



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA
DR ERNESTO RAMOS BOURS

T E S I S

**ANALISIS BIOMECANICO DE UNA TECNICA DE RECONSTRUCCION DEL
LIGAMENTO PATELOFEMORAL MEDIAL CON INJERTO DE CUADRICEPS
ANCLADO AL TENDON DEL ADUCTOR MAYOR**

QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD DE ORTOPEDIA

PRESENTA:
IVAN ROBERTO DAVILA CARDONA

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS:
DR. DAVID LOMELI ZAMORA
HOSPITAL GENERAL DE ESPECIALIDADES DEL ESTADO DE SONORA

COMITÉ TUTOR:
DR. EDGAR OMAR PEREZ GUTIERREZ
HOSPITAL GENERAL DE ESPECIALIDADES DEL ESTADO DE SONORA
DR. JUAN FRANCISCO ESQUER COTA
HOSPITAL GENERAL DE ESPECIALIDADES DEL ESTADO DE SONORA

Hermosillo Sonora; 30 de mayo de 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**GOBIERNO
DE SONORA**
SERVICIOS DE SALUD
DE SONORA



**HOSPITAL GENERAL
DE ESPECIALIDADES
DEL ESTADO DE SONORA**

SERVICIOS DE SALUD DE SONORA
HOSPITAL GENERAL DE ESPECIALIDADES
DEL ESTADO DE SONORA
División de Enseñanza e Investigación

DIVISIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN ÁREA DE INVESTIGACIÓN

FORMATO AIC 06 VOTO APROBATORIO DE CADA MIEMBRO DEL COMITÉ DE TESIS

Hermosillo Sonora a
16 de Junio del 2023

DR. JOSE FRANCISCO LAM FELIX
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN HOSPITAL GENERAL DEL ESTADO DE SONORA

A/A: COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Por medio de la presente hacemos constar que hemos revisado el trabajo del médico residente Iván Roberto Dávila Cardona de la especialidad de Ortopedia. Una vez revisado el trabajo y tras la evaluación del proyecto por medio de seminarios hemos decidido emitir nuestro voto aprobatorio para que el sustentante presente su investigación en su defensa de examen y pueda continuar con su proceso de titulación para obtener su grado de médico especialista.

Dr. David Lomelí Zamora
Director de tesis

Dr. Edgar Omar Pérez Gutiérrez
Asesor de tesis

Dr. Juan Francisco Esquer Cota
Asesor de tesis



**OFICIO DE LIBERACIÓN DE TESIS DE LA DIVISIÓN DE ENSEÑANZA E
INVESTIGACIÓN**

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de México.

A la Secretaria de Salud del Estado de Sonora.

A mi sede de trabajo, el Hospital General de Especialidades del Estado de Sonora

A mis maestros de la especialidad, por aplicar su tiempo y enseñanzas en mi formación como médico Ortopedista.

A los miembros de mi comité de tesis, por su valioso tiempo y dedicación.

A Fidel, Juan y Daniel, por ser los compañeros con los que conviví durante estos 4 años, se han convertido en mis hermanos y volvieron este viaje más ameno.

A mis compañeros residentes que se fueron y a los que se quedan, por todas esas risas, peleas, llantos, regaños, enseñanzas y consejos.

A los estudiantes del ITH que me ayudaron con la construcción de la máquina para realizar las pruebas.

A mi familia, por creer en mí y apoyarme durante toda mi vida y en cada una de mis decisiones.

DEDICATORIA

A mis padres María y Roberto.

INDICE

RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	10
OBJETIVOS	12
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS PARTICULARES	12
HIPÓTESIS CIENTÍFICA	13
MARCO TEÓRICO	14
MATERIALES Y MÉTODOS	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
CONCLUSIONES	41
LITERATURA CITADA	42

RESUMEN

La inestabilidad patelar (IP) es una condición donde la patela pierde su congruencia articular, sea parcial o completamente, del surco patelofemoral. Se estima una incidencia global de 5-7 por cada 100,000 personas, pero en el grupo de los 10 – 17 años puede ser tan alta como 29 por cada 100,000 personas. Existen múltiples opciones de tratamiento para tratar la IP, actualmente, la reconstrucción aislada del LPFM es considerado el estándar de oro para tratar aquellos pacientes con IP sin factores óseos asociados. Se utilizaron 6 modelos cadavéricos fijos a una flexión de 20 grados y un pistón de doble acción montado que permitía una tracción lateral de la patela con una fuerza de 30N durante 3000 ciclos, se utilizaron clavos Kirchner y chinchetas fijas a cierta distancia para medir el desplazamiento tras la finalización de la prueba. Se determinó también si existía fallo de la técnica tras la aplicación de la carga máxima permitida por el compresor. No se observaron roturas macroscópicas en el injerto ni en las suturas al finalizar las pruebas en cada uno de los modelos. Solo el modelo “E5” mostró un desplazamiento mayor a 2mm en la medición realizada en la porción patelar del injerto (4mm), solo “E5” y “E3” mostraron un desplazamiento de 1mm en la medición realizada en la porción femoral. El resto de especímenes no mostraron desplazamiento en ninguna de las mediciones tras finalizar la prueba. No se alcanzó la carga catastrófica al aplicar cargas 2.5 veces la carga máxima a la que es sometido el LPFM en vivo. Se concluyen que la técnica de reconstrucción dinámica del LPFM es factible de realizar y fácilmente reproducible. Esta técnica soporta el periodo de rehabilitación determinado por los ciclos y las fuerzas a la que fue sometido el constructo. Esta técnica soporta 2.5 veces el esfuerzo normal a la que es sometido este ligamento, lo que aseguraría la supervivencia del constructo durante un periodo de rehabilitación.

INTRODUCCIÓN

La inestabilidad patelar (IP) es una condición donde la patela pierde su congruencia articular, sea parcial o completamente, del surco patelofemoral. Se estima una incidencia global de 5-7 por cada 100,000 personas, pero en el grupo de los 10 – 17 años puede ser tan alta como 29 por cada 100,000 personas. (P. Thompson, 2019)

Actualmente existen un sinnúmero de opciones terapéuticas para el tratamiento de la inestabilidad patelar, desde múltiples osteotomías en diferentes niveles hasta diversos procedimientos en tejidos blandos, todas estas técnicas han demostrado ser de utilidad variable presentando resultados clínicos que van desde lo regular a lo excelente.

El ligamento patelofemoral medial se reconoce como el principal estabilizador de la traslación lateral de la rótula proveyendo el 50-60% de la resistencia contra el desplazamiento lateral durante los 0 – 30° grados de flexión, actualmente se reconoce como el tratamiento de elección para la inestabilidad patelar recurrente en aquellos pacientes donde predomina la alteración en los tejidos blandos sin factores óseos predisponentes (Luczak, S, 2021).

Se presenta en este trabajo una técnica de reconstrucción del ligamento patelofemoral medial para establecer la congruencia de la articulación patelofemoral y brindar soporte durante los primeros grados de flexión, existen algunos estudios clínicos donde se presenta esta técnica como un tratamiento costo-efectivo para el tratamiento de la inestabilidad patelar en ausencia de factores óseos predisponentes. Sin embargo, no existen estudios biomecánicos que demuestren que esta técnica resista las cargas fisiológicas a las que está sometido el ligamento patelofemoral in vivo.

Se diseñó un dispositivo para poner a prueba esta técnica de reconstrucción. Dicha técnica tiene la ventaja de que es considerada una técnica dinámica la cual permite un encarrilamiento patelofemoral más fisiológico. Será sometida a 30N de tracción lateral durante 3000 ciclos simulando un protocolo de rehabilitación estándar aplicado a las técnicas de reconstrucción del ligamento patelofemoral medial.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Se ha encontrado que la ruptura completa del LPFM está presente hasta en el 100% de los casos después del primer episodio de luxación patelofemoral y la ausencia de su función condiciona una inestabilidad patelofemoral que causa dolor, incapacidad y puede llevar a una artrosis temprana de dicha articulación.

Actualmente no se recomienda la reparación del LPFM para el tratamiento de la IP, ya que esta lleva a mayores tasas de fallo en comparación con la plastia del mismo. (Zhao, J. 2012) (Hurley, E.T. 2021). La reconstrucción (plastia) del LPFM ha ganado auge en las últimas 2 décadas como cirugía para recuperar el encarrilamiento patelofemoral y actualmente su reconstrucción aislada es el tratamiento de elección en pacientes con inestabilidad patelofemoral en ausencia de factores óseos predisponentes.

No existe una técnica que sea superior a las demás para la reconstrucción del LPFM. Por el contrario, el tipo de injerto a utilizar, las dimensiones del injerto, los grados de flexión en los que se debe realizar el procedimiento, el sitio anatómico para la fijación del injerto tanto en la patela como en el fémur, la tensión que se debe aplicar al injerto y los implantes a utilizar son algunos de los puntos que siguen causando controversia a la hora de elegir una técnica de reconstrucción apropiada.

Existen estudios biomecánicos (Herbort, M., 2014) que nos han permitido conocer las propiedades del LPFM en modelos cadavéricos. Así mismo, se han estudiado y probado diversas técnicas de reconstrucción estáticas que nos han permitido demostrar que se asegura el correcto encarrilamiento patelofemoral y que resisten las fuerzas a la que es sometido dicho ligamento en el vivo.

Dado la limitada cantidad de estudios clínicos y ante la no existencia de estudios biomecánicos, al probar esta técnica de reconstrucción dinámica del LPFM en modelos cadavéricos de rodilla bajo un ambiente controlado en laboratorio podremos determinar que es suficiente para asegurar el encarrilamiento patelofemoral durante un periodo equivalente al protocolo de rehabilitación que permitirá la cicatrización del ligamento.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar si la plastia del LPFM mediante esta técnica dinámica es suficiente para estabilizar la patela bajo las sollicitaciones a las que está sometida el LPFM en vivo.

OBJETIVOS PARTICULARES

Al aplicar una fuerza determinada a esta técnica de reconstrucción se busca:

- Determinar la carga catastrófica
- Determinar si la reconstrucción soporta 30N durante 3000 ciclos
- Determinar el sitio anatómico de la ruptura tras la carga catastrófica
- Determinar si existe desplazamiento sobre el tendón del aductor mayor al finalizar la aplicación de cargas

HIPÓTESIS CIENTÍFICA

Si se reconstruye el LPFM con injerto de cuádriceps y se le aplica una carga transversal de 30 newtons durante 3000 ciclos en 6 especímenes cadavéricos de rodilla resistirán las suturas de la plastia.

MARCO TEÓRICO

La inestabilidad patelar (IP) es una condición donde la patela pierde su congruencia articular, sea parcial o completamente, del surco patelofemoral. Se estima una incidencia global de 5-7 por cada 100,000 personas, pero en el grupo de los 10 – 17 años puede ser tan alta como 29 por cada 100,000 personas. (P. Thompson, 2019)

La IP se caracteriza por episodios de luxación o subluxación de la rótula sobre el surco troclear, esta lesión ocurre más comúnmente en mujeres jóvenes y aproximadamente en más del 70% de los casos tienen lugar durante la participación en actividades deportivas. La mayoría de las luxaciones patelares ocurren durante un mecanismo indirecto cuando la rodilla está sujeta a un estrés en valgo durante la extensión de la misma y con el pie fijo en el piso, existiendo un mecanismo de pivote. (Drapeau-Zgoralski, V. 2023)

Una articulación patelofemoral estable está determinada por la congruencia de las superficies óseas y la alineación y rotación de la articulación, esta es estabilizada por contribuidores dinámicos y estáticos, definidos por uniones ligamentosas y musculares. La superficie articular de la patela consiste en una faceta lateral y medial, se parados por una cresta central. La morfología troclear confiere estabilidad a la articulación patelofemoral e incluye pequeños cambios en profundidad y en su anchura durante la trayectoria del movimiento patelofemoral. El acoplamiento de la patela en la tróclea empieza aproximadamente a los 20 grados de flexión, progresando hasta aproximadamente los 90 grados. El Ligamento patelofemoral medial (LPFM) provee la mayor estabilización estática a la traslación lateral de la patela, predominantemente durante la extensión completa, siendo esta del 72% y disminuyendo

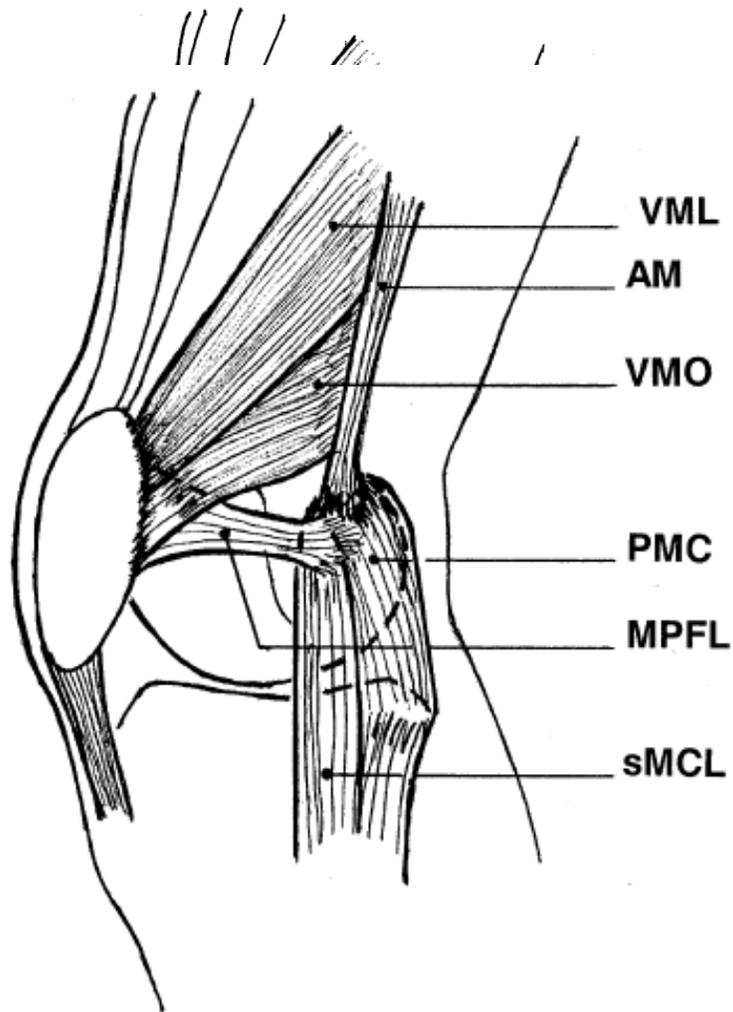
hasta el 50 – 60% hasta que la patela encaja en el surco troclear. (Drapeau-Zgoralski, V. 2023)

El desarrollo de la IP puede caer en dos categorías: aquella relacionada con anomalías óseas (displasia troclear, lateralización del tubérculo tibial, patela alta, malrotación del fémur y/o tibia, hipoplasia del cóndilo femoral lateral, etc.), y relacionada con tejidos blandos (hipoplasia del vasto medial oblicuo (VMO), sobre tracción de la banda iliotibial o el vasto lateral, lesión LPFM, etc.). (D.S. Johnson, 2019).

El manejo conservador continúa siendo la primera línea de tratamiento después del primer episodio de luxación de patela, particularmente después de un traumatismo. (Liu, J. N, 2017). Sin embargo, la tasa de recurrencia varía de un 15-44% después del primer episodio y al menos 50% de recurrencia después de una segunda luxación. (P. Thompson, 2019).

Existen una gran variedad de técnicas quirúrgicas, tanto óseas como de tejidos blandos, para la realineación de la articulación patelofemoral. Alegando que la tracción de las estructuras laterales de la rodilla aunado a una insuficiencia de las estructuras de la región medial de la rodilla eran las causantes de una pérdida del encarrilamiento de la patela sobre el surco troclear, durante muchos años, la liberación del retináculo lateral fue uno de los procedimientos más comúnmente realizados para la corrección de la IP. Fue Lattermann en el 2007 quien concluyó que esta técnica tenía pobres resultados clínicos a largo plazo y su aplicación ha caído en desuso en los últimos años como procedimiento aislado y se ha utilizado más en otras patologías o asociado a otros procedimientos quirúrgicos como la medialización del tubérculo tibial o la reconstrucción del ligamento patelofemoral medial. (Lattermann, C, 2007) (Malatray, M., 2018)

El ligamento patelofemoral medial es una de los múltiples ligamentos que rodean la patela, fue descrito por Kaplan en 1957 como un reforzamiento transversal entre la base de la patela y el tendón de la cabeza medial del gastrocnemio, (Kaplan, 1957), fue hasta 1979 cuando Warren y sus colaboradores describieron 3 capas en la región antero-medial de la rodilla, acuñando el nombre de LPFM y describiéndolo en la segunda de estas tres capas (Warren, 1979).



Relación del Ligamento patelofemoral medial (MPFL) con otras estructuras. Vasto medial oblicuo (VML). Tendón del aductor mayor (AM). Vasto medial oblicuo (VMO). Capsula posteromedial (PMC). Banda superficial del ligamento colateral medial (sMCL). (Amis, A.,2003)

Dimensiones del Ligamento Patelofemoral Medial (mm)

	Minimo	Maximo	Media (\pm SD)
Ancho de PI	16.0	38.8	27.9 (\pm 6,4)
Ancho de FI	10.0	28.8	17.1 (\pm 6,0)
Ancho de MP	14.0	27.5	20.2 (\pm 4,7)
Longitud	46.0	58.0	55.6 (\pm 2,9)

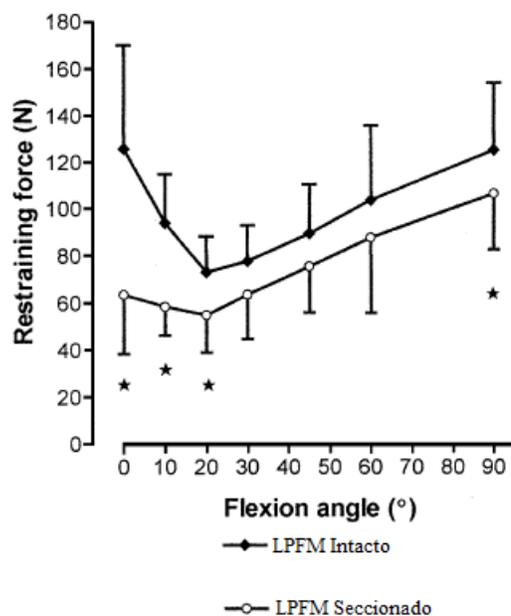
PI: Inserción patelar; FI: inserción femoral; MP: porción media

(Aragão, J. A. 2008)

Se han realizado múltiples disecciones cadavéricas que han permitido esclarecer la anatomía del LPFM, se describe como un ligamento que tiene aproximadamente 19mm de anchura (10 – 30mm), 53mm de largo (45 – 64mm), se origina entre el tubérculo aductor y el epicóndilo medial en el fémur y se inserta en los 2/3 proximales de la patela en el 56% de los casos, en el 1/3 proximal en el 41% y en el 1/3 distal en el 2%. Se encuentra en íntima relación con el VMO y se teoriza que ambos contribuyen de manera importante a la estabilidad medial de la articulación patelofemoral. (Krebs, C.,2018) (Tuxøe, J., 2002) (Aframian, A., 2016)

Actualmente se reconoce como el principal estabilizador de la traslación lateral de la rótula proveyendo el 50-60% de la resistencia contra el desplazamiento lateral durante los 0 – 30° grados de flexión. Su lesión ocurre más comúnmente por un mecanismo traumático indirecto, típicamente cuando el pie está en rotación externa en el suelo y existe una rotación interna del muslo con la rodilla flexionada en valgo. Se ha observado que tras el primer episodio de

luxación patelar el 94-100% de las personas presentan lesión de dicho ligamento. (Krebs, C., 2018).



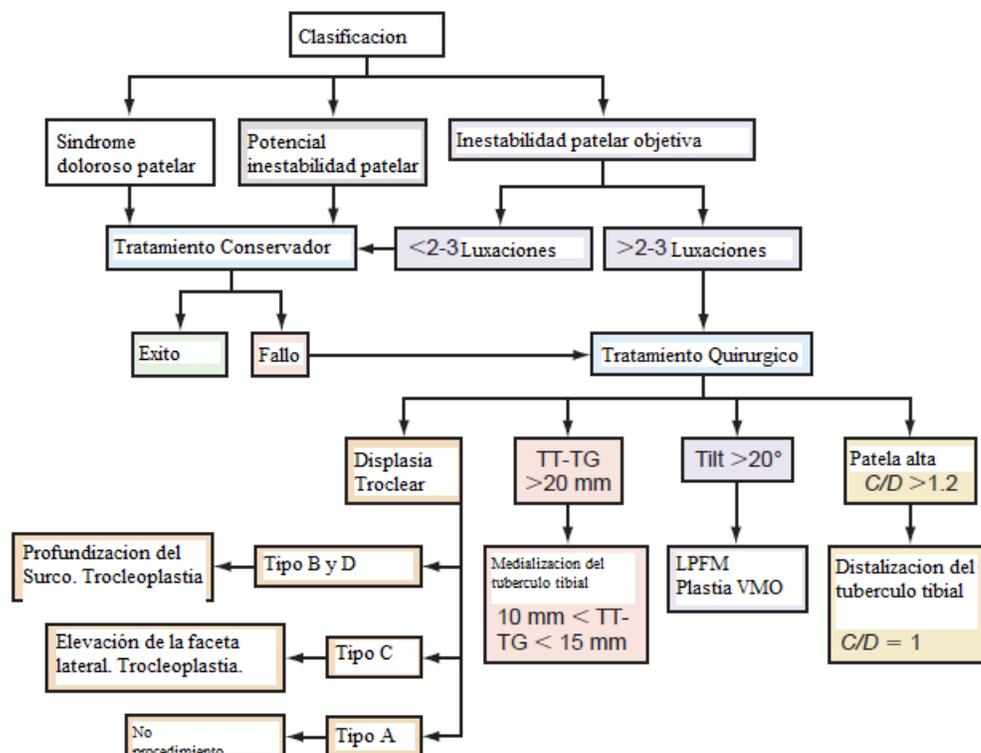
Grafica de la fuerza de desplazamiento lateral de la rótula con un desplazamiento de 10mm para una rodilla intacta con 175N de tensión del cuádriceps, después de seccionar el LPFM. La caída entre las 2 curvas muestra que la contribución del LPFM fue mayor durante la rodilla extendida y en los primeros 20 grados de flexión. *diferencia significativa. (Amis, A.,2003)

Existen varios estudios que han descrito las propiedades biomecánicas del ligamento patelofemoral nativo, Nomura y Hautamaa, encontraron que al aplicar fuerzas de 10 y 22 N la patela se trasladaba 6 y 9 mm respectivamente, al cortarse el LPFM este aumentaba a 13 y 14mm hacia lateral, lo suficiente para luxar la rótula del surco troclear (Amis, A.,2003). Algunas otras de sus propiedades han sido probadas en diferentes estudios como la rigidez

(29.4 N/mm), el rendimiento de carga (167.8 N) y la carga máxima (190 N). (Herbort, M, 2014).

La cirugía para tratar la IP consiste en la corrección de los factores que predisponen al incorrecto encarrilamiento de la patela en el surco troclear, por lo tanto, el tratamiento de esta patología debe ser individualizado a cada caso en particular, sabiendo identificar las anomalías que pueden llegar a causar una inestabilidad. Un aumento en la distancia entre la tuberosidad tibial – surco troclear puede indicar la necesidad de una osteotomía y medialización del tubérculo tibial. La liberación del retináculo lateral era antes recomendada para el tratamiento de la IP pero actualmente se reconoce que al realizarse existe un “maltracking” iatrogénico y solo se recomienda realizarse en casos donde se identifica un síndrome de hiperpresión lateral de la patela. Entre otros procedimientos óseos se reconocen la trocleo-plastia, las osteotomías femorales rotadores y el tratamiento de las lesiones osteocondrales, cada una de ellas teniendo sus indicaciones dependiendo de las características que se encuentre en el paciente. (Drapeau-Zgoralski, V. 2023).

Algoritmo para el tratamiento de la inestabilidad patelar (Insall. 2018)



Durante algún tiempo la reparación del LPFM fue el tratamiento de elección cuando se encontraba lesionado, Hurley y sus colaboradores realizaron un metaanálisis con 13 ensayos clínicos aleatorizados comparando la reconstrucción del LPFM, su reparación o el tratamiento no quirúrgico. Encontraron que el puntaje de Kujala era significativamente mejor en los pacientes a los que se les realizaba una reconstrucción vs aquellos en los que el LPFM se reparaba, presentando unas tasas de recurrencia del 25.7% en el grupo de reparación vs 2.7% en el grupo de reconstrucción. (Hurley, E.T. 2021). Esto concuerda con los resultados encontrados con Zhao y sus colaboradores, quienes hallaron una tasa de fallo del 25.6% en el grupo de reparación vs 8.9% en el grupo de reconstrucción. (Zhao, J. 2012).

La reconstrucción (plastia) del ligamento patelofemoral medial ha ganado auge en las últimas dos décadas y actualmente se reconoce como el estándar de oro para el tratamiento de la IP recurrente en aquellos pacientes donde predomina la inestabilidad por alteración en los tejidos blandos sin factores óseos predisponentes. (Luczak, S, 2021) (Aframian, A., 2016)

Existen muchísimas técnicas para la reconstrucción de dicho ligamento, todas con el mismo objetivo de realinear la patela en el surco troclear y todas buscando emular las propiedades biomecánicas nativas del LPFM. Según una revisión sistemática reciente encontraron que el 92.8% de los pacientes tratados con reconstrucción del LPFM habían sido capaces de regresar a los deportes, además 73.1% de los pacientes regresaron o sobrepasaron su nivel de actividad preoperatoria. La tasa de complicaciones es de aproximadamente 8.8% siendo la inestabilidad la más común (1.9%). (Platt BN, 2022).

Una de las técnicas que ha ganado auge en los últimos tiempos es la reconstrucción del LPFM con injerto autólogo de cuádriceps. Wertheimer y sus colaboradores realizaron un estudio en el que compararon las propiedades biomecánicas injerto de cuádriceps vs injerto de tendón gracillis, utilizaron 16 modelos cadavéricos donde se tomaron dichos injertos y los sometieron a prueba con una máquina de tracción axial, se realizó una comparación entre la fuerza máxima, la fuerza tensil, la elongación, la rigidez y el módulo elástico, concluyendo que el injerto de cuádriceps tiene propiedades biomecánicas más similares a las del LPFM nativo. (Wertheimer, V., 2021)

Steensen y Noyes fueron los primeros en publicar estudios con este tipo de técnica, en ella se tomaba un injerto de aproximadamente 70 x 8 x 3mm de la porción central del cuádriceps, se diseccionaba subperiosticamente hasta el 40% del polo proximal de la patela, dicho injerto se plegaba y se dirigía al punto de inserción en el fémur donde Steensen lo aseguraba con

suturas transóseas y Noyes lo plegaba sobre el espesor del retináculo medial y lo suturaba al mismo. A nivel de la patela, el injerto pediculado era suturado con suturas no absorbibles al espesor de las estructuras mediales de la rodilla. (Steensen, R. N., 2005) (Noyes, F. R 2006)

Siguiendo a Steensen y su idea de preservar la inserción del cuádriceps en la patela, varios autores han realizado variaciones a la técnica. Entre estas se encuentran:

- Abordaje: abierto (línea media o paramedial) o mínimamente invasivo.
- Ubicación de la recolección del injerto: Central o medial
- Dimensiones del injerto: modificaciones en anchura, espesor y longitud
- Camino del injerto: Subcutáneo, sub-retinacular o subperióstico
- Técnica de fijación femoral: Sutura al hueso, partes blandas, tornillos de interferencia y anclas.

(Fink, C. 2018)

Fue Goyal y sus colaboradores quienes en 2013 describieron con mayor precisión la técnica descrita por Steensen, explicando las ventajas de utilizar el injerto de cuádriceps pediculado evitando así las complicaciones del uso de material para la fijación del injerto en la patela, utilizo un tornillo de interferencia para la fijación del injerto en el fémur en vez de las suturas descrita por los 2 autores previamente. Además de esto fue el primer autor que dio seguimiento a los pacientes sometidos a esta técnica y publico los buenos resultados clínicos obtenidos tras esta (Goyal, D., 2013).

Actualmente existen muchas controversias sobre la mejor forma de realizar la reconstrucción del LPFM, una de las más importantes es el método de fijación en el fémur. Schottle y sus colaboradores propusieron por primera vez una forma para localizar la

inserción femoral anatómico por medio de marcadores radiográficos. Su localización se basa en una radiografía lateral y se ubica 1mm anterior a la tangente de la corteza femoral posterior, 2.5mm distal a una línea perpendicular trazada en la parte inicial del cóndilo femoral medial y proximal a una línea perpendicular trazada a través de la parte más posterior de la línea de Blumensaat's. Otros autores simplemente se basan en ubicar el punto medio entre el epicóndilo medial y el tubérculo del tendón del aductor mayor. (Zhang, Y. 2022). Sin embargo, otros autores afirman que una fijación dinámica que no es 100% anatómica, provee una biomecánica más similar a la del LPFM nativo, un constructo menos rígido y la ventaja de no utilizar materiales para la fijación del injerto (Negrín, R., 2020).

La tensión en la fijación del injerto es otro punto controversial durante la reconstrucción del LPFM. Si el injerto es demasiado apretado puede provocar una subluxación medial durante la flexión de la rodilla, además puede existir una sobrecarga en la faceta medial de la rótula lo que conlleva a restricción del movimiento, desgaste prematuro y dolor anterior de rodilla. Por el contrario, una fijación demasiado laxa puede provocar una restricción rotuliana medial insuficiente y una inestabilidad lateral recurrente. Bicos propuso que el LPFM desempeñaba un papel como “rienda de caballo” y que este solo se encontraba tenso cuando la rótula estaba en un proceso de luxación (Bicos, J. 2007). Philippot, R(2012) estableció que la fijación del injerto a 10N restauraba la mecánica de la articulación patelofemoral, sin embargo sus estudios solo tensaban el cuádriceps a 10N por lo que no simulaban la tracción real del mismo en el vivo. Actualmente se acepta que una tensión de menos de 2N son suficientes para mantener la estabilidad de la articulación patelofemoral, mientras que tensiones de 10N o más provocan un aumento de la presión de contacto medial y la inclinación rotuliana hacia dicho lado. (Beck, P. L, 2007).

Hoy en día 2 autores han publicado sus resultados con injerto autólogo de cuádriceps pediculado y anclado al tendón del aductor mayor. Leal-Blanquet describió esta técnica y la utilizo para aquellos pacientes donde una reconstrucción previa del LPFM había fallado y la realización de una técnica anatómica no era posible, la describió de la siguiente manera:

El paciente se coloca en decúbito supino sobre la mesa con un soporte acolchado detrás de la rodilla para mantener una posición de flexión de 30. Se realiza una incisión en la cara anterior de la rodilla por encima del tendón del cuádriceps y otra en la cara medial de la rodilla alrededor del tendón de inserción del aductor mayor. Luego se identifica el tendón del aductor mayor y se disecciona en el sitio de inserción femoral. Se obtiene un ancho de 1 cm del tendón del cuádriceps en su porción medial en toda su longitud, pero solo en la mitad anterior superficial. Se debe tener cuidado para evitar el desprendimiento del tendón del cuádriceps en el polo superior de la rótula. Uno de los aspectos importantes a considerar para esta técnica es el tamaño del injerto. Como han descrito otros autores, el injerto debe tener aproximadamente 3 mm de grosor y 10 mm de ancho. La mayor preocupación es la longitud del injerto. Recomendamos añadir 2 cm a la distancia entre la inserción del tendón del cuádriceps y el tendón del aductor mayor. Esto dejará suficiente espacio para que el tendón del cuádriceps gire alrededor del tendón del aductor mayor. La longitud del autoinjerto del tendón del cuádriceps también debe ser suficiente para permitir las propiedades isométricas del injerto. Después de la extracción del injerto, se crea un plano de paso entre el vasto medial oblicuo y la cápsula articular hasta alcanzar el tendón del aductor mayor en la cara medial del fémur distal. El desarrollo de este plano permite que la longitud adecuada del injerto alcance el tendón del aductor mayor. Es importante evitar cualquier perforación de la cápsula articular de la rodilla al crear el plano de paso para el autoinjerto y evitar así la penetración

intraarticular. Luego se crea un lazo con el autoinjerto del tendón del cuádriceps alrededor del tendón del aductor mayor. Se recomienda colocar suturas reabsorbibles en la unión del autoinjerto de tendón cuádriceps en el borde lateral hasta el tercio superior de la rótula para evitar un ángulo muerto en el tendón y evitar su ruptura durante o después del procedimiento quirúrgico. Esta sutura también permite colocar el injerto en una posición más anatómica. Luego, el autoinjerto de cuádriceps se sutura en el tendón del aductor para evitar el corrimiento y sobre sí mismo en forma termino lateral con suturas absorbibles en el punto isométrico entre 0 y 90 de flexión de la rodilla. Sus resultados preliminares a 10 meses demostraron una ausencia de dolor y signos de inestabilidad (Leal-Blanquet, J., 2017). Romo-Rivera, incluyo 15 pacientes a los que se le realizo dicha técnica de manera primaria, estos fueron evaluados a los 6 meses, encontrándose mejoría en las escalas funcionales, sin datos de inestabilidad, sin dolor postoperatorio y regresando a sus actividades deportivas previas (Romo-Rivera J. 2022)

MATERIALES Y MÉTODOS

Taxonomía de la investigación

Diseño del estudio: Experimental básico.

Población y periodo de estudio

Se utilizaron 6 especímenes cadavéricos de rodilla obtenidos de los pacientes del Hospital General del Estado de Sonora durante mayo – junio del 2023

Criterios de selección de la muestra

Criterios de inclusión

- Especímenes de rodilla obtenidos del Hospital General del Estado
- Especímenes que se encuentren en congelador con menos de 72 horas desde su obtención.
- Especímenes de ambos sexos y edad entre 45-68 años.

Criterios de exclusión

- Especímenes con evidencia de cirugía previa en rodilla
- Especímenes con evidencia de infección en tejidos blandos

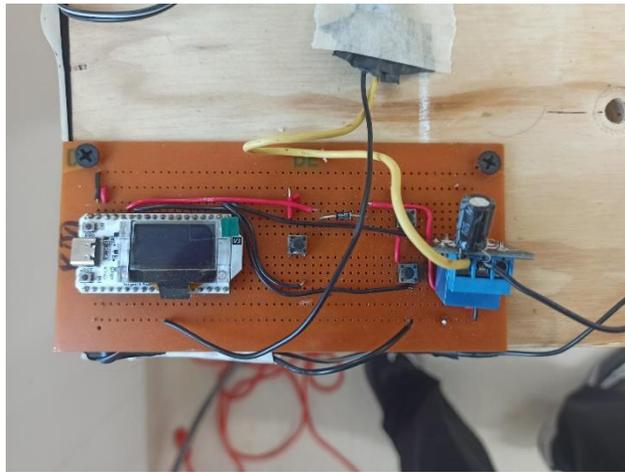
Recursos empleados

Recursos físicos

Computadora portátil

Cámara fotográfica (iPhone)

Arduino modulo SP32



Pistón de presión Modelo CG1BA32-150 22cm x 4cm x 4cm. Pres Max. 1.0 MPA



6 clavos Steinmann 1/8

6 suturas FiberWire #2 (6)

Compresor ProAir II Modelo PAFAC153-1



Tabla de madera de 120cm x 60cm x 4cm.

Tornillos de 4.0mm x 3 pulgadas

Arandelas y tuercas

Recursos humanos

Médico residente de cuarto año de Traumatología y Ortopedia

Dos estudiantes del último año de la carrera Ingeniería en Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Hermosillo

Tres médicos adscritos asesores de tesis

Una medico residente de primer año de Traumatología y Ortopedia (Dra. Jailine Porchas Ruiz).

Recursos financieros

Las necesidades financieras para la realización del protocolo de estudio fueron absorbidas enteramente por el médico residente y asesores a cargo de la investigación.

Descripción metodológica

Se diseccionaron 6 rodillas cadavéricas con menos de 72 horas desde su obtención de 6 pacientes a quienes se les había practicado amputación supracondílea. En todos ellos se encontró el LPFM y se obtuvieron sus mediciones a lo largo, ancho y alto, así como lo ancho en su inserción patelar y en su inserción femoral. Se seccionó el resto del retináculo, capsula, VMO, ligamento patelomeniscal y patelotibial para que solo se aplicara tracción en la técnica de reconstrucción.

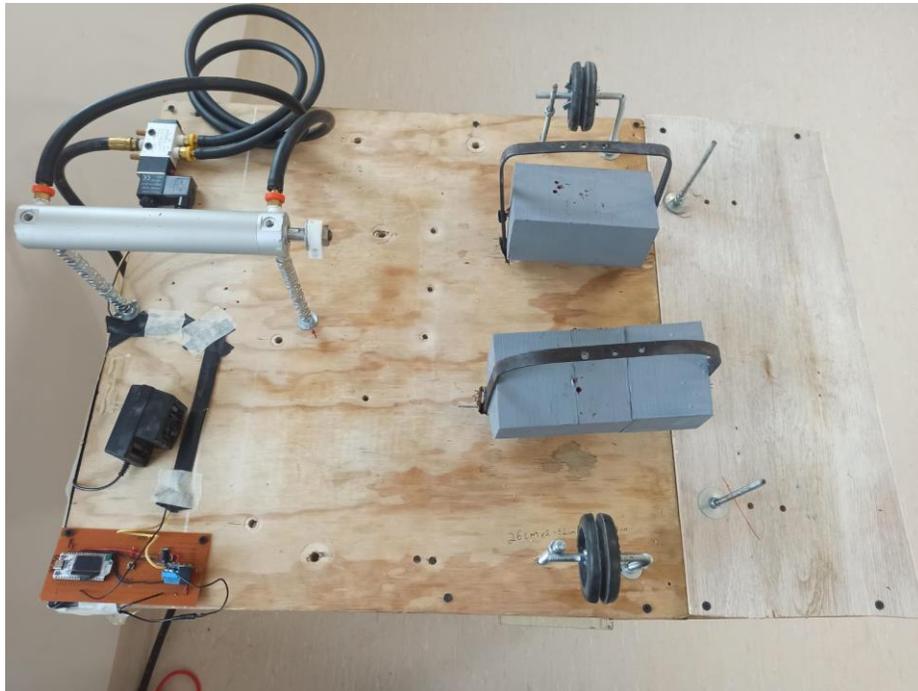


Se ubico tendón del cuádriceps y de su porción medial se tomó injerto tan largo como fuera posible (75-120mm), x 10mm ancho y 3mm de alto, se disecciono subperiosticamente hasta el 40% de la patela, se dio un giro de 90 grados en su inserción patelar y se suturo con FiberWire #2 (Arthrex) al resto de estructuras mediales mediante 2 puntos cruzados a cada lado del injerto. Se ubico el tendón del aductor mayor en su inserción en el tubérculo del

aductor mayor y se cortó aproximadamente a 5cm desde este punto. El injerto se pasó por debajo del tendón del aductor mayor en su porción más distal y se dio un giro de 180 grados para plegarlo sobre sí mismo. Se dio un punto simple a cada lado del injerto para evitar el corrimiento sobre el tendón del aductor mayor y se dieron 2 puntos cruzados a cada lado en el plegamiento del injerto. En el tendón del aductor mayor se realizó una sutura tipo Krackow. Se retiraron el resto de estructuras hasta dejar solamente las estructuras ligamentarias, la capsula articular y la porción distal del cuádriceps.

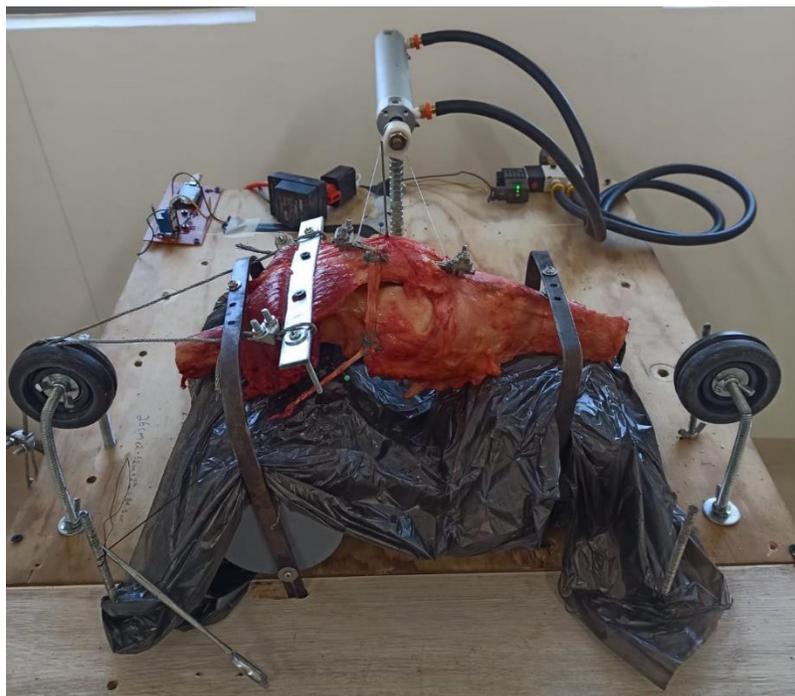
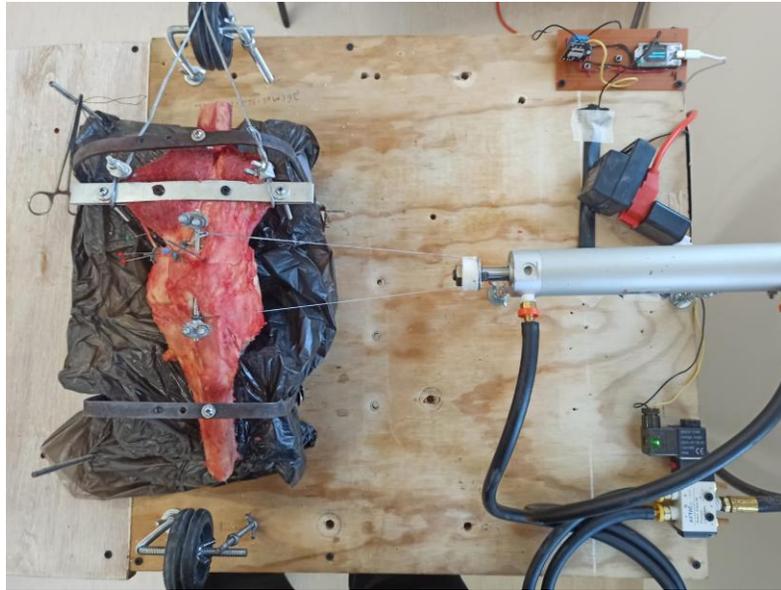


Se monto el dispositivo para la prueba biomecánica, este constaba de un pistón de doble acción montado en una tabla de madera que permitía la tracción transversal de la rótula, se fijaron el fémur y la tibia con tornillos a una base de madera que mantenía la rodilla a 20 grados de flexión y se aseguró que la rótula quedara perpendicular al eje de tracción del pistón.



Con unas mordazas se aseguró la porción distal del cuádriceps y con un cable de acero se le aplicó tracción al mismo sobre una polea con 170N de fuerza simulando así la contracción del cuádriceps. Se fijó el tendón del aductor mayor con la sutura a aproximadamente 45 grados de su inserción a un poste con la suficiente fuerza para mantenerlo tenso. Se pasó un clavo steinmann desde el polo inferior hasta el polo superior de la rótula dejando aproximadamente 3cm de cada lado y se colocaron 2 candados para evitar el desplazamiento del FiberWire. Se realizaron nudos a cada lado del clavo steinmann y se aseguró la sutura al pistón de tal forma que pudiera realizar una tracción sobre la rótula de 10mm. Se colocaron 2 chinchetas de diferentes colores para los 3 parámetros medidos, 2 a nivel patelar, 2 a nivel femoral y 2 en el tendón del aductor mayor, se establecieron las distancias entre cada uno a conveniencia y se midieron antes y después de finalizar la prueba, estableciendo $>2\text{mm}$ de desplazamiento como el fallo de la sutura sobre el injerto. Se establecieron los parámetros para la prueba basado en un protocolo de rehabilitación mínimo que consiste en 3 series de

15 flexoextensiones por 6 semanas y se determinó que se necesitaban al menos 1890 ciclos, por lo tanto, se decidió establecer los ciclos a 3000 para superar el protocolo mínimo de rehabilitación. Se ajustaron los Psi del compresor para aplicar una fuerza de tracción de 30N sobre la rótula, esto basado en estudios biomecánicos previos. (Wang, Q. 2017) (Herbort, M. 2014) (Sadigursky, D. 2012).



Carga catastrófica

Una vez finalizada la carga cíclica se determinó la carga máxima mediante aumento gradual de la fuerza del pistón, se aplicaron 10 ciclos a 100, 200, 300, 400, 450, 500 y 540N. Esto representa 2.5 veces la carga normal a la que es sometido el LPFM. Se midió la distancia entre las chinchetas entre cada una de las fuerzas aplicadas para objetivar si existía fallo del injerto (desplazamiento >2mm).

Aspectos éticos

La investigación médica con cadáveres debe ser siempre manejada conforme a lo establecido por la legislación mexicana. Por lo tanto, el presente protocolo ha sido elaborado siguiendo la normatividad indicada en la fracción I del artículo 89 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y con fundamento en los artículos 1o.; 2o.; 3o., fracción XXVI; 4o.; 7o.; 13 "A", fracciones I, II y X; 14; 18; 23; 24, fracción I; 27, fracción III; 32; 33; 45; 47; 100; 313 a 350 y demás relativos de la Ley General de Salud.

El reglamento de la Ley General de Salud en materia de control sanitario de la disposición de órganos, tejidos y cadáveres de seres humanos presenta dos capítulos referentes a la disposición y la investigación con cadáveres. El capítulo IV aborda la disposición de órganos, tejidos y sus derivados; productos y cadáveres de seres humanos, incluyendo los embriones y fetos. Mientras que el capítulo V incluye la normatividad para el estudio e investigación relacionados con la disposición de órganos, tejidos y sus derivados, productos y cadáveres de seres humanos.

La investigación se ha planeado conforme a lo especificado en el capítulo IV artículos 59 y 62 y capítulo V artículos 79 y 88 de la Ley General de Salud. Las especificaciones legales para cada artículo se presentan a continuación:

CAPÍTULO IV De la Disposición de Cadáveres

ARTÍCULO 59.- La disposición de cadáveres para efectos de investigación o docencia sólo podrá hacerse previa la certificación de la pérdida de la vida de acuerdo con lo prescrito en el artículo 317 de la Ley.

ARTÍCULO 62.- Para la realización de cualquier acto de disposición de cadáveres deberá contarse previamente con el certificado de defunción, que será expedido una vez comprobado el fallecimiento y determinadas sus causas por profesionales de la medicina o por personas autorizadas por la autoridad sanitaria competente.

CAPÍTULO V De la Investigación y Docencia

ARTÍCULO 79.- Para la utilización de cadáveres o parte de ellos, de personas conocidas con fines de investigación o docencia, se requiere permiso del disponente originario otorgado ante la fe del notario público o en documento privado, expedido ante dos testigos idóneos.

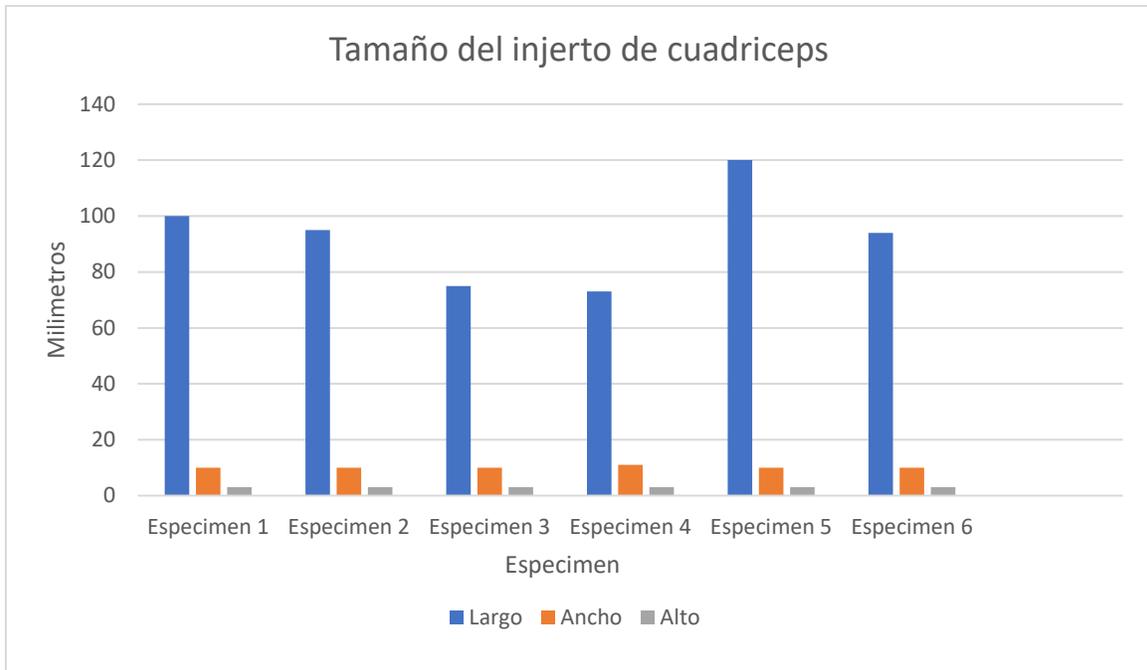
ARTÍCULO 88.- Las instituciones educativas serán responsables del uso adecuado y ético de los cadáveres. Sólo se podrá entregar anualmente y como máximo, el número de cadáveres que expresamente les haya autorizado la Secretaría, y para el empleo de un número mayor, la institución respectiva deberá presentar solicitud en la que exprese los motivos que los justifiquen.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se pusieron a prueba 6 especímenes cadavéricos de rodilla que cumplieran con los criterios de inclusión entre los meses de abril a junio del 2023. De los obtenidos, 4 de estos eran del sexo masculino y 2 del sexo femenino. La edad variaba entre los 48 – 68 años. Todos presentaban comorbilidades de diabetes e hipertensión en mal control. En todos los modelos, el LPFM nativo fue disecado para obtener sus mediciones, se encontró una longitud de 50mm – 69mm (media 61.5mm), ancho (1/3 medio) de 10mm – 16mm (13.16mm) y altura de 1mm – 2mm (1.66mm). En su inserción patelar su anchura iba desde 25mm – 35mm (30mm) y en su inserción femoral su anchura iba de los 9mm – 16mm (12.5mm). Estas mediciones concuerdan con las mediciones descritas en la literatura (Aragão, J. A. 2008).

Espécimen	Largo	Ancho	Alto	Inserción Patelar	Inserción Femoral
E1	68mm	15mm	2mm	35mm	15mm
E2	69mm	11mm	2mm	25mm	9mm
E3	50mm	10mm	2mm	25mm	10mm
E4	58mm	13mm	2mm	30mm	11mm
E5	66mm	16mm	1mm	32mm	16mm
E6	58mm	14m	1mm	33mm	14mm

Tabla 1. Mediciones del LPFM en especímenes cadavéricos diseccionados



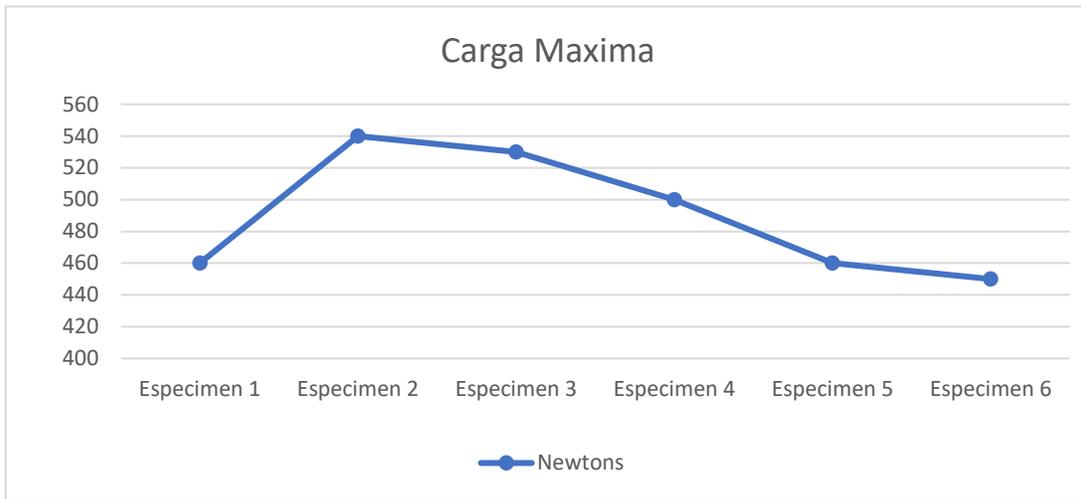
Grafica 1. Tamaño del injerto de cuádriceps por espécimen.

Una vez realizada la disección del LPFM y la técnica de reconstrucción se montó el espécimen cadavérico al dispositivo para el testeo biomecánico. Todos los especímenes se probaron a 30N durante 3000 ciclos. No se observaron roturas macroscópicas en el injerto ni en las suturas al finalizar las pruebas en cada uno de los modelos. Solo el modelo “E5” mostró un desplazamiento mayor a 2mm en la medición realizada en la porción patelar del injerto (4mm), solo “E5” y “E3” mostraron un desplazamiento de 1mm en la medición realizada en la porción femoral. El resto de especímenes no mostraron desplazamiento en ninguna de las mediciones tras finalizar la prueba. (Tabla 2)

Espécimen	Distancia patelar		Distancia femoral		Distancia tendón del aductor		¿Resistió la prueba?
	Medida Inicial	Medida Final	Medida Inicial	Medida Final	Medida Inicial	Medida Final	
E1	20mm	20mm	10mm	10mm	20mm	20mm	SI
E2	35mm	35mm	10mm	10mm	20mm	20mm	SI
E3	30mm	30mm	10mm	11mm	10mm	10mm	SI
E4	20mm	20mm	15mm	15mm	10mm	10mm	SI
E5	30mm	34mm	10mm	11mm	20mm	20mm	NO
E6	30mm	30mm	10mm	10mm	20mm	20mm	SI

Tabla 2. Distancia en mm en las diferentes mediciones al iniciar y tras finalizar la prueba.

Posteriormente se realizó la prueba para determinar la carga catastrófica, el “E5” mostro un desplazamiento de 2mm a nivel femoral tras la aplicación de 530N, el resto de modelos no mostro desplazamiento >2mm tras aplicar cargas máximas de entre 450N – 540N (490N). Este rango de cargas maxima fue limitado por la capacidad del compresor utilizado.



Grafica 2. Carga máxima aplicada a cada espécimen

El LPFM se reconoce como el restrictor primario en la traslación lateral de la patela durante los primeros 20-30 grados de flexión de la rodilla y actualmente su reconstrucción ha ganado importancia como tratamiento para tratar la inestabilidad patelar recurrente. Esta técnica de reconstrucción tiene la ventaja de que es fácilmente reproducible y no utiliza materiales para su realización lo que lo vuelve económica y aplicable dentro de instituciones donde no se cuenta el recurso para tratar a pacientes con esta patología.

Con los resultados arrojados en nuestro estudio podemos determinar que esta técnica es capaz de soportar las cargas fisiológicas a las cuales está sometido el LPFM nativo durante las actividades cotidianas. También observamos que solo el modelo “E5” falló durante el periodo de prueba. Sin embargo, el resto de especímenes no presento un desplazamiento >2mm tras la aplicación de la prueba ni durante la determinación de la carga máxima permitida por el compresor. Sabemos por estudios biomecánicos previos que el LPFM nativo tolera una carga

máxima de aproximadamente 200N (Herbort, M. 2014). En nuestro estudio no se pudo determinar la fuerza a la cual se rompía esta técnica de reconstrucción en cada espécimen debido a que el pistón tenía un tope máximo de 450N - 500N. Sin embargo, al aplicar estas fuerzas no existió rotura macroscópica del constructo ni fallo del mismo por lo que consideramos que sabiendo la carga máxima a la que es sometida el LPFM nativo es innecesario el aplicar mayores fuerzas de tracción.

Existen múltiples limitantes en este estudio. Aunque se utilizaron especímenes frescos de rodilla sabemos que los tejidos blandos en estos modelos no emulan en su totalidad las propiedades que tienen en el vivo por lo que no es acertado decir que este modelo experimental nos muestra al 100% las propiedades que esta técnica de reconstrucción tendría al realizarse en un paciente vivo. Además, al faltar la musculatura completa de la parte proximal de la pelvis y la pierna, no podemos determinar cómo se comportaría el tendón del aductor mayor durante la contracción y cómo afectaría esto a esta técnica de reconstrucción. También cabe destacar que las personas de las que fueron obtenidos estos modelos cuentan con múltiples comorbilidades como Diabetes, Hipertensión, tabaquismo, entre otras que se sabe afectan la calidad de los tejidos blandos y pudieran afectar los resultados de este experimento.

La tracción del cuádriceps por una fuerza que simule su contracción y la lateralización de la patela aplicándole una fuerza determinada ha sido el método por el cual se han realizado múltiples pruebas que buscan determinar las propiedades biomecánicas del LPFM nativo y por el cual se ponen a prueba distintos métodos de reconstrucción del mismo (Wang, Q. 2017) (Herbort, M. 2014) (Sadigursky, D. 2012). Sin embargo, sabemos que este movimiento de lateralización no existe en el vivo por lo que mediante este estudio es imposible determinar

cómo se comportaría la patela y el tendón del aductor mayor durante los movimientos de flexo-extensión de la rodilla.

CONCLUSIONES

La técnica de reconstrucción dinámica del LPFM es factible de realizar y fácilmente reproducible. Esta técnica soporta el periodo de rehabilitación determinado por los ciclos y las fuerzas a la que fue sometido el constructo. Esta técnica soporta 2.5 veces el esfuerzo normal a la que es sometido este ligamento, lo que aseguraría la supervivencia del constructo durante un periodo de rehabilitación.

LITERATURA CITADA

1. P. Thompson and A.J. Metcalfe, Current concepts in the surgical management of patellar instability, *The Knee*, <https://doi.org/10.1016/j.knee.2019.11.007>
2. D.S. Johnson and P.G. Turner, Management of the first-time lateral patellar dislocation, *The Knee*, <https://doi.org/10.1016/j.knee.2019.10.015>
3. Liu, J. N., Steinhaus, M. E., Kalbian, I. L., Post, W. R., Green, D. W., Strickland, S. M., & Shubin Stein, B. E. (2017). Patellar Instability Management: A Survey of the International Patellofemoral Study Group. *The American Journal of Sports Medicine*, *46*(13), 3299-3306. <https://doi.org/10.1177/0363546517732045>
4. Luczak, S. B., Stelzer, J. W., Fitzsimmons, K. P., & Pace, J. L. (2021). Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction and Lateral Retinacular Lengthening from a Lateral Approach. *Arthroscopy Techniques*, *10*(4), e987-e994. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2020.11.018>
5. Krebs, C., Tranovich, M., Andrews, K., & Ebraheim, N. (2018). The medial patellofemoral ligament: Review of the literature. *Journal of Orthopaedics*, *15*(2), 596-599. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.05.004>
6. Kaplan, EB. Factors responsible for the stability of the knee joint. *Bull Hosp Joint Dis*, 1957;18;51-59.
7. Warren, LF, Marshall, JL. The supporting structures and layers on the medial side of the knee: an anatomical analysis. *J Bone Joint Surg Am*, 1979;61;56-62.
8. Lattermann, C., Toth, J., & Bach, B. R. (2007). The Role of Lateral Retinacular Release in the Treatment of Patellar Instability. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, *15*(2), 57-60. <https://doi.org/10.1097/jsa.0b013e318042af30>

9. Malatray, M., Magnussen, R., Lustig, S., & Servien, E. (2018). Lateral retinacular release is not recommended in association to MPFL reconstruction in recurrent patellar dislocation. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *27*(8), 2659-2664. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5294-7>
10. Tuxøe, J., Teir, M., Winge, S., & Nielsen, P. (2002). The medial patellofemoral ligament: a dissection study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *10*(3), 138-140. <https://doi.org/10.1007/s00167-001-0261-z>
11. Aframian, A., Smith, T. O., Tennent, T. D., Cobb, J. P., & Hing, C. B. (2016). Origin and insertion of the medial patellofemoral ligament: a systematic review of anatomy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *25*(12), 3755-3772. <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4272-1>
12. Amis, A., Firer, P., Mountney, J., Senavongse, W., & Thomas, N. (2003). Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament. *The Knee*, *10*(3), 215-220. [https://doi.org/10.1016/s0968-0160\(03\)00006-1](https://doi.org/10.1016/s0968-0160(03)00006-1)
13. Herbort, M., Hoser, C., Domnick, C., Raschke, M. J., Lenschow, S., Weimann, A., Kösters, C., & Fink, C. (2014). MPFL reconstruction using a quadriceps tendon graft. *The Knee*, *21*(6), 1169-1174. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2014.07.026>
14. Platt BN, Bowers LC, Magnuson JA, Marx SM, Liu JN, Farr J, Stone AV. Return to Sport After Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2022 Jan;*50*(1):282-291. doi: 10.1177/0363546521990004.
15. Steensen, R. N., Dopirak, R. M., & Maurus, P. B. (2005). A simple technique for reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a quadriceps tendon

- graft. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 21(3), 365-370. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2004.10.007>
16. Noyes, F. R., & Albright, J. C. (2006). Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament With Autologous Quadriceps Tendon. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 22(8), 904.e1-904.e7. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2005.12.058>
17. Goyal, D. (2013). Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, 41(5), 1022-1029. <https://doi.org/10.1177/0363546513477828>
18. Stephen, J. M., Kaider, D., Lumpaopong, P., Deehan, D. J., & Amis, A. A. (2013). The Effect of Femoral Tunnel Position and Graft Tension on Patellar Contact Mechanics and Kinematics After Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(2), 364-372. <https://doi.org/10.1177/036354651350923>
19. Negrín, R., Reyes, N. O., Iñiguez, M., Gaggero, N., Sandoval, R., Jabes, N., & Mendez, M. (2020). Dynamic–Anatomical Reconstruction of Medial Patellofemoral Ligament in Open Physis. *Arthroscopy Techniques*, 9(7), e1027-e1032. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2020.03.018>
20. Leal-Blanquet, J., Alentorn-Geli, E., Torres-Claramunt, R., & Monllau, J. C. (2017). Partial quadriceps tendon transfer for revision medial patellofemoral ligament reconstruction: A new surgical technique. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 51(3), 258-261. <https://doi.org/10.1016/j.aott.2017.03.004>

21. Romo-Rivera J, Rangel-Pérez LJ. Reconstrucción del ligamento patelofemoral medial con autoinjerto de tendón cuadricepsital. *Acta Ortop Mex.* 2021; 35(5): 425-428. <https://dx.doi.org/10.35366/104569>
22. Aragão, J. A., Reis, F. P., De Vasconcelos, D. P., Feitosa, V. L. C., & Nunes, M. A. P. (2008). Metric Measurements and Attachment Levels of the Medial Patellofemoral Ligament: An Anatomical Study in Cadavers. *Clinics*, 63(4), 541-544. <https://doi.org/10.1590/s1807-59322008000400021>
23. Drapeau-Zgoralski, V., Swift, B., Caines, A., Kerrigan, A., Carsen, S., & Pickell, M. (2023). Lateral Patellar Instability. *Journal of Bone and Joint Surgery, American Volume*, 105(5), 397-409. <https://doi.org/10.2106/jbjs.22.00756>
24. Hurley, E. T., Colasanti, C. A., Anil, U., McAllister, D., Matache, B. A., Alaia, M. J., Strauss, E. J., & Campbell, K. A. (2021). Management of Patellar Instability: A Network Meta-analysis of Randomized Control Trials. *American Journal of Sports Medicine*, 50(9), 2561-2567. <https://doi.org/10.1177/03635465211020000>
25. Zhao, J., Huangfu, X., & He, Y. (2012). The Role of Medial Retinaculum Plication Versus Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction in Combined Procedures for Recurrent Patellar Instability in Adults. *American Journal of Sports Medicine*, 40(6), 1355-1364. <https://doi.org/10.1177/0363546512439193>
26. Fink, C., Steensen, R. N., Gföller, P., & Lawton, R. O. (2018). Quadriceps Tendon Autograft Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 11(2), 209-220. <https://doi.org/10.1007/s12178-018-9476-1>

27. Wertheimer, V., Grgić, I., Zelić, Z., Ivandić, Ž., Koprivčić, I., Zelenić, M., & Karakašić, M. (2021). Biomechanical Analysis of the Gracilis and Superficial Third of the Quadriceps Tendons Concerning MPFL Biomechanics. *Tehnicki Vjesnik-technical Gazette*, 28(5). <https://doi.org/10.17559/tv-20210204092703>
28. Zhang, Y., Zhang, Z., Wu, M., Zhou, Y., Tao, S., Yang, Y., Li, Y., Liu, J., Li, P., Teng, Y., & Guo, Y. (2022). Medial patellofemoral ligament reconstruction. *Medicine*, 101(1), e28511. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000028511>
29. Bicos, J., Fulkerson, J. P., & Amis, A. A. (2007). Current Concepts Review. *American Journal of Sports Medicine*, 35(3), 484-492. <https://doi.org/10.1177/0363546507299237>
30. Philippot, R., Boyer, B., Testa, R., Farizon, F., & Moyen, B. (2012). Study of patellar kinematics after reconstruction of the medial patellofemoral ligament. *Clinical Biomechanics*, 27(1), 22-26. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2011.08.001>
31. Beck, P. L., Brown, N. R., Greis, P. E., & Burks, R. T. (2007). Patellofemoral Contact Pressures and Lateral Patellar Translation after Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *American Journal of Sports Medicine*, 35(9), 1557-1563. <https://doi.org/10.1177/0363546507300872>
32. Wang, Q., Huang, W., Cai, D., & Huang, H. (2017). Biomechanical comparison of single- and double-bundle medial patellofemoral ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13018-017-0530-2>

33. Sadigursky, D., Gobbi, R. G., Pereira, C. A. M., Pécora, J. R., & Camanho, G. L. (2012). BIOMECHANICAL ACCESS METHOD FOR ANALYZING ISOMETRICITY IN RECONSTRUCTING THE MEDIAL PATELLOFEMORAL LIGAMENT. *Revista Brasileira De Ortopedia*, 47(5), 598-605. <https://doi.org/10.1016/s>