnética. Es por ello que, se ha tomado mucho interés en el valor de utilizar la resonancia magnética para medir preoperatoriamente el tamaño del autoinjerto, ya que además de tener un valor de correlación más alto que otro tipo de mediciones, la resonancia magnética forma parte del protocolo diagnóstico de los pacientes con sospecha de lesión del ligamento cruzado anterior.

De este modo, en lo que se refiere al estudio de las lesiones del ligamento cruzado anterior la resonancia magnética en nuestro medio tiene una sensibilidad del 100%, una especificidad del 93%, un valor predictivo positivo del 50%, 100% de valor predictivo negativo y 93% de precisión⁶⁶. Además, ha sido fundamental para identificar lesiones asociadas de meniscos, cartílago articular, contusiones óseas subcondrales y patología del ligamento colateral. A pesar de, hoy sigue habiendo muchas interrogantes respecto a su valor para predecir preoperatoriamente los tamaños de autoinjertos de uso común. Por lo tanto, el propósito de esta revisión sistemática fue determinar si la resonancia magnética preoperatoria puede predecir

con precisión el diámetro del autoinjerto de ligamento cruzado anterior intraoperatorio.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Puede la medición de imágenes de resonancia magnética preoperatorias predecir el tamaño del autoinjerto intraoperatorio para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior?

HIPÓTESIS.

Conceptual

La resonancia magnética puede predecir con precisión el diámetro del autoinjerto de LCA intraoperatorio para todos los tipos de injerto.

Nula

La resonancia magnética NO puede predecir con precisión el diámetro del autoinjerto de LCA intraoperatorio para todos los tipos de injerto.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo fue compilar los resultados de la síntesis del análisis sistematizado de los estudios que traten de la predicción del tamaño del autoinjerto intraoperatorio para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior mediante la medición de imágenes de resonancia magnética preoperatorias para emitir una conclusión. Además de, diseñar una estrategia de búsqueda que diera por resultado la mayor cantidad de estudios relacionados con la pregunta de investigación, y con ello, examinar cada estudio con la finalidad de que cumpliera con los criterios de inclusión establecidos. De esta forma, evaluar los aspectos cuantitativos y cualitativos de los estudios relacionados, consecutivamente, comparar la información existente y aplicar los formatos de extracción de datos Cochrane para los artículos seleccionados. Con la finalidad de evaluar mediante el Quadas-2 los riesgos de sesgo de los estudios individuales. Finalmente, evaluar mediante el AMSTAR-2 la revisión

sistemática de una forma crítica integral para dar sustentabilidad a los datos registrados.

DISEÑO DEL ESTUDIO

Revisión sistemática

CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD

Criterios para considerar estudios para esta revisión

Tipos de estudios

Se incluyeron ensayos originales de todos los niveles de evidencia que hicieran la correlación entre las mediciones de los autoinjertos en la resonancia magnética preoperatoria y el tamaño del autoinjerto intraoperatorio.

Tipos de participantes

Se incluyeron personas adultas que se sometieron a una reconstrucción de ligamento cruzado anterior. Con diagnóstico realizado con resonancia magnética misma que se utilizaría para realizar las mediciones preoperatorias con el fin de hacer la correlación con la medición reportada durante la cirugía.

Se excluyeron artículos de revisión o comentarios de la editorial. Asimismo, se excluyeron aquellos estudios que, aunque cumplían con los criterios, no estaban escritos en español o inglés.

Tipos de intervenciones

Las intervenciones que se analizaron fue la correlación entre la medición preoperatoria por medio de resonancia magnética del tamaño del injerto del ligamento cruzado anterior (utilizando cualquier software, siempre y cuando fuera homogéneo con todos los pacientes del mismo estudio) y la medición intraoperatoria del injerto previamente medido por resonancia magnética.

Se incluyeron todos los ensayos que evaluaron la correlación entre la medición preoperatoria del injerto del ligamento cruzado anterior y su medición intraoperatoria.

Es importante resaltar, que la mayoría de los artículos utilizaron la medición de área de interés con o sin magnificación para el cálculo del área de sección transversal, aunque dicha medición no fue llevada a cabo en una sola ventana de resonancia magnética. De la misma forma, la intervención intraoperatoria para la medicina de injerto se dio a través de una banda de dimensionamiento o un micrómetro calibrado (dependiendo del sistema de proveedor usado durante la cirugía). De la misma forma, se incluyó cualquier método de reconstrucción (abierto o artroscópico), cualquier tipo de técnica de reconstrucción (haz simple o doble), cualquier tipo de autoinjerto (el tendón del semitendinoso y grácil, hueso-tendón rotuliano-hueso, tendón del cuádriceps femoral) y cualquier tipo de fijación de injerto.

METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.

Técnicas de exploración para la identificación de estudios

Búsquedas electrónicas

Se realizaron búsquedas en PubMed en una fecha comprendida entre el 01 de mayo de 2020 – 17 de diciembre de 2021, utilizando estrategias de búsqueda personalizadas. Con la finalidad de encontrar literatura relacionada con la capacidad de predecir el tamaño de autoinjerto intraoperatorio en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior mediante el uso de mediciones de imágenes de resonancia magnética preoperatorias, se tendrá como base la pregunta PICO, en donde P eran pacientes con ruptura del Ligamento cruzado anterior, I medición preoperatoria por resonancia magnética, C medición intraoperatoria del ligamento cruzado anterior y O la correlación entre ambas mediciones.

Usando las estrategias de búsqueda avanzada se concluyó que el algoritmo de búsqueda base fuera:

1. Termino MeSH: Anterior cruciate ligament (1090)
2. Termino MeSH: Anterior cruciate ligament reconstruction (684)
3. Termino MeSH: Preoperative magnetic resonance imaging (2581)
4. Termino MeSH: Predict graft (148)

Búsquedas electrónicas**1 OR 3= 3664****2 OR 3=3257****2 OR 3 OR 4= 9617****1 AND 3= 411****2 AND 3= 307****2 AND 3 AND 4= 32****Recopilación y análisis de datos****Selección de estudios**

Se examinó de forma independiente todos los títulos y resúmenes en busca de estudios potencialmente elegibles, para los cuales luego se obtuvieron los informes de texto completo. Luego, se realizó de forma independiente la selección de estudios.

Extracción y gestión de datos

El proceso de extracción de datos se llevó a cabo mediante las hojas de extracción de datos Cochrane. Se diseñó cada hoja de extracción de tal manera que se pudiera reunir la información de cada artículo revisado, de esta forma, se valoró la información sobre la extracción de datos de los informes (tomando en cuenta las características de identificación de cada informe del que se extrajo los datos), los criterios de elegibilidad (para confirmar la elegibilidad del estudio para la revisión con base en la pregunta de investigación), se evaluaron los métodos de estudio (donde se consideró el diseño de estudio, los procedimientos de reclutamiento y muestreo utilizados y el análisis estadístico), los participantes (verificando las características de los participantes al comienzo del estudio), intervención (analizando la descripción de la intervención y la intervención de comparación, con detalles suficientes para la reproducibilidad), los resultados (tomando en cuenta si hay herramienta o instrumento de medición -bandeja de dimensionamiento, medidor calibrado para ligamento-, métrica específica -en mm por grosor de tamaño de injerto-, momento de

las mediciones de los resultados -preoperatoria por medio de resonancia magnética e intraoperatoria a través de bandeja de dimensionamiento o medidor calibrado para ligamento-), otro tipo de datos (conclusiones clave de los autores del estudio, referencia a otros estudios relevantes). Se obtuvieron los datos de forma independiente.

Estimación del riesgo de sesgo en los estudios adjuntos

Se utilizó la herramienta QUADAS-2 para evaluar de forma independiente el riesgo de sesgo en cada estudio incluido. Esta herramienta comprende 4 dominios: selección de pacientes (donde se describe los métodos de selección de los pacientes incluidos), prueba índice (donde se describe la prueba índice y cómo se realizó e interpretó), estándar de referencia (donde se describe el estándar de referencia y cómo se llevó a cabo e interpretó) y, por último, flujo y tiempo (donde se describe a los pacientes que no recibieron la prueba índice o el estándar de referencia, además de, especificar el intervalo y cualquier intervención entre las pruebas índice y el estándar de referencia). Se calificó el riesgo de sesgo como bajo, alto o poco claro para cada dominio.

Medidas del efecto del tratamiento

La correlación entre las mediciones preoperatorias por resonancia magnética del autoinjerto y las mediciones intraoperatorias del autoinjerto se calculó con el coeficiente de correlación de Pearson (r) o, en su caso, un coeficiente de correlación intraclass (CCI). Para indicar la fuerza de asociación entre las mediciones preoperatorias e intraoperatorias, con el coeficiente de correlación de Pearson:

- Mayor que 0.91: correlación muy alta.
- De 0.71 a 0.90: correlación alta.
- De 0.51 a 0.70: correlación moderada.
- De 0.31 a 0.50: correlación baja.
- Menos de 0.30: correlación insignificante.

Para las medidas de la CCI, se establece:

- Valores de más de 0.91: asociación muy alta
- Valores de 0.76 a 0.90: asociación alta
- Valores de 0.51 a 0.75: asociación moderada.
- Valores inferiores a 0.51: asociación débil.

Evaluación de la heterogeneidad

Debido a la falta de datos, no fue posible realizar un metaanálisis o evaluar la heterogeneidad entre los estudios. Cuando los estudios se consideraron suficientemente homogéneos en su diseño de estudio, se planea realizar un metaanálisis y evaluar la heterogeneidad estadística.

Síntesis de datos

Se simplificó la información de cada artículo a modo de tabla en diferentes rubricas: Autor, Año de publicación, Tamaño de la muestra, Nivel de evidencia, Datos demográficos del paciente (edad), mediciones de resonancia magnética preoperatoria y mediciones del autoinjerto intraoperatorio. Dicho acomodo, se toma como base para hacer comparaciones entre los diferentes resultados de cada artículo en particular. Aquellos datos no homogéneos entre artículos se organizan en rubricas nuevas para simplificar el análisis de los estudios.

Análisis de sensibilidad

Habíamos planeado, pero no lo llevamos a cabo, evaluar la solidez de nuestros hallazgos mediante la realización de análisis de sensibilidad. Éstos habrían incluido el examen de los efectos de: a) datos faltantes o analizados de forma inapropiada, como ensayos que incluían participantes tratados por lesión bilateral del LCA; b) incluir ensayos con riesgo alto o incierto de sesgo de selección debido a una disimulo inadecuado de la asignación; c) incluir ensayos con grupos de población mixtos, como lesiones de ligamentos colaterales; d) incluir ensayos con una descripción incompleta

del diagnóstico de la lesión del LCA; y e) la elección del modelo estadístico para el agrupamiento (efectos fijos versus efectos aleatorios).

Evaluación de la calidad de la evidencia

Se realizó una evaluación de la calidad de la evidencia mediante el uso de la herramienta “*Ameasurement Tool to Assess Systematic Reviews 2*” (AMSTAR-2), con la finalidad de hacer una evaluación más detallada de la revisión sistemática. Se aplicó un cuestionario de 16 dominios con opciones de respuesta simple: “sí” cuando el resultado es positivo; “no” cuando no se cumplió con el estándar o hay información insuficiente para responder; y “sí parcial” en casos de que hubo adherencia parcial al estándar. Se considero seis dominios críticos: protocolo registrado antes de la revisión, una adecuada búsqueda en la literatura, la justificación de los estudios excluidos, la evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales incluidos, la consideración del riesgo de sesgo en la interpretación de los resultados de la revisión y la evaluación de la presencia y el impacto probable del sesgo de publicación. No se proporcionó una calificación global de las debilidades en los siete dominios considerados críticos, dado que pueden afectar sustancialmente la validez de la revisión y sus conclusiones. Resultan cuatro niveles de certidumbre: alta, moderada, baja y críticamente baja.

CRONOGRAMA.

	Definición de la pregunta de investigación, objetivos, hipótesis, criterios de elegibilidad	Búsqueda en fuentes de información y definición de la estrategia de búsqueda.	Proceso de selección de estudios y extracción de datos mediante formato Cochrane	Evaluación de los riesgos de sesgos y síntesis de la información	Resultados de la síntesis de la información y redacción de la discusión
Marzo 2020					
Mayo 2020- diciembre de 2021					
Enero- febrero 2022					
Marzo- septiembre 2022					

RESULTADOS

Evaluación y selección de los estudios.

La búsqueda realizada dio un total de 896 estudios. En primera instancia se evaluó el escaneo del título en donde se excluyeron 422 estudios, 302 artículos porque el título del estudio no estaba relacionado con nuestra pregunta de investigación. Secundariamente, se realizó un escaneo del resumen de cada artículo, en dicho escrutinio, se eliminaron 427, 324 escritos porque seguían sin tener relación con la pregunta de investigación. Por último, se realizó el análisis del texto completo en donde se excluyeron 31 documentos, la mayoría por que no había una correlación entre las medidas intraoperatorios del tamaño del injerto con el área o diámetro del injerto medido en la resonancia magnética preoperatoria. Otros 3 estudios se eliminaron porque sus pacientes eran esqueléticamente inmaduros. Se obtuvieron un total de 16 artículos, mismos que procedimos a analizar. **Tabla 1.**

896

Escaneo del título

Excluidos 422

302 No estaban relacionados con la pregunta de investigación

73 No eran de Ligamento cruzado anterior

47 En otros idiomas

474

Escaneo de resumen

Excluidos 427

324 No estaban relacionados con la pregunta de investigación

3 Comentarios editoriales.

100 Técnica quirúrgica únicamente (sin comparación).

47

Escaneo del texto completo

Excluidos 31

16 No había comparación intraoperatoria

12 Estudios anatómicos

3 Eran esqueléticamente inmaduros

16

Estudios incluidos

Tabla 1. Estudios incluidos en la revisión sistemática y sus características

Título	Nivel de evidencia	Tamaño de muestra	Edad promedio de la muestra (años).	Tendón investigado
An et al.	IV	108	29.3	Semitendinoso, Grácil
Galanis et al.	II	60	31	Semitendinoso, Grácil
Hamada et al.	III	79	23	Semitendinoso.
Kupczik et al.	III	44	31.9	Semitendinoso, Grácil, Semitendinoso y Grácil
Serino et al.	III	39	25.5	Semitendinoso.
Wernecke et al.	IV	34	30	Semitendinoso, Grácil, Semitendinoso y Grácil.
Beyzadeoglu et al.	IV	51	30.5	Semitendinoso, Grácil, Semitendinoso y Grácil.
Zakko et al.	III	62	25	Semitendinoso y Grácil, Tendón cuádriceps, tendón patelar.
Erquicia et al.	II	33	32	Semitendinoso y Grácil.
Leiter et al.	III	109	27.7	Semitendinoso y Grácil.
Grawe et al.	II	84	36	Semitendinoso y Grácil.
Hollnagel et al.	II	68	24	Semitendinoso, Semitendinoso y Grácil
Oliva Moya et al.	III	56	30	Semitendinoso y Grácil
Perez et al.	IV	89	27.5	Semitendinoso y Grácil
Tahami et al.	II	20	28	Semitendinoso
Takeuchi et al.	III	31	20.9	Tendón cuádriceps.
Promedio		967	28.27	

Características de los estudios elegidos.

Se incluyeron al análisis un total de 16 estudios. El total de paciente evaluados fue de 967 con una edad promedio de 28.27 años. Respecto al nivel de evidencia, logramos recabar 5 estudios con nivel de evidencia II, 7 estudios con nivel de evidencia III y 4 estudios con nivel de evidencia IV. Es importante mencionar la distribución del sexo de los pacientes debido al análisis, se encontró un total de 355 mujeres que representa el 36.7% del total de paciente, mientras que se obtuvo un total de 553 hombre lo que equivale al 57.18% del total de la muestra. Un total de 59 paciente no se especificó sexo (6.12% de la muestra). Por su parte, 10 artículos analizaron la correlación entre la medición preoperatoria con resonancia magnética del tendón del semitendinoso con su medida intraoperatoria, 5 autores hicieron lo mismo con el tendón del grácil y 11 artículos analizaron el conjunto de semitendinoso y grácil y su correlación en medidas prequirúrgicas y quirúrgicas. Únicamente un autor analizo la correlación entre la medición preoperatoria del tendón patelar con su medición dentro de cirugía. Por último, dos autores analizaron las mediciones preoperatorias por resonancia magnética y su correlación intraoperatoria del tendón cuádriceps. **Tabla 2.**

Descripción de los artículos.

An et al⁶⁷, en su artículo “*Regression modelling combining MRI measurements and patient anthropometry for patient screening and prediction of graft diameter in hamstring autograft arthroscopic ACL reconstruction*” del 2017, de origen australiano, el cual fue publicado en la revista “*Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology*”. Incluye un total de 107 paciente, en donde se examinaron 108 rodillas, de ellas se realizaron 75 procedimientos de reconstrucción de ligamento cruzado anterior con injerto semitendinoso- grácil con haz de cuatro bandas, donde la media de edad de la población fue de 30 años, por su parte, se incluyó 33 procedimientos de reconstrucción de ligamento cruzado anterior con injerto únicamente de

semitendinoso, igualmente con haz de 4 bandas, con una media de edad de 28.6 años. El área de sección transversal fue obtenida a partir de un corte axial ponderado en T2 con densidad protónica y con saturación grasa, se obtiene el corte transepicondilar más ancho, el cual se amplió cuatro veces, y posteriormente se delineó manualmente el tendón usando la herramienta de región de interés, calculando automáticamente el área de la sección transversal. No se menciona la medida específica de área de sección transversal obtenida prequirúrgicamente, sin embargo, se establece que el diámetro del injerto de 4 haces del tendón del semitendinoso midió $8.6 \pm 0.80\text{mm}$, mientras que el injerto de la combinación del semitendinoso con grácil fue de $7.9 \pm 0.7\text{ mm}$ los cuales fueron medidos a través de la bandeja de dimensiones propia del set instrumental utilizado en todas las cirugías (Arthrex). Se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson de 0.48 ($p < 0.05$) y 0.71 ($p < 0.05$) para el injerto de 4 haces semitendinoso-grácil y semitendinoso respectivamente. De esta forma, se observa una correlación baja para combinación del tendón del semitendinoso-tendón grácil, pero una correlación alta para la medición únicamente del semitendinoso.

Galanis et al⁶⁸, en su artículo “*Correlation between semitendinosus and gracilis tendon cross-sectional area determined using ultrasound, magnetic resonance imaging and intraoperative tendon measurements*” del 2016, de origen griego, publicado en “*Journal of Electromyography and Kinesiology*”, incluye un total de 60 paciente, 14 hombres 46 mujeres con una edad promedio de 31 años. Bajo una secuencia axial ponderada en T1 las imágenes se ampliaron 4 veces, posteriormente se trazó una línea alrededor de cada tendón utilizando la herramienta de región de interés, el área de sección transversal se calculó como la sumatoria de las áreas de baja intensidad y el 50% de las áreas de intensidad intermedia. Los resultados de resonancia magnética prequirúrgicos para el tendón del grácil fueron de $10.18 \pm 2.16\text{ mm}^2$ y para el tendón del semitendinoso fue de $13.22 \pm 2.46\text{ mm}^2$. Las mediciones intraoperatorias se realizaron tanto por una banda de dimensionamiento propia del set de instrumental quirúrgico (Acufex), así como, por un micrómetro, obteniendo diámetros de $9.76 \pm 2.88\text{ mm}$ y $13.0 \pm 3.33\text{ mm}$, para el tendón del grácil y semitendinoso respectivamente. Por último, se estimó el coeficiente de correlación de

Pearson en 0.563 ($p < 0.05$) y 0.807 ($p < 0.05$), dando una correlación moderada para el tendón del grácil y una correlación alta para el tendón del semitendinoso.

Hamada et al⁶⁹, en su artículo de 1998 de origen japonés titulado “*Cross-Sectional Area Measurement of the Semitendinosus Tendon for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction*” publicado en la revista “*Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*”, incluyó un total de 79 pacientes (41 hombres y 38 mujeres). A través de una resonancia magnética en corte axial ponderada en T1 se midió el área de sección transversal del tendón semitendinoso a nivel de la articulación de la rodilla contando el número de píxeles con intensidad de señal baja, de esta forma el número de píxeles del tendón de interés se calculó sumando el número de píxeles de la parte tendinosa y la mitad del número de píxeles del tendón estudiado como de los tejidos circundantes. Finalmente se multiplicó el número de píxeles por el área de un solo píxel. Cabe mencionar que este método de medición se patentó y fue utilizado posteriormente por varios investigadores para propósitos similares a los de Hamada et al. Durante la cirugía, las medidas transquirúrgicas fueron hechas por medio de bandas de dimensiones (Acufex). El promedio de área de sección transversal para el tendón semitendinoso fue de $10.1 \pm 2.1 \text{ mm}^2$, el promedio de diámetro obtenido dentro de la cirugía fue de $11.2 \pm 2.1 \text{ mm}$, y obtuvieron un coeficiente de correlación de Pearson de 0.697 con una $p < 0.001$, haciendo de este resultado una correlación moderada.

Kupczik et al⁷⁰, en 2016 publicó su artículo “*Prediction of flexor tendon graft diameter in reconstruction of the anterior cruciate ligament by means of magnetic resonance imaging*” de origen brasileño, divulgado en la revista de la “*Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia*”. En él se incluyen 44 pacientes, de los cuales 33 son varones y 11 mujeres, donde a través de una imagen de resonancia magnética en corte axial con densidad de protones y con saturación grasa a nivel del epicóndilo medial del fémur se midió el diámetro mayor del tendón del grácil y semitendinoso. Los resultados fueron 2.17mm (1.45-2.76mm) para el tendón del grácil y 2.96 mm (2.52-3.73mm) para el tendón del semitendinoso. No se nos menciona cómo midieron los injertos durante la cirugía, únicamente que fueron

injertos de 4 haces, el resultado promedio para todos los injertos fue de 8.3 mm (6-10mm). Para la relación entre el semitendinoso y el diámetro del injerto se estimó un coeficiente de correlación de Pearson de 0.59 con una $p < 0.001$, de la misma forma, el coeficiente de correlación de Pearson para la relación grácil y diámetro de injerto fue de 0.59 con una $p < 0.001$, por último, para la suma del grácil y semitendinoso y su relación con el diámetro de injerto quirúrgico el coeficiente de correlación de Pearson fue de 0.74 con una $p < 0.001$, de esta manera se obtiene un grado de correlación moderado tanto para el tendón del semitendinoso como para el grácil de manera separada, pero con un grado de correlación alto para la suma del grácil con el semitendinoso.

Serino et al⁷¹, en su artículo de 2017 de origen estadounidense, titulado “*Use of Magnetic Resonance Imaging to Predict Quadrupled Semitendinosus Graft Diameter in All-Inside Anterior Cruciate Ligament Reconstruction*” publicado en la revista “*Orthopedics*”, incluyó un total de 39 pacientes (cabe mencionar que Serino et al, y Tahimi et al, fueron los únicos autores de esta revisión que no hicieron distinción entre el sexo de sus pacientes). Para las mediciones de resonancia magnética utilizaron un corte axial ponderado en T2, el área de sección transversal se calculó a partir del método de Erquicia et al, medida a partir del punto más ancho del cóndilo femoral medial con una ampliación de 4 veces. Se obtuvieron los siguientes resultados referentes al tendón del semitendinoso $14.7 \pm 2.8 \text{ mm}^2$ (8.5-20.7 mm^2). El diámetro del injerto fue medido a través de bloques de dimensionamiento (Arthrex) dando un diámetro promedio de 61.6 mm^2 . Con ello se calculó el coeficiente de correlación de Pearson de 0.59 ($p < 0.001$), haciendo de esta una correlación moderada.

Wernecke et al⁷², en su artículo “*Using Magnetic Resonance Imaging to Predict Adequate Graft Diameters for Autologous Hamstring Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction*” de origen australiano y publicado en el año de 2011 en la revista “*Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*” se incluyó a un total de 34 pacientes con una edad media de 30 años. Se midió el área de sección transversal en el punto más ancho del cóndilo femoral medial, el cual se busca primero en un corte coronal para transpolar a un corte axial con densidad

protónica y saturación grasa, seguidamente se delinea manualmente el tendón mediante la herramienta de región de interés, calculando el área de la sección transversal. Se obtuvieron medidas de área de sección transversal para el grácil de 9.98 mm^2 , para el semitendinoso de 17.33 mm^2 y para la suma del grácil con el semitendinoso de 26.53 mm^2 . Los injertos fueron medidos en la cirugía por bloques de dimensionamiento (Linvatec), donde se obtuvieron las siguientes medidas: para el tendón del grácil $4.65 \pm 0.57 \text{ mm}$, para el tendón del semitendinoso $5.96 \pm 0.64 \text{ mm}$ y para la suma del tendón del grácil con el semitendinoso se obtuvieron $7.5 \pm 0.59 \text{ mm}$. Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson dando un 0.56 con ($p < 0.006$) - correlación moderada-, 0.53 ($p < 0.001$) - correlación moderada- y 0.53 ($p < 0.01$) - correlación moderada-, para los tendones grácil, semitendinoso y la suma de ambos tendones respectivamente.

Beyzadeoglu et al⁷³, en 2012 publicó su artículo “*Prediction of semitendinosus and gracilis autograft sizes for ACL reconstruction*” de origen turco, informado en la revista “*Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*”, incluyó un total de 51 paciente con una edad promedio de 30.5 años, 44 hombre y 7 mujeres. Se utilizó una resonancia magnética con cortes axiales con densidad de protones y saturación grasa, se utilizaron dos niveles diferentes: el primero justo debajo de la unión musculotendinosa y el segundo a nivel de la línea de la articulación, así, las mediciones de área transversal se realizaron a mano alzada de la región de interés trazando manualmente el tendón. Los resultados de área que se obtuvieron fueron los siguientes, 7.3 mm^2 para el tendón del grácil, 12.9 mm^2 para el tendón del semitendinoso y 20.3 mm^2 para la suma del tendón del grácil con el semitendinoso. Durante la cirugía se midieron los tamaños de los injertos con un bloque de tamaño de injerto con aumentos de 0.5 mm (Arthrex), se obtuvieron los siguientes diámetros: 4.8 mm , 6.2 mm , 7.9 mm para los tendones del grácil, semitendinoso y la suma de tendón del grácil con el semitendinoso respectivamente. Por último, se realizó la correlación de Pearson para cada una de las áreas con sus respectivos diámetros obtenidos en la cirugía y se obtuvo: 0.293 ($p < 0.037$), 0.384 ($p < 0.005$) y 0.419 ($p < 0.002$), para los tendones del grácil, semitendinoso y la suma de tendón del grácil

con el semitendinoso respectivamente, siendo resultados de correlación insignificante o baja.

Por su parte Zakko et al⁷⁴, en el 2015 publicó el artículo: “*Can we predict the size of frequently used autografts in ACL reconstruction?*” en la revista “*Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*”, en el cual incluyó una serie de 62 pacientes con una edad promedio de 25 años, donde el 37% de la población eran mujeres. Este autor es uno de los dos escritores que además de un análisis sobre los tendones de la corva incluye otros, tales como: el tendón patelar y el tendón del cuádriceps. Ellos utilizaron imágenes de resonancia magnética, para la medición del tendón patelar y del tendón del cuádriceps, se tomaron medidas de su espesor 10, 20 y 30 mm del polo inferior y superior de la rótula respectivamente, para su análisis se utilizó el espesor medio en las tres distancias medidas. Para la medición del área de sección transversal de los tendones de la corva, se utilizó una imagen axial ponderada en T2 con densidad de protones para una mejor visualización del semitendinoso y grácil, se calculó el área utilizando la herramienta a mano alzada de la región de interés trazando alrededor del borde exterior de cada tendón. Los resultados que reportaron fueron los siguientes: para la suma del tendón del semitendinoso con el tendón grácil ellos obtuvieron una área de sección transversal de 23.3 mm² con una desviación estándar de 5.6, con valores de correlación interclase intraobservador de 0.96 (0.89-0.99) e interobservador de 0.93(0.88-0.96) reflejando una grado de correlación muy alto; para el tendón del cuádriceps se obtuvo un diámetro de 8.4mm con una desviación estándar de 1.5, con un coeficiente de correlación interclase intraobservador de 0.97(0.92-0.99) e interobservador de 0.96 (0.93-0.97) dando un grado de correlación muy alto, por último, el tendón patelar obtuvo un diámetro de 4.3 mm con una desviación estándar de 0.8, con un coeficiente de correlación interclase intraobservador de 0.93 (0.81-0.98) e interobservador de 0.87 (0.79-0.92) igualmente con un grado de correlación muy alto.

Erquicia et al⁷⁵, en el año de 2013, publicó en la revista “*The American Journal of Sports Medicine*”, el artículo titulado “*How to Improve the Prediction of Quadrupled Semitendinosus and Gracilis Autograft Sizes With Magnetic Resonance Imaging and*

Ultrasonography” en donde incluyó 33 pacientes de los cuales 25 fueron hombres y 8 fueron mujeres, con una edad media de 32 años. Se utilizó una resonancia magnética con un corte axial en T2 con eco spin rápido con saturación grasa a nivel del punto más ancho del epicóndilo femoral medial, donde se amplificó el área de interés por 4. El área de sección transversal se calculó bajo el método de Hamada et al, descrito anteriormente. Durante la cirugía se midió el injerto de 4 haces formado por el semitendinoso y grácil con una banda de dimensionamiento propia del set del instrumental (Linvatec). Se obtuvo un área de sección transversal prequirúrgica de $19.8 \text{ mm}^2 \pm 2.8$, el artículo no reporta las mediciones quirúrgicas de los injertos, únicamente nos muestra que obtuvieron un coeficiente de correlación de Pearson de 0.86 ($p < 0.001$) haciendo de esto una correlación alta entre las mediciones prequirúrgicas por medio de resonancia magnética y las mediciones del injerto in vivo por banda de dimensionamiento.

Leiter et al⁷⁶, en su artículo “*Using pre-operative MRI to predict intraoperative hamstring graft size for anterior cruciate ligament reconstruction*” publicado en el 2017 en la revista “*Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*”, incluyó una serie de 109 pacientes, 65 hombres y 44 mujeres. Se hizo uso de resonancia magnética con cortes axiales ponderados en secuencia T1 con densidad de protones para buscar el corte de interés mismo que se exportó al programa NIH Image para medir el área de sección transversal de los tendones del semitendinoso y grácil. Para la medición del injerto de 4 haces hecho por los tendones antes mencionados se utilizó una barra de dimensionamiento propia del set de instrumental con el que se realizó la cirugía. Los resultados que se obtuvieron fueron reportados por sexo, encontrando un área de sección transversal para el tendón del semitendinoso en hombres de 11.3 mm^2 y para mujeres de 9.6 mm^2 , con un diámetro de 8mm medido a través del calibre de injerto (Arthrex), dando un coeficiente de correlación de Pearson de 0.451 ($p < 0.001$). Para el tendón de grácil se observó un área de sección transversal en hombres de 8.7 mm^2 y en mujeres de 7.7 mm^2 con un diámetro en cirugía de 8 mm, un coeficiente de correlación de Pearson de 0.482 ($p < 0.001$). Por último, para la suma del tendón de grácil con semitendinoso se observa un área de sección transversal en

hombres de 17.8 mm² y en mujeres de 15.4 mm², con un diámetro dentro de la cirugía de 8mm, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.495 ($p < 0.001$). Cabe destacar que en este estudio todos los resultados obtuvieron un grado de correlación bajo.

Grawe et al⁷⁷, en el 2016 publicó en la revista “*The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*” su artículo titulado “*Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Autologous Hamstring. Can Preoperative Magnetic Resonance Imaging Accurately Predict Graft Diameter?*”. En él se incluye a 84 pacientes con una media de edad de 36 años, con una distribución homogénea de sexo con 42 hombres y 42 mujeres. En una resonancia magnética con corte axial ponderada en densidad protónica, se determinó la porción más ancha del fémur distal, una vez identificados los tendones, se amplió la imagen por 2 y se trazó manualmente el área de interés. Después de la preparación del injerto isquiotibial, la medición del diámetro se realizó con un bloque de tamaño de injerto propio del set del instrumental. Para el haz de injerto de cuatro bandas conformado por el tendón del semitendinoso y grácil se obtuvo un área de sección transversal de 21.64mm² con un diámetro dentro de cirugía de 8mm con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.416 ($p < 0.001$), lo cual es una correlación baja.

Por otro lado, Hollnagel et al⁷⁸ en 2019 publicó “*Prediction of Autograft Hamstring Size for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using MRI*” el cual incluyó un total de 68 pacientes. Las mediciones preoperatorias se realizaron con un resonador de 1.5 y 3 teslas. En un corte axial ponderado en T2 con supresión grasa se encontró el punto más ancho del cóndilo femoral medial, se midió por separado el tendón del semitendinoso y grácil y usando la herramienta de región de interés a mano alzada se calculó el área de sección transversal. Durante la cirugía, los diámetros de ambos tendones se midieron juntos utilizando un bloque de dimensionamiento de la marca del instrumental. Para la resonancia magnética de 1.5 teslas, el área de sección transversal para el semitendinoso fue de 12.3 mm² y para la suma del grácil con el semitendinoso fue de 11.3mm², con un diámetro de 8 mm durante la cirugía, se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson de 0.691 para el tendón del semitendinoso y

0.703 para la suma del semitendinoso con el grácil, dando un grado de correlación moderado para ambos. Para la resonancia magnética de 3 teslas, se obtuvo un área de sección transversal de 19.9 mm^2 para el tendón del semitendinoso y de 18.3 mm^2 para la suma de ambos tendones, el diámetro medido durante la cirugía fue de 8 mm, y el coeficiente de correlación de Pearson fue de 0.530 y 0.563 para el tendón del semitendinoso y el conjunto del semitendinoso y grácil respectivamente.

Oliva-Moya et al⁷⁹ en el 2020 publicó su artículo: “*Can we predict the graft diameter for autologous hamstring in anterior cruciate ligament reconstruction?*”. En el cual se incluyeron 56 pacientes con una edad promedio de 30 años, 45 fueron hombres y 11 mujeres. En una resonancia magnética ponderada en T1 con cortes axiales con supresión grasa, se identificaron los tendones del semitendinoso y grácil en el corte más ancho del cóndilo lateral del fémur distal, mediante la aplicación del sistema de Carestream se realizó de manera automática el trazo y posteriormente el área de la imagen seleccionada. Después de la preparación de la plastia, la medición se realizó con una barra de dimensiones con incrementos de 1mm de diámetro. Se obtuvo un área de sección transversal prequirúrgica de 13.068 mm^2 y 8.875 mm^2 para los tendones del semitendinoso y grácil por separado respectivamente, se obtuvo un diámetro de 8.46 mm para ambos tendones con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.668 ($p < 0.62$), un grado de correlación moderado sin significancia estadística.

Por su parte, Pérez et al⁸⁰, publicó “*Predicción preoperatoria del diámetro de la plastia autóloga de isquiotibiales en reconstrucción de ligamento cruzado anterior*” en el año 2020 en la revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología. En su artículo incluyó un total de 89 pacientes con una media de edad de 27.5 años, 41 mujeres y 48 hombres. Para la medición de las imágenes preoperatorias utilizó un resonador de 3 teslas, donde en un corte axial se identificó la porción más amplia del cóndilo femoral medial y a través de una herramienta de medición manual se trazó el perímetro de los tendones del semitendinoso y grácil, al finalizar el trazado el programa calculó automáticamente el área de sección transversal. Por otro lado, se realizó una plastia cuádruple de los injertos y el diámetro final del injerto fue medido

por una banda de dimensionamiento con incrementos de 0.5 mm. Se obtuvieron un área de sección transversal preoperatoria de 20.91mm² (10-29.4). la medición durante la cirugía fue de un diámetro promedio de 8.6 mm (6-10) con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.6911 con una $p < 0.001$, arrojando una correlación moderada entre las dos mediciones.

Posteriormente, Tahami et al⁸¹, de origen iraní, en el 2021 publicó su artículo “*Pre Operative MRI Diameter Measurement of Semitendinosus Tendon Using for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Compared with the Diameter of the At Surgery*” en la revista “*Iranian Journal of Orthopaedic Surgery*”. Se incluyó un total de 20 pacientes con una edad media de 20 años, sin distinción entre sexo. No se especifica las características de la resonancia magnética, únicamente que se midió el diámetro del tendón del semitendinoso a nivel de la línea articular y de ahí se obtuvieron 5 mediciones: P2 y P1 (diámetro del tendón semitendinoso a dos y una distancia proximal al nivel de la articulación respectivamente), STJ (diámetro máximo del tendón semitendinoso a nivel de la articulación) y D1 y D2 (diámetro máximo del tendón semitendinoso a una y dos distancias distales de la superficie articular respectivamente). Dentro de la cirugía el diámetro del injerto se calculó utilizando las barras de dimensionamiento disponibles por el set del instrumental. No se mencionan las mediciones del área de sección transversal ni los diámetros obtenidos durante la cirugía únicamente se indican los coeficientes de correlación de Pearson, los cuales son 0.026 ($p < 0.912$), 0.040 ($p < 0.867$), 0.360 ($p < 0.119$), 0.386 ($p < 0.093$) y 0.452 ($p < 0.045$) para los parámetros de P1, P2, STJ, D1 y D2 respectivamente. Todos los valores de correlación de Pearson representan una correlación baja o insignificante.

Por ultimo, Takeuchi et al⁸², en el año 2020 publicó su artículo “*In situ cross-sectional area of the quadriceps tendon using preoperative magnetic resonance imaging significantly correlates with the intraoperative diameter of the quadriceps tendon autograft*”, anunciado en la revista “*Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*”. En el cual incluyó un total de 31 pacientes, 21 hombres y 10 mujeres, con una media de edad de 20.9 años. Las imágenes preoperatorias se obtuvieron con una resonancia magnética, donde el grosor máximo del tendón del cuádriceps se

determinó con una imagen sagital potenciada en T2, asimismo, el área de sección transversal se decretó con una imagen axial ponderada en T2 midiéndose en los 10 mm centrales del ancho del tendón del cuádriceps medio-lateral, sin embargo, debido a que los cortes axiales no son completamente perpendiculares al eje longitudinal del cuádriceps, los autores midieron el ángulo entre el plano de los cortes axiales y la línea perpendicular al eje del tendón del cuádriceps en la imagen sagital, posteriormente usando la función de coseno, se utilizó el ángulo para calcular el área de sección transversal ajustada. El diámetro intraoperatorio del autoinjerto del cuádriceps fue medido con un dispositivo de dimensionamiento con incrementos de 0.5mm. Se obtuvo un área de sección transversal media de $84.9 \pm 10\text{mm}^2$ con un diámetro promedio de la cirugía de 10.0 ± 1.0 mm con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.607 ($p < 0.001$). Un grado de correlación moderado.

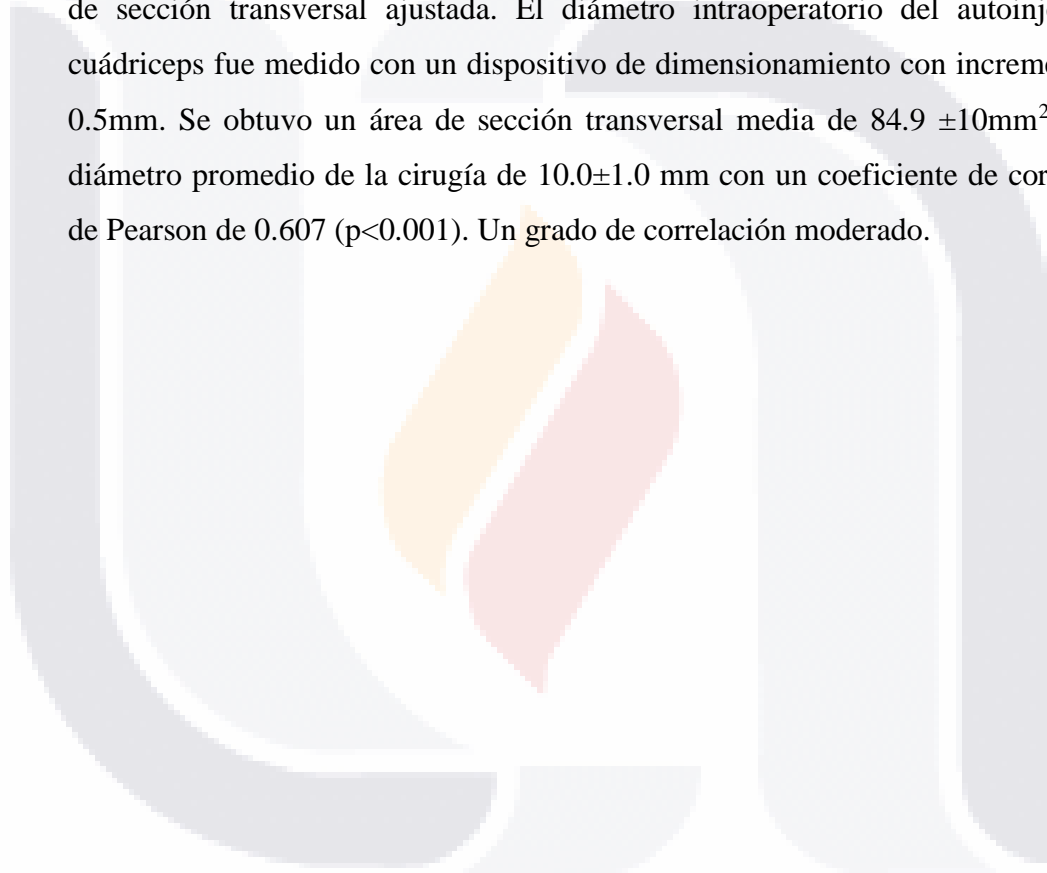


Tabla 2. Resumen de resultados de artículos con correlación entre las medidas por resonancia prequirúrgicas y las medidas durante la cirugía del injerto autólogo.

Autor	Pacientes	Hombres	Mujeres	Medidas prequirúrgicas	Medidas intraquirúrgicas	Coefficiente de correlación de Pearson	Coefficiente de correlación interclase	Tipo de medición por resonancia magnética	Tipo de medición de injerto autólogo
An et al 2017	107	64	44	No se menciona	Semitendinoso: $8.6 \pm 0.80\text{mm}$. Semitendinoso + grácil: $7.9 \pm 0.7\text{mm}$.	Semitendinoso: 0.71 ($p < 0.05$). Semitendinoso + grácil: 0.48 ($p < 0.05$)	NA	Corte axial ponderado en T2 con densidad protónica y con saturación grasa se busca el corte transepicondilar más ancho el cual se amplió cuatro veces, posteriormente se delineó manualmente el tendón usando la herramienta de región de interés, calculando automáticamente el área de	Bandeja de dimensiones propia del set instrumental utilizado en todas las cirugías (Arthrex).

								la sección transversal.	
Galanis et al 2016	60	14	46	Tendón del grácil: 10.18 ± 2.16 mm ² . Tendón del semitendinoso: 13.22± 2.46 mm ² .	Tendón del grácil: 9.76±2.88 mm. Tendón del semitendinoso: 13.0±3.33 mm.	Tendón del grácil: 0.563 (p<0.05). Tendón del semitendinoso: 0.807 (p<0.05).	NA	Secuencia axial ponderada en T1 las imágenes se ampliaron 4 veces, posteriormente se trazó una línea alrededor de cada tendón utilizando la herramienta de región de interés, el área de sección transversal se calculó como la sumatoria de las áreas de baja intensidad y el 50% de las áreas de intensidad intermedia.	Banda de dimensionamiento propia del set de instrumental quirúrgico (Acufex). Micrómetro calibrado

<p>Hamada et al. 1998.</p>	<p>79</p>	<p>41</p>	<p>38</p>	<p>Tendón semitendinoso: $10.1 \pm 2.1 \text{ mm}^2$.</p>	<p>Tendón semitendinoso: $11.2 \pm 2.1 \text{ mm}$.</p>	<p>Tendón semitendinoso: 0.697 ($p < 0.001$).</p>	<p>NA</p>	<p>Corte axial ponderado en T1 se midió el área de sección transversal del tendón semitendinoso o a nivel de la articulación de la rodilla contando el número de píxeles con intensidad de señal baja, de esta forma el número de píxeles del tendón de interés se calculó sumando el número de píxeles de la parte tendinosa y la mitad del número de píxeles del tendón</p>	<p>Bandas de dimensiones (Acufex).</p>
-----------------------------------	-----------	-----------	-----------	--	--	---	-----------	---	--

								estudiado como de los tejidos circundantes. Finalmente se multiplico el número de píxeles por el área de un solo píxel.	
Kupczik et al. 2016	44	33	11	<p>Tendón Grácil: 2.17mm (1.45-2.76mm).</p> <p>Tendón del semitendinoso: 2.96 mm (2.52-3.73mm).</p>	Autoinjerto de 4 heces: 8.3 mm (6-10mm).	<p>Tendón Grácil: 0.59 (p<0.001).</p> <p>Tendón del semitendinoso: 0.59 (p<0.001).</p> <p>Suma tendón grácil + tendón del semitendinoso: 0.74 (p<0.001)</p>	NA	Corte axial con densidad de protones y con saturación grasa a nivel del epicóndilo medial del fémur se midió el diámetro mayor del tendón del grácil y semitendinoso.	-
Serino et al. 2017	39	-	-	Tendón del semitendinoso: 14.7±2.8	Diámetro promedio de tendón del	Tendón del semitendinoso: 0.59 (p<0.001)	NA	Corte axial ponderado en T2, el área de sección	Bloques de dimensionamiento (Arthrex)

				(8.5-20.7 mm ²).	semitendinos o: 61.6 mm ² .			transversal se calculó a partir del método de Erquicia et al, medida a partir del punto más ancho del cóndilo femoral medial con una ampliación de 4 veces.	
Werneck e et al. 2011	34	25	9	<p>Tendón grácil: 9.98 mm².</p> <p>Tendón semitendinoso: 17.33 mm²</p> <p>Suma del tendón grácil con el semitendinoso: 26.53mm²</p>	<p>Tendón grácil: 4.65±0.57.</p> <p>Tendón semitendinoso: 5.96±0.64mm.</p> <p>Suma del tendón grácil con el semitendinoso: 7.5±0.59mm.</p>	<p>Tendón grácil: 0.56 con (p<0.006).</p> <p>Tendón semitendinoso: 0.53 (p<0.001)</p> <p>Suma del tendón grácil con el semitendinoso:</p>	NA	Corte axial con densidad protónica y saturación grasa, seguidamente se delinea manualmente el tendón mediante la herramienta de región de interés	Bloques de dimensionamiento (Linvatec).

						oso: 0.53 (p<0.001)			
Beyzadeoglu et al, 2012.	51	44	7	<p>Tendón grácil: 7.3 mm².</p> <p>Tendón semitendinoso: 12.9 mm²</p> <p>Suma del tendón grácil con el semitendinoso: 20.3 mm²</p>	<p>Tendón grácil: 4.8 mm.</p> <p>Tendón semitendinoso: 6.2 mm.</p> <p>Suma del tendón grácil con el semitendinoso: 7.9 mm.</p>	<p>Tendón grácil: 0.293 (p<0.037).</p> <p>Tendón semitendinoso: 0.384 (p<0.005).</p> <p>Suma del tendón grácil con el semitendinoso: 0.419 (p<0.002).</p>	NA	<p>Cortes axiales con densidad de protones y saturación grasa, se utilizaron dos niveles diferentes: el primero debajo de la unión musculotendinosa y el segundo a nivel de la línea de la articulación. Las mediciones de área transversal se realizaron a mano alzada de la región de interés trazando manualmente el tendón.</p>	<p>Bloque de tamaño de injerto con aumentos de 0.5mm (Arthrex)</p>

<p>Zakko et al, 2015.</p>	<p>62</p>	<p>39</p>	<p>23</p>	<p>Suma del tendón grácil con el semitendino so: 23.3 mm² (5.6 desviación estándar).</p> <p>Tendón del cuádriceps: 8.4mm (1.5 desviación estándar).</p> <p>Tendón patelar: 4.3 mm (0.8 desviación estándar).</p>	<p>-</p>	<p>NA</p>	<p>Suma del tendón grácil con el semitendino so: intraobservador de 0.96 (0.89-0.99) e interobservador de 0.93(0.88-0.96).</p> <p>Tendón del cuádriceps: intraobservador de 0.97(0.92-0.99) e interobservador de 0.96 (0.93-0.97).</p> <p>Tendón patelar: intraobservador de 0.93 (0.81-</p>	<p>Tendón patelar y del tendón del cuádriceps: se tomaron medidas de su espesor 10, 20 y 30 mm del polo inferior y superior de la rótula respectivamente, para su análisis se utilizó el espesor medio en las tres distancias medidas. Tendón semitendinoso-grácil: corte axial ponderado en T2 con densidad de protones, se calculó el área utilizando la</p>	<p>Banda de dimensionamiento.</p>
----------------------------------	-----------	-----------	-----------	---	----------	-----------	--	--	-----------------------------------

							0.98) e interobservador de 0.87 (0.79-0.92).	herramienta a mano alzada de la región de interés trazando alrededor del borde exterior de cada tendón.	
Erquicia et al, 2013.	33	25	8	Has cuádruple semitendinoso y grácil: $19.8 \text{ mm}^2 \pm 2.8$.	-	Has cuádruple semitendinoso y grácil: 0.86 (p<0.001).		Corte axial en T2 con eco spin rápido con saturación grasa a nivel del punto más ancho del epicóndilo femoral medial, donde se amplificó el área de interés por 4. El área de sección transversal se calculó bajo el método de Hamada et al.	Banda de dimensionamiento propia del set del instrumental (Linvatec).

Leiter et al, 2017.	109	65	44	<p>Tendón del semitendino so en hombres de 11.3mm² y para mujeres de 9.6 mm².</p> <p>Tendón de grácil en hombres de 8.7 mm² y en mujeres de 7.7mm².</p> <p>Suma del tendón de grácil con semitendino so en hombres de 17.8 mm² y en mujeres de 15.4 mm².</p>	<p>Tendón del semitendinoso de 8 mm.</p> <p>Tendón de grácil de 8 mm.</p> <p>Suma del tendón de grácil con semitendinoso de 8 mm.</p>	<p>Tendón del semitendinoso: 0.451 (p<0.001).</p> <p>Tendón de grácil: 0.482 (p<0.001).</p> <p>Suma del tendón de grácil con semitendinoso: 0.495 (p<0.001)</p>	NA	<p>Cortes axiales ponderados en secuencia T1 con densidad de protones para buscar el corte de interés mismo que se exportó al programa NIH Image para medir el área de sección transversal de los tendones del semitendinoso y grácil.</p>	<p>Barra de dimensionamiento propia del set de instrumental (Arthrex).</p>
Grawe et al, 2016	84	42	42	Suma tendón del semitendino	Suma tendón del semitendinos	Suma tendón del semitendin	NA	Corte axial ponderada en densidad	Bloque de tamaño de injerto propio

				so y grácil: 21.64mm ²	o y grácil: 8mm.	oso y grácil: 0.416 (p<0.001).		protónica, se determinó la porción más ancha del fémur distal, una vez identificados los tendones, se amplió la imagen por 2 y se trazó manualmente el área de interés	del set del instrumental
Hollnagel et al, 2019.	68	47	21	Resonancia magnética de 1.5 teslas. Tendón semitendino so: 12.3 mm ² Suma del tendón grácil con el semitendino so: 11.3mm ² .	Resonancia magnética de 1.5 teslas: 8 mm. Resonancia magnética de 3 teslas: 8 mm	Resonancia magnética de 1.5 teslas. Tendón semitendin oso: 0.691. Suma del tendón grácil con el semitendin oso: 0.703.	NA	Corte axial ponderado en T2 con supresión grasa se encontró el punto más ancho del cóndilo femoral medial, se midió por separado el tendón del semitendinos o y grácil y usando la	Bloque de dimensionami ento de la marca del instrumental.

				<p>Resonancia magnética de 3 teslas.</p> <p>Tendón semitendinoso: 19.9 mm²</p> <p>Suma del tendón grácil con el semitendinoso: 18.3 mm²</p>		<p>Resonancia magnética de 3 teslas.</p> <p>Tendón semitendinoso: 0.530.</p> <p>Suma del tendón grácil con el semitendinoso: 0.563.</p>		<p>herramienta de región de interés a mano alzada se calculó el área de sección transversal.</p>	
Oliva-Moya, 2020	56	45	11	<p>Tendón del semitendinoso: 13.068 mm²</p> <p>Tendón grácil: 8.875 mm²</p>	<p>Tendón del semitendinoso: 8.46 mm</p> <p>Tendón grácil: 8.46 mm.</p>	<p>Tendón del semitendinoso: 0.668 (p<0.62).</p> <p>Tendón grácil: 0.668 (p<0.62).</p>	NA	<p>Cortes axiales ponderados en T1 con supresión grasa, se identificaron los tendones del semitendinoso y grácil en el corte más ancho del cóndilo lateral del fémur distal, mediante</p>	<p>Barra de dimensiones con incrementos de 1mm de diámetro.</p>

								Carestream se realizó de manera automática el trazo y posteriormente el área de la imagen seleccionada.	
Perez et al, 2020	89	48	41	Suma del tendón del semitendinoso con el tendón grácil: 20.91mm ² (10-29.4).	Suma del tendón del semitendinoso con el tendón grácil: 8.6 mm (6-10)	Suma del tendón del semitendinoso con el tendón grácil: 0.6911 con una p<0.001	NA	Corte axial se identificó la porción más amplia del cóndilo femoral medial y a través de una herramienta de medición manual se trazó el perímetro de los tendones del semitendinoso y grácil, al	Banda de dimensionamiento con incrementos de 0.5 mm

								finalizar el trazado el programa calculo automáticamente el área de sección transversal.	
Tahami et al, 2021.	20	-	-	-	-	<p>P1: 0.026 (p<0.912).</p> <p>P2: 0.040 (p<0.867).</p> <p>STJ: 0.360 (p<0.119).</p> <p>D1: 0.386 (p<0.093).</p> <p>D2: 0.452 (p<0.045).</p>	NA	<p>Diámetro del tendón del semitendinos o a nivel de la línea articular, se obtuvieron 5 mediciones: P2 y P1(diámetro del tendón semitendinos o a dos y una distancia proximal al nivel de la articulación respectivamente), STJ (diámetro máximo del tendón semitendinos</p>	<p>Barras de dimensionamiento disponibles por el set del instrumental.</p>

								o a nivel de la articulación) y D1 y D2 (diámetro máximo del tendón semitendinos o a una y dos distancias distales de la superficie articular respectivamente).	
Takeuchi et al, 2020	31	21	10	Tendón de cuádriceps: 84.9 ±10mm ²	Tendón de cuádriceps: 10.0±1.0 mm	Tendón de cuádriceps: 0.607 (p<0.001).	NA	El grosor máximo del tendón del cuádriceps se determinó con una imagen sagital potenciada en T2. El área de sección transversal se decretó con una imagen axial ponderada en	Dispositivo de dimensionamiento con incrementos de 0.5mm.

								T2 midiéndose en los 10 mm centrales del ancho del tendón del cuádriceps medio-lateral.	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



DISCUSIÓN Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

Del tendón del semitendinoso.

Se informó un total de 648 pacientes con una edad media de 28.24 años. Los resultados son heterogéneos, se encontraron correlaciones altas como en el caso de An et al⁶⁷. y Galanis et al⁶⁸, no obstante, se observaron correlaciones tan bajas como las reportadas por Beyzadeoglu et al⁷³, 0.384 ($p < 0.005$), y Tahami et al⁸¹, quien su correlación más baja fue a nivel del diámetro del tendón semitendinoso a una distancia proximal del nivel de la articulación 0.026 ($p < 0.912$).

Respecto a la metodología de medición por resonancia magnética; la que arrojó las correlaciones más altas consiste en un corte axial ponderado en T2 con densidad protónica y saturación grasa, donde se busca el corte transepicondilar más ancho y se amplía cuatro veces, delineando manualmente el tendón usando la herramienta de región de interés, y el sistema calculará automáticamente el área de la sección transversal como la sumatoria de las áreas de baja intensidad y el 50% de las áreas de intensidad intermedia. Las metodologías menos exitosas fueron aquellas que no realizaron un aumento de imagen de la resonancia para trazar el diámetro a mano alzada, como la reportada de Tahami et al⁸¹, en donde se utilizaron varias medidas a lo largo del trayecto del tendón del semitendinoso, y también, aquellas que utilizaron sistemas de medición no profesionales, en los cuales el sistema operativo no está enfocado en las mediciones de imágenes de resonancia magnética, sino que es un sistema multipropósito. Queda el interrogante, si la ponderación en T1 o T2, tiene una mayor utilidad para hacer las mediciones preoperatorias, ya que ese tipo de cuestión no se dilucido en ningún estudio. Asimismo, se debe de estandarizar el lugar en donde hacer las mediciones del tendón de semitendinoso, ya que, la anatomía y el recorrido oblicuo de dicho tendón hace que la medición no sea precisa⁶³, pues el delineamiento de dicho tendón podría variar a lo largo de su trayectoria, haciendo que infra o sobreestimemos los resultados del área de sección transversal.

Respecto a la medición durante la cirugía, los estudios utilizaron los bloques de dimensionamiento del instrumental quirúrgico (múltiples marcas), sin embargo, eso

no parece influir en el resultado final de los estudios, pues se encontraron resultados tan diversos usando las barras de dimensionamiento. Lo que sí parece influir, son las diferentes formas de preparación del injerto, ya que, si bien el objetivo final es la creación de 4 bandas para su paso adecuado por el túnel, la limpieza, la configuración de la sutura y el tipo de dobles del injerto hacen variar por completo el resultado final⁵. Asimismo, la técnica quirúrgica es de vital importancia, pues el cómo se toma la muestra influye en el tamaño del injerto³; así, la mayoría de los artículos no especificó el tipo de tenotomo que se usó, por ende, existen diferencias en el instrumental que influyen en la cantidad de injerto recolectado⁶, de esta forma, es menester estandarizar la toma y la preparación de injerto para evitar variaciones.

Del sexo de los pacientes, se sabe que las mujeres tendrán, en promedio, injertos más pequeños que los obtenidos de los hombres²¹. De esta forma, los estudios que obtuvieron una correlación alta para el tendón del semitendinoso hicieron una separación conforme al sexo, sin embargo, ninguno hizo un análisis por separado, dando como resultado un sesgo en el análisis. No obstante, a pesar de que se entiende que el sexo femenino tiene mayor probabilidad de presentar injertos más pequeños, esto no siempre es así, ergo, se deben de tener en cuenta otras variables antropométricas^{59,64,65,67}, independiente del sexo, que comprometen el tamaño del injerto, como la altura, el peso, el índice de masa corporal, el diámetro de las piernas, o más recientemente, mediciones radiográficas preoperatorias que tienen su interés en el diámetro de los huesos del fémur y la tibia. Empero, a pesar de la gran cantidad de estudios que hay al respecto, no hay una característica antropométrica que sea confiable para predecir el tamaño del injerto preoperatorio.

Por último, la cantidad de pacientes reunidos para este estudio es considerable, más de 600, sin embargo, se observó una gran variabilidad de resultados radicados en la heterogeneidad de los estudios, surgiendo una gran cantidad de áreas de oportunidad para estudios futuros que deben ser estandarizadas con el fin de mejorar la calidad de los estudios.

Del tendón del grácil.

Se informó un total de 245 pacientes con una edad media de 30.68 años. Los artículos hacen una correlación moderada entre las mediciones preoperatorias y la medición durante la cirugía del tendón grácil. El artículo que mejor correlación tuvo fue Oliva Moya et al⁷⁹, con una correlación de 0.668 ($p < 0.062$), seguido de Kupczik et al⁷⁰, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.59 ($p < 0.001$). El artículo que obtuvo la correlación más baja fue de Beyzadeoglu et al⁷³, con una correlación de 0.293 ($p < 0.037$), definiéndose como una asociación insignificante. Asimismo, se debe resaltar que tanto los resultados de Oliva Moya et al⁷⁹, como de Beyzadeoglu et al⁷³, no son estadísticamente significativos, por ende, el resultado más acorde a nuestro análisis debe ser el de Kupczik et al⁷⁰.

Respecto a la metodología de medición por resonancia magnética, se observó que Kupczik et al⁷⁰, utilizaron un corte axial con densidad de protones y con saturación grasa a nivel del epicóndilo medial del fémur, donde midieron el diámetro mayor del tendón del grácil. Otros estudios como Beyzadeoglu et al⁷³, utilizaron cortes axiales con densidad de protones y saturación grasa, sin embargo, ellos utilizaron dos niveles diferentes: el primero debajo de la unión musculotendinosa y el segundo a nivel de la línea de la articulación, de esta forma, las mediciones de área transversal se realizaron a mano alzada de la región de interés trazando manualmente el tendón. Así, es necesario mencionar que, para la medición del tendón del grácil, se debe tener en cuenta su estructura anatómica tridimensional^{8,9}, pues se caracteriza por tener una forma aplanada con respecto al semitendinoso, además, estudios de anatomía en cadáveres han reportado una mayor cantidad de vinculas asociadas a su estructura, haciendo que su medición se menos predecible y, consiguientemente, no sea confiable.

Por otro lado, la significancia estadística de los estudios de Oliva Moya et al⁷⁹ y de Beyzadeoglu et al⁷³, se debe a un fallo en la medición prequirúrgica. Beyzadeoglu et al⁷³, utilizaron dos diferentes lugares de medición, eso, aunando a la anatomía del tendón del grácil, hace un campo propicio para errores en la medición del área del

injerto. Igualmente, Oliva Moya et al⁷⁹, utilizaron cortes axiales ponderados en T1 con supresión grasa, donde identificaron el tendón del grácil en el corte más ancho del cóndilo lateral del fémur distal, sin embargo, ellos realizaron las medidas con el sistema de Carestream, el cual es un sistema visor de imágenes no profesional multipropósito y su precisión no ha sido ratificada en estudios.

Respecto a la medición del diámetro del injerto, Kupczik et al⁷⁰, no hacen alusión del método que utilizaron para la medición del diámetro, lo cual desestima su valor de correlación. Los demás estudios hacen mención del uso de la banda de dimensionamiento del sistema de instrumentación, a pesar de, no se menciona la marca ni el grado de incremento en el diámetro de cada uno de los orificios.

Por último, Galanis et al⁶⁸, aunque encontraron una alta correlación entre las medidas preoperatorias con las medidas intraoperatorias, del tendón semitendinoso, no fue así en lo que respecta al tendón del grácil. ¿Qué pudo haber influido para que un tendón tenga una correlación alta y otro no? La respuesta, radicar en la anatomía del tendón del grácil^{8,9}. A pesar de, no se debe descartar condiciones, de esta forma, es probable que para diferentes tendones se deban de utilizar metodologías diferentes para la medición preoperatoria por resonancia magnética del tendón grácil.

De la suma del tendón de del semitendinoso con el tendón del grácil.

Se informó un total de 798 pacientes con una edad media de 29.57 años. Se encontró gran variabilidad de resultados, pese a, a diferencia de los puntos anteriores, la medición de la suma del tendón del semitendinoso con el tendón grácil arrojó más estudios con una alta correlación entre las medidas preoperatorias y las intraoperatorias. Así, encontramos a Zakko et al⁷⁴ con un coeficiente de correlación interclase intraobservador de 0.96 (0.89-0.99) e interobservador de 0.93(0.88-0.96), correspondiendo a una muy alta correlación. Galanis et al⁶⁸, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.807 ($p<0.05$), Kupczik et al⁷⁰, con un coeficiente de correlación de 0.74 ($p<0.001$) y Erquicia et al⁷⁵ con un coeficiente de correlación de 0.86 ($p<0.001$), correspondiendo todos a una correlación alta. Está bien esperar que los resultados de correlación sean más altos en el grupo de la suma entre el tendón del

semitendinoso con el tendón del grácil, ya que el injerto sólo debe duplicarse en lugar de cuadruplicarse, como sería en el caso de cada tendón por separado, ya que es menos propenso a las variaciones del diámetro del tendón en sí mismo por solo contar con un solo dobles. No obstante, no hay estudios que aprueben dicha aseveración.

Respecto a la metodología de medición preoperatoria, fue Zakko et al⁷⁴, quienes a través de corte axial ponderado en T2 con densidad de protones, calcularon el área utilizando la herramienta a mano alzada de la región de interés trazando alrededor del borde exterior de cada tendón. Galanis et al⁶⁸, por el contrario, utilizaron una secuencia axial ponderada en T1 donde las imágenes se ampliaron 4 veces, posteriormente el área de sección transversal se calculó como la sumatoria de las áreas de baja intensidad y el 50% de las áreas de intensidad intermedia (método de Hamada et al⁶⁹), por otro lado, Kupczik et al⁷⁰, realizaron sus mediciones a través de un corte axial con densidad de protones y con saturación grasa a nivel del epicóndilo medial del fémur, donde midieron el diámetro mayor del tendón del grácil y semitendinoso. Por último, Erquicia et al⁷⁵, utilizaron un corte axial en T2 con eco spin rápido con saturación grasa a nivel del punto más ancho del epicóndilo femoral medial, donde se amplificó el área de interés por 4, y el área de sección transversal se calculó bajo el método de Hamada et al⁶⁹. De esta forma, la metodología que resultó tener los valores de correlación más altos es la mencionada por Hamada et al⁶⁹. Sería prudente que estudios prospectivos futuros utilicen esta metodología en la medición preoperatoria por resonancia magnética.

Además, se debe analizar el teslaje del resonador con el que se realizaron los estudios. De esta forma, Hollnagel et al⁷⁸, compararon las mediciones preoperatorias hechas por un resonador de 1.5 teslas con aquellas realizadas por un resonador de 3 teslas; ellos encontraron que los coeficientes de correlación más altos eran aquellas mediciones que se llevaron a cabo con resonadores de 1.5 teslas, siendo precisamente el injerto de la suma del tendón del semitendinoso con el tendón del grácil el que tuvo el más alto grado de correlación con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.703, una correlación moderada. La metodología que utilizaron fue que a través de un corte axial ponderado en T2 con supresión grasa se encontró el punto más ancho

del cóndilo femoral medial y usando la herramienta de región de interés a mano alzada se calculó el área de sección transversal.

Respecto a la técnica quirúrgica, la mayoría de los cirujanos utilizaron la banda de dimensionamiento para medir el tamaño del diámetro durante la cirugía, de esta forma se obtuvieron resultados altamente variables desde los reportados por Zakko et al⁷⁴, hasta los reportados por Grawe et al⁷⁷, quienes obtuvieron las más baja correlación reportada para la suma del tendón del semitendinoso con el tendón grácil. No obstante, se omitieron variables intraoperatorias relacionadas con el injerto que afectan su diámetro, como la tensión aplicada por el cirujano, la compresibilidad que se le otorga al injerto al momento de la preparación⁷⁷, además, no se consideraron los diferentes diámetros de los injertos en su recorrido, variables que pueden hacer variar el tamaño del injerto.

Del tendón patelar y del tendón del cuádriceps.

Se informó un total de 93 pacientes con una edad media de 22.95 años. Los resultados mostrados para el tendón del cuádriceps y del tendón patelar son variables. Zakko et al⁷⁴, encontró un coeficiente de correlación interclase intraobservador de 0.97(0.92-0.99) e interobservador de 0.96 (0.93-0.97) para el tendón del cuádriceps y un coeficiente de correlación interclase intraobservador de 0.93 (0.81-0.98) e interobservador de 0.87 (0.79-0.92) para el tendón patelar, ambos resultados representan una muy alta correlación entre las mediciones preoperatorias y la medición intraoperatoria registrada. Por su parte, Takeuchi et al⁸², encontró un coeficiente de correlación de Pearson de 0.607 ($p < 0.001$) representando una correlación moderada entre las dos variables analizadas.

Este tipo de discrepancia radica en la forma en cómo fueron hechas las mediciones preoperatorias a través de resonancia magnética, por un lado, Zakko et al⁷⁴, para medir el tendón patelar y el tendón del cuádriceps tomaron las medidas de su espesor 10, 20 y 30 mm del polo inferior y superior de la rótula respectivamente, y para su estudio se utilizó el espesor medio en las tres distancias medidas. De forma distinta, Takeuchi et al⁸², utilizaron el grosor máximo del tendón del cuádriceps, el cual se determinó

con una imagen sagital potenciada en T2, y con ello, el área de sección transversal se decretó con una imagen axial ponderada en T2 midiéndose en los 10 mm centrales del ancho del tendón del cuádriceps medial y lateral. Sin embargo, debido a que los cortes axiales no son perpendiculares al eje longitudinal del tendón de del cuádriceps (esto da como resultado que, al calcular el área de sección transversal del tendón, ésta se sobreestime), se midió el ángulo entre el plano de los cortes axiales y una línea perpendicular al eje del tendón del cuádriceps en una imagen sagital. Posteriormente, se usó la función de coseno para calcular el área de sección transversal ajustada a la oblicuidad del tendón que ellos denominaron, área de sección transversal verdadera, y a partir de ella se realizó el análisis para calcular los coeficientes de correlación de Pearson mostrados. Por ende, el calcular de esta manera el área de sección transversal provocó la discrepancia en la correlación observada en ambos estudios.

Respecto a la técnica quirúrgica. En los artículos se nos menciona la forma en cómo fueron medidos los diámetros de los injertos durante la cirugía, sin embargo, la técnica quirúrgica del tendón patelar y del tendón del cuádriceps no permite una diferencia tan significativa entre la medición preoperatoria y intraoperatoria; la razón reside en qué, el cirujano al tomar estos injertos tiene la posibilidad de determinar cuántos milímetros quiere obtener del sitio donante⁷⁴. Así, si durante la planeación prequirúrgica se obtiene una medida “a”, el cirujano tiene la opción de replicar esa misma medida “a” con el tenotomo del instrumental, pues esta técnica es a cielo abierto y se puede calcular el tamaño del injerto. De esta forma, el grado de correlación en el artículo publicado por Zakko et al⁷⁴ es alto, pues ellos tomaron el injerto tal cual se reportaba en la resonancia pues la técnica quirúrgica lo propicia.

CONCLUSIONES.

En primer lugar, respondiendo a nuestra pregunta de investigación: ¿Puede la medición de imágenes de resonancia magnética preoperatorias predecir el tamaño del autoinjerto intraoperatorio para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior? La respuesta es “Sí”, pero actualmente hacen falta estudios con una metodología adecuada para estandarizar el proceso de medición preoperatoria, además de validar

una técnica quirúrgica protocolizada para cada tendón en particular y con ello poder garantizar la predicción del tamaño de cada uno de los autoinjertos que se quieran utilizar.

La presente tesis analizó las opciones de autoinjerto que se tiene para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior, además de la metodología utilizada en cada estudio, con la finalidad de presentar un conjunto de datos completo y resumido y, con ello, dirigir la toma de decisiones clínicas. Actualmente la resonancia magnética se limita al uso del diagnóstico de ruptura, ya sea parcial o completa, de ligamento cruzado anterior y de enumerar las lesiones asociadas. Este estudio tiene la finalidad de destacar cómo la resonancia magnética es fundamental para el proceso de planificación prequirúrgica, pues, al examinar las estructuras anatómicas de la rodilla puede asegurarse que el autoinjerto tenga el diámetro adecuado, con ello disminuye la probabilidad de errores durante la cirugía, la necesidad de sacrificar longitud por diámetro o incluso peor, aumentar la morbilidad del paciente al utilizar otro sitio donante de injerto siendo que la primera opción fracasó. De esta forma, el cirujano puede asegurar una mayor tasa de éxito de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior, disminuir la tasa de ruptura del ligamento, además de reducir la morbilidad del sitio donante, por ende, se asegura un proceso de rehabilitación más fácil que lleve a un regreso más temprano a las actividades de la vida diaria.

Asimismo, una de las conclusiones que podemos proporcionar de esta tesis es la divulgación de un protocolo respecto a la medición preoperatoria por resonancia magnética de cada uno de los tendones estudiados y una técnica quirúrgica estandarizada con base en el análisis antes realizado. Así, para la medición preoperatoria del tendón del semitendinoso, la forma más adecuada de llevar a cabo su medición preoperatoria por resonancia magnética es a través de un corte axial ponderado en T2 con densidad protónica y con saturación grasa, en donde se debe buscar el corte transepicondilar más ancho ampliándolo cuatro veces, posteriormente se delinea manualmente el tendón usando la herramienta de región de interés, el área de sección transversal se calcula como la sumatoria de las áreas de baja intensidad y el 50% de las áreas de intensidad intermedia; durante la cirugía la medición del

diámetro del injerto se mide con la barra de dimensionamiento, con aumentos de 0.5 en 0.5mm. Para el tendón del grácil, se debe utilizar un corte axial con densidad de protones y con saturación grasa a nivel del epicóndilo medial del fémur midiendo el diámetro mayor del tendón del grácil; el diámetro durante la cirugía se debe de medir con la banda de dimensionamiento con incrementos que van de 0.5 en 0.5 mm para disminuir la probabilidad de error. Por su parte, para la medición prequirúrgica por medio de resonancia magnética de la suma del tendón del semitendinoso con el tendón del grácil se debe utilizar un corte axial ponderado en T2 con saturación grasa, se amplía cuatro veces, para la medición del tendón del semitendinoso se busca el corte transepicondilar más ancho y para la medición del tendón del grácil se busca el nivel del epicóndilo medial del fémur, posteriormente se delinea manualmente los tendones usando la herramienta de región de interés y el área de sección transversal se calcula como la sumatoria de las áreas de baja intensidad y el 50% de las áreas de intensidad intermedia; durante la cirugía, se utiliza la barra de dimensiones con incrementos de 0.5 en 0.5 mm. No obstante, no es posible establecer un protocolo de técnica quirúrgica, ya que este propósito escapa de la sistematización de la búsqueda inicialmente realizada, así, para incrementar la precisión de las mediciones preoperatorias por resonancia magnética y su correlación con el diámetro durante la cirugía es necesario encontrar una técnica quirúrgica sistematizada que ayude en la predicción del tamaño de injerto intraoperatorio.

De esta forma, este tipo de estudios sirven para recopilar la mayor cantidad de información con el más estricto cumplimiento de las reglas establecidas por los protocolos del “PRISMA”, “AMSTAR”, “QUADAS 2” y las recomendaciones emitidas por Cochrane para la recolección de datos, todo con la finalidad de presentar información de la más alta calidad disponible hasta el momento con el propósito de guiar las decisiones clínicas con el mejor nivel de evidencia.

GLOSARIO.

Quadas-2	Herramienta para evaluar de forma independiente el riesgo de sesgo en cada estudio incluido. Comprende 4 dominios: selección de pacientes, prueba índice, estándar de referencia y flujo y tiempo.
AMSTAR	“ <i>Ameasurement Tool to Assess Systematic Reviews 2</i> ”. Herramienta para realizar una evaluación de la calidad de la evidencia con la finalidad de hacer una evaluación más detallada de la revisión sistemática.
Autoinjerto hueso-tendón-hueso (BTB)	También llamado autoinjerto del tendón rotuliano o patelar. Tendón que es continuación del tendón del cuádriceps el cual se conecta solo con huesos, superiormente con la rótula e inferiormente con la parte anterior y superior de la tibia.
Coefficiente de correlación de Pearson	Prueba que mide la relación estadística entre dos variables continuas.
Coefficiente de correlación interclase (CCI)	Proporción de variabilidad total debida a la variabilidad de los pacientes.
Corpúsculos de Paccini	Receptores sensoriales de la piel que responden a las vibraciones rápidas y la presión mecánica profunda.
Fascículo anteromedial ligamento cruzado anterior	Uno de los dos fascículos que componen el ligamento cruzado anterior, el cual se origina en la parte más anterior y proximal del fémur y se inserta en la parte anterior de la espina tibial.
Fascículo posterolateral	Uno de los dos fascículos que componen el ligamento cruzado anterior, el cual tiene un origen distal y ligeramente posterior en el

ligamento cruzado anterior	fémur para terminar disponiéndose en la tibia en una posición posterior con relación al fascículo anteromedial.
KT-1000	Artrómetro utilizado para determinar objetivamente la estabilidad anteroposterior de la rodilla permitiendo la evaluación cuantitativa de la traslación anterior y posterior de la rodilla
Ligamento cruzado anterior (LCA)	El ligamento cruzado anterior es un ligamento intraarticular cuya inserción distal es en la cara superior de la extremidad proximal de la tibia, mientras que su inserción proximal es en la porción posterior de la superficie interna del cóndilo femoral externo.
PRISMA	Lista de comprobación estructurada con 27 ítems, cuya finalidad es establecer el orden que debe de seguir la presentación de un metaanálisis o revisión sistemática con la finalidad de mejorar su calidad.
Tendones isquiotibiales	También llamados tendones de la corva. Son 3 tendones: semitendinoso, semimembranoso y recto interno (grácil).
Terminaciones de Ruffini	Receptores sensoriales situados en la piel, perciben los cambios de temperatura relacionados con el calor y registran su estiramiento.

Termino MESH	<p>Son los encabezamientos de materia médicos o descriptores en ciencias de la salud que forman parte del vocabulario controlado elaborado por la National Library of Medicine de Estados Unidos.</p>
---------------------	---



BIBLIOGRAFÍA.

¹Kennedy JC, Weinberg HW, Wilson AS. The anatomy and function of the anterior cruciate ligament: as determined by clinical and morphological studies. *J Bone Joint Surg (Am)* 1974; 56-A:223-5.

² Fuss F. The restraining function of the cruciate ligaments on hyperextension and hyperflexion in the human knee joint. *Anat Rec* 1991; 230:283-9.

³ Zantop T, Petersen W, Sekiya JK, Musahl V, Fu FH. Anterior cruciate ligamento anatomy and function relating to anatomical reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006; 14:982-92.

⁴ Steckel H, Starman JS, Baums MH, Klinger HM, Schultz W, Fu FH. Anatomy of the anterior cruciate ligamento double bundle structure: a macroscopic evaluation. *Scand J Med Sci Sports* 2007; 17:387-92.

⁵ Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg (Am)* 1985; 67-A:257-62.

⁶ Noyes FR, Butler DL, Grood ES, Zernicke RF, Hefzy MS. Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. *J Bone Joint Surg (Am)* 1984; 66-A:344-52.

⁷ Maestro A, Álvarez A, del Valle M, Rodríguez L, García P, Fernández Lombardía J. Inserciones del LCA. Aplicación a la técnica del doble fascículo con monotúnel tibial. *Rev Española Traumatol*

⁸ Siebold R, Ellerrt T, Metz S, Metz J. Femoral insertion of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament: morphometry and arthroscopic orientation models for double-bundle bone tunnel placement. A cadaver study. *Arthroscopy* 2008; 24:585-92.

⁹ Ferretti M, Ekdahl M, Shen W, Fu FH. Osseous landmarks of the femoral attachment of the anterior cruciate ligament: an anatomic study. *Arthroscopy* 2007; 23:1218-25.

¹⁰ Purnell ML, Larson AI, Clancy W. Anterior cruciate ligamento insertions on the tibia and fémur and their relationships to critical bony landmarks using high-resolution volumen-rendering computed tomography. *Am J Sports Med* 2008; 36:2083-90.

-
- ¹¹ Kobayashi S, Baba H, Uchida K, Negoro K, Sato M, Miyazaki T, et al. Microvascular system of anterior cruciate ligament in dogs. *J Orthop Res* 2006; 24:1509-20.
- ¹² Zimny ML, Schutte M, Dabezies E. Mechanoreceptors in the human anterior cruciate ligament. *Anat Rec* 1986; 214:204-8.
- ¹³ Schutte MJ, Dabezies EJ, Zimny ML, Happel LT. Neural anatomy of the human anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg (Am)* 1987; 69-A:243-8.
- ¹⁴ Grood ES, Noyes FR. Cruciate ligament prosthesis: strength, creep, and fatigue properties. *J Bone Joint Surg (Am)* 1976; 58-A:1083-8.
- ¹⁵ Piziali RL, Seering WP, Nagel DA, Shurman DJ. The function of the primary ligament of the knee in anterior-posterior and medial-lateral motion. *J Biomech* 1980; 13:777-84.
- ¹⁶ Kurosawa H, Yamakoshi K, Yasuda K, Sasaki, T. Simultaneous measurements of changes in length of the cruciate ligaments during knee motion. *Clin Orthop Rel Res* 1991, 265:233-40.
- ¹⁷ Poliacu-Prose L, Kriek HR, Schurink CAM, Lohman AHM. The attachments and length pattern of the anterior and posterior cruciate ligaments in man. 7. Arbeitstagung der Anatomischen Gesellschaft. Würzburg, 1988.
- ¹⁸ Gornitzky AL, Lott A, Yellin JL, et al. Sport-specific yearly risk and incidence of anterior cruciate ligament tears in high school athletes: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med* 2015.
- ¹⁹ Risberg MA, Lewek M, Snyder-Mackler L. A systematic review of evidence for anterior cruciate ligament rehabilitation: how much and what type? *Phys Ther Sport* 2004;5:125–45.
- ²⁰ Joseph AM, Collins CL, Henke NM, et al. A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. *J Athl Train* 2013;48: 810–7.
- ²¹ Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med* 1995;23:694–701.
- ²² Wright RW, Dunn WR, Amendola A, et al. Risk of tearing the intact anterior cruciate ligament in the contralateral knee and rupturing the anterior cruciate ligament graft during the first 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective MOON cohort study. *Am J Sports Med* 2007;35:1131–4.

-
- ²³ Hewett TE, Myer GD, Ford KR, et al. The 2012 ABJS Nicolas Andry Award: the sequence of prevention: a systematic approach to prevent anterior cruciate ligament injury. *Clin Orthop Relat Res* 2012;470:2930–40.
- ²⁴ Kaeding CC, Pedroza AD, Reinke EK, et al. Risk factors and predictors of subsequent ACL injury in either knee after ACL reconstruction: prospective analysis of 2488 primary ACL reconstructions from the MOON Cohort. *Am J Sports Med* 2015;43:1583–90.
- ²⁵ Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med* 2007;35: 359–67.
- ²⁶ Hewett TE, Myer GD, Ford KR, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes a prospective study. *Am J Sports Med* 2005;33:492–501.
- ²⁷ Imwalle LE, Myer GD, Ford KR, et al. Relationship between hip and knee kinematics in athletic women during cutting maneuvers: a possible link to noncontact anterior cruciate ligament injury and prevention. *J Strength Cond Res* 2009;23: 2223.
- ²⁸ Yu B, Garrett WE. Mechanisms of non-contact ACL injuries. *Br J Sports Med* 2007;41:i47–51.
- ²⁹ McLean SG, Huang X, van den Bogert AJ. Association between lower extremity posture at contact and peak knee valgus moment during sidestepping: implications for ACL injury. *Clin Biomech* 2005;20:863–70.
- ³⁰ Terry M. Campbell's operative orthopedics. *JAMA* 2009;301:329–30.
- ³¹ Wagemakers HP, Luijsterburg PA, Boks SS, et al. Diagnostic accuracy of history taking and physical examination for assessing anterior cruciate ligament lesions of the knee in primary care. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91:1452–9.
- ³² Benjaminse A, Gokeler A, van der Schans CP. Clinical diagnosis of an anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006;36: 267–88.
- ³³ Shea KG, Carey JL. Management of anterior cruciate ligament injuries: evidencebased guideline. *J Am Acad Orthop Surg* 2015;23:e1–5.
- ³⁴ Lee JK, Yao L, Phelps CT, et al. Anterior cruciate ligament tears: MR imaging compared with arthroscopy and clinical tests. *Radiology* 1988;166:861–4.

-
- ³⁵Kosaka M, Nakase J, Toratani T, et al. Oblique coronal and oblique sagittal MRI for diagnosis of anterior cruciate ligament tears and evaluation of anterior cruciate ligament remnant tissue. *Knee* 2014;21:54–7.
- ³⁶ Van Dyck P, Vanhoenacker FM, Lambrecht V, et al. Prospective comparison of 1.5 and 3.0-T MRI for evaluating the knee menisci and ACL. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95:916–24.
- ³⁷Sanders TL, Pareek A, Kremers HM, et al. Long-term follow-up of isolated ACL tears treated without ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25:493–500.
- ³⁸ Reinhardt KR, Hetsroni I, Marx RG. Graft selection for anterior cruciate ligament reconstruction: a level I systematic review comparing failure rates and functional outcomes. *Orthop Clin North Am.* 2010;41:249–262.
- ³⁹Jones KG. Reconstruction of the anterior cruciate ligament. A technique using the central one-third of the patellar ligament. *J Bone Joint Surg Am.* 1963;45:925–932.
- ⁴⁰ West RV, Harner CD. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005;13:197–207.
- ⁴¹ Persson A, Fjeldsgaard K, Gjertsen JE, et al. Increased risk of revision with hamstring tendon grafts compared with patellar tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction: a study of 12,643 patients from the Norwegian Cruciate Ligament Registry, 2004-2012. *Am J Sports Med.* 2014;42:285–291.
- ⁴² Gabler CM, Jacobs CA, Howard JS, et al. Comparison of graft failure rate between autografts placed via an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction technique: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Am J Sports Med.* 2016;44: 1069–1079.
- ⁴³ Papageorgiou CD, Kostopoulos VK, Moebius UG, et al. Patellar fractures associated with medial-third bone-patellar tendon-bone autograft ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2001;9:151–154.
- ⁴⁴ Lee GH, McCulloch P, Cole BJ, et al. The incidence of acute patellar tendon harvest complications for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2008;24:162–166.

-
- ⁴⁵Thompson SM, Salmon LJ, Waller A, et al. Twenty-year outcome of a longitudinal prospective evaluation of isolated endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon or hamstring autograft. *Am J Sports Med.* 2016;44: 3083–3094.
- ⁴⁶ Conte EJ, Hyatt AE, Gatt CJ Jr, et al. Hamstring autograft size can be predicted and is a potential risk factor for anterior cruciate ligament reconstruction failure. *Arthroscopy.* 2014;30: 882–890.
- ⁴⁷ Spragg L, Chen J, Mirzayan R, et al. The effect of autologous hamstring graft diameter on the likelihood for revision of anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2016;44:1475–1481.
- ⁴⁸ Snaebjornsson T, Hamrin Senorski E, Ayeni OR, et al. Graft diameter as a predictor for revision anterior cruciate ligament reconstruction and KOOS and EQ-5D values: a cohort study from the Swedish National Knee Ligament Register based on 2240 patients. *Am J Sports Med.* 2017;45:2092–2097.
- ⁴⁹ Mohammadi F, Salavati M, Akhbari B, et al. Comparison of functional outcome measures after ACL reconstruction in competitive soccer players: a randomized trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95:1271–1277.
- ⁵⁰ Feller JA, Webster KE. A randomized comparison of patellar tendon and hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2003;31:564–573.
- ⁵¹ Rodeo SA, Kawamura S, Kim HJ, et al. Tendon healing in a bone tunnel differs at the tunnel entrance versus the tunnel exit: an effect of graft-tunnel motion? *Am J Sports Med.* 2006;34: 1790–1800.
- ⁵² Slone HS, Romine SE, Premkumar A, et al. Quadriceps tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: a comprehensive review of current literature and systematic review of clinical results. *Arthroscopy.* 2015;31:541–554.
- ⁵³ Kim SJ, Kumar P, Oh KS. Anterior cruciate ligament reconstruction: autogenous quadriceps tendon-bone compared with bone-patellar tendon-bone grafts at 2-year follow-up. *Arthroscopy.* 2009;25:137–144.
- ⁵⁴ Lund B, Nielsen T, Faunø P, et al. Is quadriceps tendon a better graft choice than patellar tendon? A prospective randomized study. *Arthroscopy.* 2014;30:593–598.

-
- ⁵⁵ Cavaignac E, Coulin B, Tscholl P, et al. Is quadriceps tendon autograft a better choice than hamstring autograft for anterior cruciate ligament reconstruction? A comparative study with a mean follow-up of 3.6 years. *Am J Sports Med.* 2017;45:1326–1332.
- ⁵⁶ Kim HS, Seon JK, Jo AR. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Relat Res* 2013;25(04): 165–173
- ⁵⁷ Kaeding CC, Léger-St-Jean B, Magnussen RA. Epidemiology and diagnosis of anterior cruciate ligament injuries. *Clin Sports Med* 2017;36(01):1–8
- ⁵⁸ Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, Webster KE. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and metaanalysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *Br J Sports Med* 2014;48(21):1543–1552
- ⁵⁹ Thomas S, Bhattacharya R, Saltikov JB, et al. Influence of anthropometric features on graft diameter in ACL reconstruction. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2013;133(2):215e218.
- ⁶⁰ Conte EJ, Hyatt AE, Gatt CJ Jr, Dhawan A. Hamstring autograft size can be predicted and is a potential risk factor for anterior cruciate ligament reconstruction failure. *Arthroscopy* 2014;30(07):882–890
- ⁶¹ Magnussen RA, Lawrence JT, West RL, Toth AP, Taylor DC, Garrett WE. Graft size and patient age are predictors of early revision after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring autograft. *Arthroscopy* 2012;28(04):526–531
- ⁶² Park SY, Oh H, Park S, Lee JH, Lee SH, Yoon KH. Factors predicting hamstring tendon autograft diameters and resulting failure rates after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;21(05):1111–1118
- ⁶³ Mariscalco MW, Flanigan DC, Mitchell J, et al. The influence of hamstring autograft size on patient-reported outcomes and risk of revision after anterior cruciate ligament reconstruction: a Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) Cohort Study. *Arthroscopy* 2013;29(12):1948–1953
- ⁶⁴ Chiba D, Tsuda E, Sasaki S, Liu X, Ishibashi Y. Anthropometric and skeletal parameters predict 2-strand semitendinosus tendon size in double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop J Sports Med* 2017;5(08):2325967117720148

-
- ⁶⁵ Goyal S, Matias N, Pandey V, Acharya K. Are pre-operative anthropometric parameters helpful in predicting length and thickness of quadrupled hamstring graft for ACL reconstruction in adults? A prospective study and literature review. *Int Orthop* 2016;40(01):173–181
- ⁶⁶ Chan KW, Kaplan K, Ong CC, Walsh MG, Schweitzer ME, Sherman OH. Using magnetic resonance imaging to determine preoperative autograft sizes in anterior cruciate ligament reconstruction. *Bull NYU Hosp Jt Dis* 2012;70(04):241–245
- ⁶⁷ An VVG, Scholes C, Mhaskar VA, Parker DA, Fritsch BA. Regression modelling combining MRI measurements and patient anthropometry for patient screening and prediction of graft diameter in hamstring autograft arthroscopic ACL reconstruction. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol* 2017;8:24–31
- ⁶⁸ Galanis N, Savvidis M, Tsifountoudis I, et al. Correlation between semitendinosus and gracilis tendon cross-sectional area determined using ultrasound, magnetic resonance imaging and intraoperative tendon measurements. *J Electromyogr Kinesiol* 2016; 26:44–51
- ⁶⁹ Hamada M, Shino K, Mitsuoka T, Abe N, Horibe S. Cross-sectional area measurement of the semitendinosus tendon for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 1998;14(07): 696–701
- ⁷⁰ Kupczik F, Tauscheck LO, Schiavon ME, Sbrissia B, Ertlund LS, Alves RA. Prediction of flexor tendon graft diameter in reconstruction of the anterior cruciate ligament by means of magnetic resonance imaging. *Rev Bras Ortop* 2016;51(04):405–411
- ⁷¹ Serino J, Murray R, Argintar EH. Use of magnetic resonance imaging to predict quadrupled semitendinosus graft diameter in all-inside anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopedics* 2017;40(04):e617–e622
- ⁷² Wernecke G, Harris IA, Houang MT, Seeto BG, Chen DB, Mac-Dessi SJ. Using magnetic resonance imaging to predict adequate graft diameters for autologous hamstring double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2011;27 (08):1055–1059
- ⁷³ Beyzadeoglu T, Akgun U, Tasdelen N, Karahan M. Prediction of semitendinosus and gracilis autograft sizes for ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012;20(07): 1293–1297

⁷⁴ Zakko P, van Eck CF, Guenther D, Irrgang JJ, Fu FH. Can we predict the size of frequently used autografts in ACL reconstruction? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017;25(12):3704–3710

⁷⁵ Erquicia JI, Gelber PE, Doreste JL, Pelfort X, Abat F, Monllau JC. How to improve the prediction of quadrupled semitendinosus and gracilis autograft sizes with magnetic resonance imaging and ultrasonography. *Am J Sports Med* 2013;41(08):1857–1863

⁷⁶ Leiter J, Elkurbo M, McRae S, Chiu J, Froese W, MacDonald P. Using pre-operative MRI to predict intraoperative hamstring graft size for anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017;25(01):229–235

⁷⁷ Grawe BM, Williams PN, Burge A, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction with autologous hamstring: can preoperative magnetic resonance imaging accurately predict graft diameter? *Orthop J Sports Med* 2016;4(05):2325967116646360

⁷⁸ Hollnagel K, Johnson BM, Whitmer KK, Hanna A, Miller TK. Prediction of Autograft Hamstring Size for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using MRI. *Clin Orthop Relat Res.* 2019;477(12):2677–84.

⁷⁹ Oliva Moya F, Sotelo Sevillano B, Vilches Fernández JM, Mantic Lugo M, Orta Chino J, Andrés García JA. Can we predict the graft diameter for autologous hamstring in anterior cruciate ligament reconstruction? *Rev Española Cirugía Ortopédica y Traumatol (English Ed [Internet].* 2020;64(3):145–50. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.recote.2020.03.009>

⁸⁰ Pérez-Mozas M, Payo-Ollero J, Montiel-Terrón V, Valentí-Nin JR, Valentí-Azcárate A. Preoperative prediction of autologous hamstring graft diameter in anterior cruciate ligament reconstruction. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol [Internet].* 2020;64(5):310–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.recot.2020.04.009>

⁸¹ Tahami, Seyed M, Reza Qashqae Mansoor, Journal I, Vol OS, No S, Mri PO. Pre Operative MRI Diameter Measurement of Semitendinosus Tendon Using for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Compared with the Diameter of the Radiological evaluation methods have also been used to predict the final diameter of the semitendinosus tendon for the anterior ligament product during surgery by MRI . May 2017. 2019;17(4):163–8.

⁸² Takeuchi S, Rothrauff BB, Taguchi M, Kanto R, Onishi K, Fu FH. In situ cross-sectional area of the quadriceps tendon using preoperative magnetic resonance imaging significantly

correlates with the intraoperative diameter of the quadriceps tendon autograft. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2021;29(3):742–9.

