



Monográfico de ligamento cruzado anterior

Refuerzos anterolaterales en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior

A. Espejo-Reina^{1,2}, M. J. Espejo-Reina³, J. Dalla Rosa-Nogales²,
A. Gómez-Cáceres⁴, A. Espejo-Baena^{1,2}

¹Clínica Espejo. Málaga

²Hospital Vithas Parque San Antonio. Málaga

³Hospital de Antequera. Málaga

⁴Instituto Malagueño de Traumatología Deportiva (IMATDE). Málaga

Correspondencia:

Dr. Alejandro Espejo Reina

Correo electrónico: espejoreina@clinicadoctorespejo.com

Recibido el 5 de agosto de 2019

Aceptado el 9 de marzo de 2020

Disponible en Internet: octubre de 2020

RESUMEN

El complejo anterolateral está compuesto por una serie de estructuras que juegan un papel importante en la estabilidad rotacional de la rodilla. Aunque desde hace décadas se han utilizado técnicas de estabilización anterolateral, se ha despertado un renovado y gran interés por estas estructuras y su función tras los relativamente recientes trabajos de descripción del ligamento anterolateral. Desde entonces, han sido muy numerosos los trabajos anatómicos, biomecánicos y de descripción de técnicas quirúrgicas. Desde el punto de vista de los resultados de dichas técnicas, se han publicado algunos resultados esperanzadores, aunque con poco tiempo de seguimiento, por lo que serán necesarios nuevos trabajos prospectivos a largo plazo para ratificar la efectividad de las mismas.

Palabras clave: Rodilla. Ligamento cruzado anterior. Ligamento anterolateral.

ABSTRACT

Anterolateral reinforcements on anterior cruciate ligament reconstruction

The anterolateral complex consists of a series of structures which play an important role in the rotational stability of the knee. Although anterolateral stabilization techniques were used several decades ago, a renewed and great interest regarding these structures and their function has grown after the description of the anterolateral ligament. Since then, numerous anatomical, biomechanical and technical articles have been published. Promising clinical outcomes have been shown regarding the associated reconstruction of the anterolateral and the anterior cruciate ligaments, but the follow-up is still short, so new long-term prospective works are needed to confirm the effectiveness of the new techniques.

Key words: Knee. Anterior cruciate ligament. Anterolateral ligament.



<https://doi.org/10.24129/j.reaca.27369.fs1908036>

© 2020 Fundación Española de Artroscopia. Publicado por Imaidea Interactiva en FONDOSCIENCE® (www.fondoscience.com). Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Introducción

En la mayoría de los textos sobre los orígenes del ligamento anterolateral (LAL), se referencia a Segond como el autor de la primera descripción de este ligamento. En 1879⁽¹⁾, exploró la causa del sangrado en una rodilla sometida a un mecanismo de estrés rotacional. Durante la autopsia de las rodillas a las que forzó la rotación, encontró evidencia de fracturas que eran causadas por el desgarramiento de la porción anterolateral (AL) de la meseta lateral de la tibia. En esa misma área, objetivó la presencia de una “banda fibrosa perlada, resistente, que se coloca bajo una tensión extrema cuando la rodilla se gira con fuerza hacia adentro”, pero nunca describió su origen o inserción, ni le dio un nombre a esta estructura. En 1914, Vallois⁽²⁾, en su tesis *Estudio anatómico en la rodilla de los primates* describió el ligamento epicondilomeniscal lateral como una “banda fibrosa que se inserta en la parte superior del epicóndilo femoral, por encima de la unión tibial del ligamento colateral lateral y, tomando un curso oblicuo hacia abajo y hacia adelante, termina en el borde superior del menisco lateral”. En la década de 1970, Hughston⁽³⁾ se interesó de nuevo por la anatomía de la cara lateral de la rodilla realizando una nueva descripción de la misma.

A pesar de los avances técnicos y los conocimientos biomecánicos, los índices de rotura de la plastia tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) varían del 1,8 al 18% según las series⁽⁴⁾. Desde hace décadas, se ha intentado controlar el *pivot* residual mediante técnicas de refuerzo periféricas como las realizadas por McIntosh⁽⁵⁾, Lemaire⁽⁶⁾ y otros. Estas tenodesis extraarticulares laterales (TEL), cuando se realizaban de manera aislada, tenían resultados pobres. Se observó que las técnicas producían una sobrecarga lateral, una posición tibial anormal en reposo en rotación externa y el desarrollo posterior de artrosis^(7,8). Esto se ha atribuido a la tensión de los tejidos en una rotación externa excesiva en los casos en los que se utilizó la TEL como el único medio para compensar la insuficiencia del LCA.

Si bien el exceso de restricciones tiene el potencial teórico de aumentar las fuerzas de reacción del compartimento lateral y, por lo tanto, el riesgo de artrosis, actualmente hay pocas pruebas en la literatura de un mayor cambio degenerativo del compartimento lateral cuando la TEL se combina

con la reconstrucción del LCA. Una revisión sistemática reciente realizada por Hewison⁽⁹⁾ mostró que la adición de una TEL a una reconstrucción del LCA monotúnel produjo una reducción estadísticamente significativa en el *pivot shift* después de la operación, sin que se observara ninguna diferencia en la tasa de artrosis entre los estudios incluidos.

Se le han dado distintos nombres a esta estructura que forma la capa más profunda del compartimento lateral: tercio medio del ligamento capsular lateral⁽³⁾, banda oblicua anterior del ligamento colateral lateral⁽¹⁰⁾ y capa capsuloósea de la cintilla iliotibial⁽¹¹⁾. La denominación “ligamento anterolateral” no aparecería por primera vez hasta el año 2012, cuando Vicent *et al.*⁽¹²⁾ encontraron el LAL en el 100% de 40 rodillas examinadas (en 30 artroplastias totales y en 10 rodillas cadavéricas). Fue a partir de 2013, con el trabajo de Claes *et al.*⁽¹³⁾, cuando se despertó un renovado interés por esta estructura, habiendo surgido numerosos artículos sobre su anatomía, biomecánica, diagnóstico, indicaciones quirúrgicas y técnicas de reconstrucción AL, que se repasarán a lo largo de este artículo.

Anatomía

El complejo AL de la rodilla está formado por una serie de capas que incluyen diferentes estructuras⁽¹⁴⁾, las cuales juegan un papel importante en la estabilidad rotacional de la rodilla. La capa superficial está formada por el bíceps femoral y una interconexión compleja de estructuras provenientes del tracto iliotibial, incluida la banda iliotibial, la banda iliopatelar y el ligamento patelofemoral lateral⁽¹⁴⁾. La fascia profunda se puede observar tras la reflexión de la banda iliotibial y el bíceps femoral. Existe un alto contenido adiposo en este espacio, con algunas fibras que se envuelven alrededor del gastrocnemio lateral y la cabeza corta del bíceps⁽¹⁴⁾. Profundos al tejido antes descrito se encuentran la cápsula articular y el ligamento LAL de la rodilla.

Los estudios anatómicos reflejan una prevalencia del LAL de entre el 83 y el 100%⁽¹⁵⁾. La inserción femoral es la que más discusión ofrece, presentando 3 localizaciones diferentes según los estudios^(13,16,17): sobre el epicóndilo, anterior y distal a este y, la más aceptada hoy en día, proximal y posterior al epicóndilo.

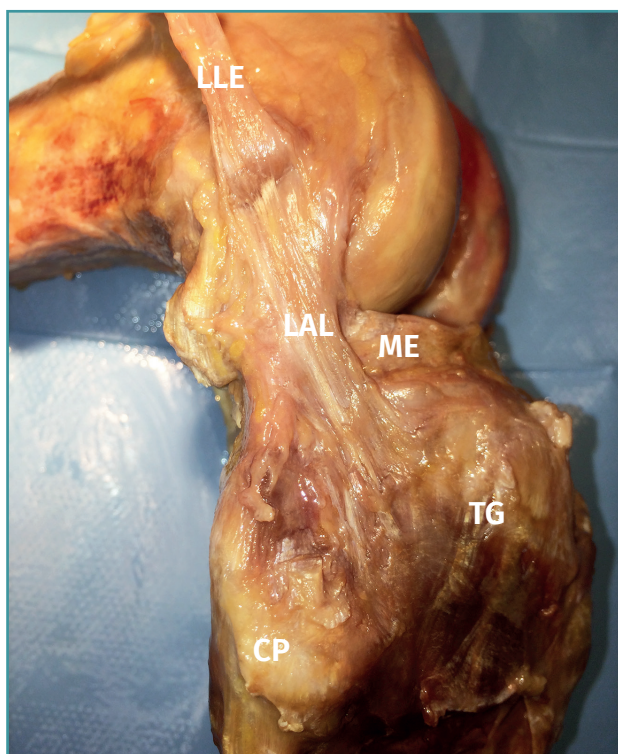


Figura 1. Imagen anatómica de la capa más profunda de la cara anterolateral de la rodilla. CP: cabeza del peroné; LAL: ligamento anterolateral; LLE: ligamento lateral externo desinsertado distalmente y reflexionado proximalmente sobre su inserción epicondílea; ME: menisco externo; TG: tubérculo de Gerdy. Imagen cedida por el Dr. D. García Germán.

El trayecto del LAL sigue una dirección oblicua describiendo su relación con el ligamento colateral externo tanto superficial⁽¹⁸⁾ como profundo al mismo⁽¹⁹⁾, presentando una fuerte conexión con el menisco externo^(13,19).

La inserción tibial ofrece menos debate, localizándose en la mayoría de las ocasiones en la mitad entre una línea que une la cabeza del peroné con el tubérculo de Gerdy^(20,21) (**Figura 1**).

Las dimensiones del mismo son de 35-45 mm de longitud, 2 cm de anchura y 1-2 mm de grosor, siendo tanto la longitud como el grosor mayor en varones que en mujeres⁽²²⁾.

Biomecánica

Los estudios biomecánicos más recientes ponen de manifiesto que el LAL es un estabilizador pri-

mario de la rotación interna de la rodilla a 35° o más de flexión con un mínimo rol en la estabilidad anteroposterior^(23,24). Sonnery-Cottet *et al.*⁽²⁵⁾ observaron que durante la rotación interna se produce un incremento de la longitud para todas las localizaciones a 20° de flexión, aumentando hasta los 90° de flexión. La mayor longitud fue observada para la inserción posterior y proximal al epicóndilo.

Otros autores asignan al LAL un papel secundario en el control de la rotación interna en rodillas con deficiencia del LCA, considerando al tracto iliotibial el restrictor principal a la rotación interna, aumentando su contribución a medida que aumenta la flexión⁽²⁶⁾.

Se han comparado las consecuencias de la sección del LCA junto con las fibras profundas de la cintilla iliotibial frente a la sección del LCA más el LAL⁽²⁷⁾, comprobándose en ambos casos un aumento de la traslación anterior, aunque la asociación de la sección del LCA y la cintilla iliotibial presenta un mayor aumento de la rotación interna. Sin embargo, estas alteraciones son controladas de forma equivalente tanto con la TEL como con la reconstrucción del LAL.

Diagnóstico

El diagnóstico de las posibles lesiones de las estructuras AL se realiza básicamente mediante la exploración clínica y pruebas complementarias como la resonancia magnética (RM) y la ecografía.

Exploración clínica

El *pivot shift* es el test más utilizado en la exploración de la integridad del complejo AL. Pese a que es un signo de etiología multifactorial, se ha demostrado su correlación biomecánica con la deficiencia de las estructuras AL en varios trabajos^(28,29). Se considera que está lesionado el LAL cuando existe un grado II de *pivot shift* o mayor, es decir, cuando hay una traslación mayor de 12 mm del compartimento lateral mientras se realiza esta exploración.

La medición es difícil. Idealmente, la exploración se lleva a cabo bajo anestesia⁽³⁰⁾, ya que el paciente no ofrecerá resistencia en contra del explorador. Existen dispositivos que se utilizan para

medir el *pivot shift* de forma objetiva^(31,32), aunque actualmente no hay ninguno que se utilice de forma estandarizada.

Pruebas complementarias

La presencia del LAL ha sido demostrada en múltiples estudios de imagen, en los que se ha descrito tanto intacto como sus alteraciones⁽³³⁾:

- Radiografía (Rx): la imagen radiológica más característica que se relaciona con la lesión del LAL es la fractura de Segond, aunque esta solo está presente en un 1,25% de los pacientes con lesión de LCA⁽³⁴⁾ (**Figura 2**).

- Ecografía: Cavaignac *et al.* muestran una sensibilidad del 100% para la localización y la descripción del LAL mediante ultrasonidos en cadáveres⁽³⁵⁾ y lo correlacionan con el *pivot shift* y la RM en pacientes vivos⁽³⁶⁾.

- RM: existe controversia sobre la visualización del LAL en la RM. Varios artículos proponen la RM como método sensible y específico para la detección de anomalías en el complejo AL en rodillas con lesión del LCA^(37,38). Sin embargo, Marshall

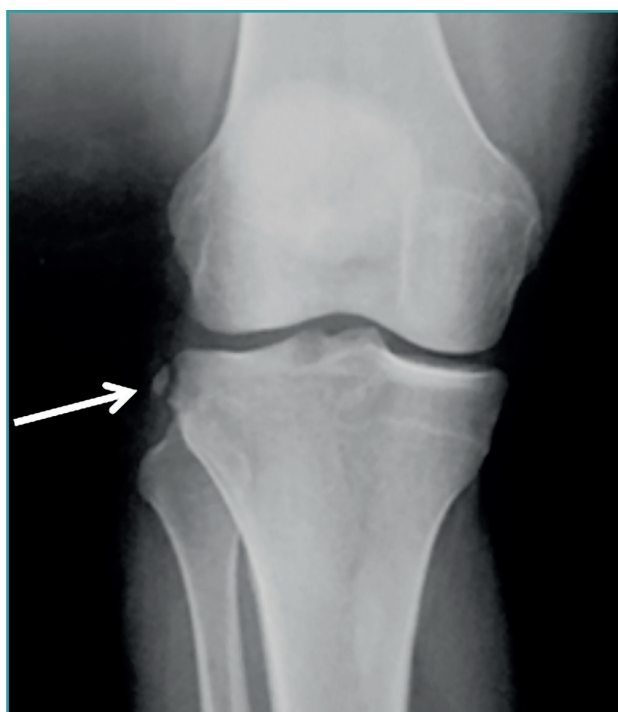


Figura 2. Radiografía anteroposterior de una rodilla derecha, donde puede apreciarse una fractura de Segond (flecha blanca).



Figura 3. Imagen sagital de resonancia magnética del cóndilo femoral externo en la que puede apreciarse el signo de impactación (nocht sign, flecha blanca). Puede interpretarse como signo indirecto de afectación del ligamento anterolateral.

et al. sostienen la poca fiabilidad de esta técnica para su diagnóstico tanto en rodillas con lesión del LCA como sin lesión del mismo⁽³⁹⁾.

Se ha demostrado la correlación entre los hallazgos en ecografía y RM con alto grado de *pivot shift* en lesiones de LAL^(36,40). Mediante esta exploración pueden detectarse tanto la lesión propiamente dicha del LAL, como la fractura de Segond y otros signos indirectos como la impactación del cóndilo femoral lateral (**Figura 3**).

Indicaciones de reconstrucción del complejo anterolateral

Actualmente, las indicaciones para la reconstrucción conjunta del LCA con el LAL se basan fundamentalmente en los casos con mayor riesgo de rerrotura de la reconstrucción de este.

Entre las indicaciones actuales de la reconstrucción del complejo AL asociada a la del LCA se encuentran:

- Procedimientos de revisión sobre el LCA, especialmente cuando la cirugía primaria está bien hecha^(8,41,42). Trojani C *et al.* encuentran un *pivot*

shift residual negativo en el 80% con TEL vs. 63% sin ella⁽⁴³⁾.

- Lesión del LCA en mujeres, ya que tienen un mayor riesgo de rerrotura⁽⁴⁴⁾.

- Rotura del LCA contralateral previa^(43,45,46).

- Inestabilidad rotacional (*pivot shift*) de alto grado^(9,30,43-47).

- Lachman > 7 mm⁽⁴⁸⁾. Lerat *et al.* establecieron en este punto el límite que implicaba una subluxación AL de la tibia respecto al fémur⁽⁴⁹⁾.

- Laxitud ligamentosa generalizada/*genu recurvatum* > 10°^(41,42).

- Pacientes jóvenes (< 25-30 años)^(41,42,44,50,51).

- Pacientes que vuelven a realizar deportes de contacto, con pivote o cambios bruscos de dirección⁽⁵⁰⁾, deportistas de élite^(47,52), o atletas que requieren la vuelta al mismo nivel deportivo^(41,42,44,46).

- Lesión meniscal asociada⁽⁴⁸⁾: el papel estabilizador de los meniscos es ampliamente conocido; la resección parcial del menisco medial altera la biomecánica de la rodilla incrementando la traslación tibial⁽⁵³⁾, suponiendo un posible motivo de fallo de la reconstrucción del LCA⁽⁵⁴⁾ y un claro factor de riesgo para la aparición de artrosis⁽⁵⁵⁾.

- Fractura de Segond⁽⁴⁸⁾: aunque existe algún trabajo que indica que la fractura de Segond no es un factor de riesgo para la rerrotura de la reconstrucción del LCA⁽⁵⁶⁾, los principales grupos aconsejan la reconstrucción del complejo AL cuando esta está presente⁽⁴²⁾, ya que es sabido que tanto la capa capsuloósea de la banda iliotibial como el LAL⁽⁵⁷⁾, así como una expansión de la fascia de la cabeza corta del bíceps femoral⁽⁵⁸⁾, están insertados en este punto⁽⁴¹⁾.

- Signo de la muesca o *notch sign*^(51,59): consiste en una hendidura en el cóndilo femoral lateral causada por el movimiento de rotación del *pivot shift*, en el que la región posterior de la meseta externa impacta sobre el cóndilo y deja una impronta que, cuando es mayor de 2 mm (no confundir con el *sulcus* terminal del cóndilo, que rara vez supera 1,5 mm), es considerada patognomónica de lesión del LCA⁽⁶⁰⁾.

- Pendiente tibial posterior mayor de 12°⁽⁶¹⁾. En un estudio del grupo de Pittsburgh se encontró un incremento del riesgo de lesión del LCA del 32% por cada grado de aumento de la pendiente tibial posterior⁽⁶²⁾.

- Lesiones del LCA crónicas⁽⁶³⁾: se ha hipotetizado que un defecto crónico del LCA elonga los

estabilizadores secundarios incrementando la inestabilidad⁽⁶⁴⁾.

En la literatura concerniente a la cirugía sobre el complejo AL asociada a la reconstrucción del LCA solo se encuentra una posible contraindicación, constituida por las lesiones posterolaterales: Duthon *et al.*⁽⁶⁵⁾ advierten de que la TEL puede fijar la rodilla en una posición subluxada posterolateralmente.

Técnicas quirúrgicas

Existen básicamente 2 grupos de técnicas para la reconstrucción del complejo AL: las técnicas de reconstrucción del LAL^(66,67) y las técnicas de TEL^(61,68). La principal diferencia entre ellas radica en el paso del injerto superficial o profundo al ligamento lateral externo: para realizar la TEL, es necesario el paso de esta plastia por debajo del ligamento lateral externo. Los autores que apoyan la TEL⁽⁶⁹⁾ ven en este fulcro un aliado, pues mantiene el injerto en una posición relativamente isométrica y también en un vector mecánicamente ventajoso para resistir la rotación AL, en comparación con un injerto orientado más perpendicular a la articulación⁽⁷⁰⁾. Sin embargo, aquellos que apoyan la ligamentoplastia anatómica⁽⁴⁾ defienden que la reconstrucción del LAL restaura la cinemática normal de la rodilla y evita el exceso de restricciones cuando se fija correctamente en extensión completa y rotación neutra.

En cuanto al injerto utilizado para la reconstrucción del complejo AL, los más populares son la fascia lata para la TEL^(61,68,71) (**Figura 4**) y los tendones isquiotibiales para la reconstrucción del LAL^(66,67) (**Figura 5**), aunque estos también han sido utilizados para la TEL⁽⁷²⁾. Asimismo, también se han utilizado plastias artificiales⁽⁷³⁾, injertos heterólogos⁽⁷⁴⁾ y refuerzos con cinta de sutura⁽⁷⁵⁾. Actualmente, no hay ningún ensayo clínico que compare ambas técnicas.

Resultados de la reconstrucción anterolateral

La reconstrucción AL ha pasado por 2 etapas, básicamente. En la primera, durante las últimas décadas del pasado siglo, se utilizaban técnicas de TEL aislada. En dicha etapa se publicaron numerosos

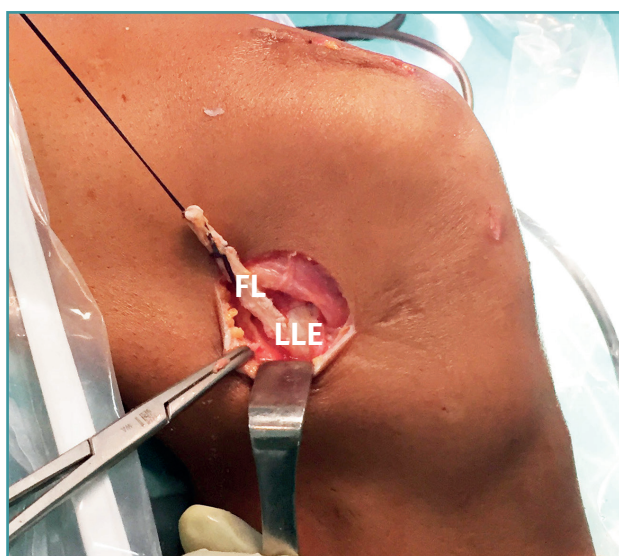


Figura 4. Imagen de una tenodesis anterolateral con una tira de fascia lata (FL) pasada profundamente al ligamento lateral externo (LLE) antes de la fijación en el fémur.

trabajos de seguimiento de pacientes a medio y largo plazo: algunos trabajos como el de Ireland y Trickey⁽⁷⁶⁾ demostraron buenos resultados con técnica de Macintosh aislada con un *pivot shift* negativo en 42 de 50 (84%) pacientes y un 74% de vuelta al deporte a los 2 años. Esto contrasta con el 52% de buenos o excelentes resultados obtenidos por Amirault *et al.*⁽⁷⁷⁾ en 1988 con la misma técnica a los 11 años de seguimiento.

En 1991, Barret y Mckenney⁽⁷⁸⁾ obtuvieron un 93% de pacientes con buena estabilidad a los

3,2 años de seguimiento tras la reconstrucción del LCA con un tercio de tendón patelar asociado a TEL. El 84% de los pacientes mantuvieron el nivel de actividad previo a la lesión. En el mismo año, Noyes y Barber⁽⁷⁹⁾ realizan un estudio comparativo entre pacientes tratados con reconstrucción intraarticular del LCA con aloinjerto de tendón rotuliano (grupo 1, n = 64) vs. reconstrucción intraarticular asociada a TEL (grupo 2, n = 40) con un seguimiento medio de 35 meses con características preoperatorias y tratamiento postoperatorio igual. Ambos procedimientos fueron efectivos. Sin embargo, los resultados en el grupo 2 fueron mejores en cuanto al KT-1000, la actividad deportiva y al total de las escalas aplicadas.

En un estudio reciente, Zaffagnini *et al.*⁽⁸⁰⁾ informan de los resultados con 20 años de seguimiento en 29 de 50 pacientes sometidos a reconstrucción del LCA con tendones isquiotibiales y plastia extraarticular realizada con el remanente de dichos tendones. Obtienen un 84% de resultados buenos o excelentes en cuanto a la escala del International Knee Documentation Committee (IKDC) objetiva y un *pivot shift* positivo medido con el dispositivo KIRA en 3 de 26 pacientes (12%).

En un trabajo pendiente de publicación, con una técnica similar a la descrita previamente⁽⁷²⁾, los autores informan de los resultados de la misma en 40 pacientes con un seguimiento medio de 13,7 años (mínimo de 10 años) con unos excelentes resultados funcionales, un *pivot shift* negativo en el 87,5% de los casos y un bajo índice de complicaciones y de artrosis⁽⁸¹⁾.



Figura 5. Plastia del ligamento anterolateral con tendones isquiotibiales sobrantes de la plastia del ligamento cruzado anterior (LCA) según la técnica descrita por Espejo-Baena *et al.*⁽⁶⁷⁾. A: injerto insertado en el cóndilo femoral externo; B: paso percutáneo de la plastia hasta su inserción tibial; C: fijación en la cara anterolateral de la tibia con tornillo interferencial.

Recientemente, se han realizado revisiones sistemáticas sobre los resultados de la TEL asociada a reconstrucción del LCA. En 2015, Hewison *et al.* comparan los resultados de la reconstrucción asociada a TEL con la reconstrucción aislada del LCA, encontrando una reducción estadísticamente significativa del *pivot shift* con el procedimiento combinado⁽⁹⁾. Por otra parte, Devitt *et al.*⁽⁸²⁾ comprueban que existe una fuerte evidencia de que la asociación de la reconstrucción del LCA con TEL reduce la traslación femoral lateral, pero no existe evidencia de que haya beneficio en los resultados clínicos. Los mismos autores, en otra publicación, informan de que dicha asociación no incrementa el índice de artrosis a los 11 años de seguimiento⁽⁸³⁾.

Ligamento anterolateral

Hasta la fecha, son pocos los trabajos que publiquen resultados y además tienen un seguimiento corto. En una revisión sistemática en 2018, Delaloye *et al.*⁽⁸⁴⁾ encontraron solo 8 artículos que reportaban resultados de la reconstrucción del LAL, de los que fueron excluidos 3 debido a un seguimiento menor de 2 años. Además, de los 5 restantes, 4 eran de su propio grupo de trabajo. En esta revisión sistemática, concluyen que la reconstrucción combinada del LCA y el LAL puede reducir el índice de rerrotura y el de fallo de la reparación meniscal, manteniendo unos excelentes resultados clínicos.

El anteriormente citado grupo ha valorado los resultados de la reconstrucción combinada del LCA y el LAL en 70 deportistas profesionales con más de 2 años de seguimiento⁽⁸⁵⁾. Obtienen unos excelentes resultados con respecto al índice de rotura de la plastia, la vuelta al deporte y la estabilidad de la rodilla. El mismo grupo concluye en otro trabajo sobre 383 pacientes que el índice de fallo de la reparación meniscal es más bajo que cuando la reconstrucción del LCA se realiza de forma aislada⁽⁸⁶⁾.

Helito *et al.* han estudiado los resultados de la reconstrucción del LAL asociada a la del LCA en 101 pacientes crónicos⁽⁶³⁾ (más de 12 meses entre la lesión y la cirugía). Obtienen buenos resultados sin que aumente el número de complicaciones.

En un trabajo muy reciente, Lee *et al.*⁽⁸⁷⁾ comparan los resultados de la revisión de la reconstruc-

ción del LCA en 87 pacientes divididos en 2 grupos (45 de forma aislada y 42 en combinación con reconstrucción del LAL). Concluyen que el procedimiento combinado reduce de forma significativa la laxitud rotacional y demuestra un más alto índice de vuelta al mismo nivel de actividad deportiva que el procedimiento aislado; sin embargo, no encuentran diferencias entre los 2 grupos en cuanto a la laxitud anterior ni en el resultado de los test funcionales.

Responsabilidades éticas

Conflicto de interés. Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Financiación. Este trabajo no ha sido financiado.

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Bibliografía

1. Segond P. Recherches cliniques et expérimentales sur les épanchements sanguins du genou par entorse. *Bulletin du Progrès Médical*. 1879;7:297-341.
2. Vallois HV. Étude anatomique de l'articulation du genou chez les primates. Abeille, Montpellier; 1914.
3. Hughston JC, Andrews JR, Cross MJ, Moschi A. Classification of knee ligament instabilities. Part II. The lateral compartment. *J Bone Joint Surg Am*. 1976;58(2):173-9.
4. Capogna BM, Kester BS, Shenoy K, Jarrawi L, Strauss EJ, Alaia MJ. The Anterolateral Ligament (ALL) The New Ligament? *Bull Hosp Joint Dis*. 2019;77(1):64-9.
5. Galway RD, Beaupré A, MacIntosh DL. Pivot shift: a clinical sign of symptomatic anterior cruciate insufficiency. *J Bone Joint Surg (Br)*. 1972;54-B:763-4.
6. Lemaire M. Rupture ancienne du ligament croisé antérieur du genou; fréquence, clinique, traitement (46 cas). *J Chirurgie*. 1967;93:311-20.
7. García R, Brunet ME, Timon S, Barrack RL. Lateral extra-articular knee reconstruction: long-term patient

- outcome and satisfaction. *J South Orthop Assoc.* 2000;9(1):19-23.
8. Neyret P, Palomo JR, Donell ST, Dejour H. Extra-articular tenodesis for anterior cruciate ligament rupture in amateur skiers. *Br J Sports Med.* 1994;28(1):31-4.
 9. Hewison CE, Tran MN, Kaniki N, Remtulla A, Bryant D, Getgood AM. Lateral extra-articular tenodesis reduces rotational laxity when combined with anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of the literature. *Arthroscopy.* 2015;31(10):2022-34.
 10. Irvine GB, Dias JJ, Finlay DB. Segond fractures of the lateral tibial condyle: brief report. *J Bone Joint Surg Br.* 1987;69(4):613-4.
 11. Vieira EL, Vieira EA, da Silva RT, Berlfein PA, Abdalla RJ, Cohen M. An anatomic study of the iliotibial tract. *Arthroscopy.* 2007;23(3):269-74.
 12. Vincent JP, Magnussen RA, Gezmez F, Uguen A, Jacobi M, Weppe F, et al. The anterolateral ligament of the human knee: an anatomic and histologic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(1):147-52.
 13. Claes S, Vereecke E, Maes M, Victor J, Verdonk P, Bellemans J. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee. *J Anat.* 2013;223(4):321-8.
 14. Herbst E, Albers M, Burnham JM, Fu FH, Musahl V. The Anterolateral Complex of the Knee. *Orthop J Sports Med.* 2017;5(10):2325967117730805.
 15. Pomajzl R, Maerz T, Shams C, Guettler J, Bicos J. A review of the anterolateral ligament of the knee: current knowledge regarding its incidence, anatomy, biomechanics, and surgical dissection. *Arthroscopy.* 2015;31(3):583-91.
 16. Helito CP, Demange MK, Bonadio MB, Tírigo LE, Gobbi RG, Pécora JR, Camanho GL. Anatomy and histology of the knee anterolateral ligament. *Orthop J Sports Med.* 2013;1(7):2325967113513546.
 17. Daggett M, Ockuly AC, Cullen M, Busch K, Lutz C, Imbert P, Sonnery-Cottet B. Femoral origin of the anterolateral ligament: an anatomic analysis. *Arthroscopy.* 2016;32(5):835-41.
 18. Dodds AL, Halewood C, Gupte CM, Williams A, Amis AA. The anterolateral ligament: anatomy, length changes and association with the Segond fracture. *Bone Joint J.* 2014;96-B(3):325-31.
 19. Stijak L, Bumbaširević M, Radonjić V, Kadija M, Puškaš L, Milovanović D, Filipović B. Anatomic description of the anterolateral ligament of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(7):2083-8.
 20. Kosy J, Soni A, Venkatesh R, Mandalia V. The anterolateral ligament of the knee: unwrapping the enigma. Anatomical study and comparison to previous reports. *J Orthop Traumatol.* 2016;17(4):303-8.
 21. Helito CP, Miyahara HS, Bonadio MB, Tirico LEP, Gobbi RG, Demange MK, et al. Anatomical study of the anterolateral knee ligament. *Rev Bras Ortop.* 2013;48(4):368-73.
 22. Runer A, Birkmaier S, Pamminger M, Reider S, Herbst E, Künzel KH, et al. The anterolateral ligament of the knee: a dissection study. *Knee.* 2016;23(1):8-12.
 23. Kennedy MI, Claes S, Fuso FA, Williams BT, Goldsmith MT, Turnbull TL, et al. The anterolateral ligament: an anatomic, radiographic, and biomechanical analysis. *Am J Sports Med.* 2015;43(7):1606-15.
 24. Drews BH, Kessler O, Franz W, Dürselen L, Freutel M. Function and strain of the anterolateral ligament part I: biomechanical analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(4):1132-9.
 25. Imbert P, Lutz C, Daggett M, Niglis L, Freychet B, Dalmy F, Sonnery-Cottet B. Isometric characteristics of the anterolateral ligament of the knee: a cadaveric navigation study. *Arthroscopy.* 2016;32(10):2017-24.
 26. Kittl C, El-Daou H, Athwal KK, Gupte CM, Weiler A, Williams A, Amis AA. The role of the anterolateral structures and the ACL in controlling laxity of the intact and ACL-deficient knee: response. *Am J Sports Med.* 2016;44(4):NP15-8.
 27. Smith PA, Thomas DM, Pomajzl RJ, Bley JA, Pfeiffer FM, Cook JL. A biomechanical study of the role of the anterolateral ligament and the deep iliotibial band for control of a simulated pivot shift with comparison of minimally invasive extra-articular anterolateral tendon graft reconstruction versus modified Lemaire reconstruction after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2019;35(5):1473-83.
 28. Gómez A, García-Germán D, Espejo Reina A, López E, Tamimi I, Espejo Baena A. Revisión sistemática: ligamento anterolateral de la rodilla. *Rev Esp Artrosc Cir Articul.* 2018;25(1):56-70.
 29. Vaudreuil NJ, Rothrauff BB, De Sa D, Musahl V. The pivot shift: current experimental methodology and clinical utility for anterior cruciate ligament rupture and associated injury. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2019;12(1):41-9.
 30. Musahl V, Kopf S, Rabuk S, Becker R, van der Merwe W, Zaffagnini S, et al. Rotatory knee laxity tests and the pivot shift as tools for ACL treatment algorithm. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(4):793-800.
 31. Rasmussen MT, Nitri M, Williams BT, Moulton SG, Cruz RS, Dornan GJ, et al. An in vitro robotic assessment of the anterolateral ligament part 1. Secondary role of the anterolateral ligament in the setting of an anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med.* 2016;44(3):585-92.
 32. Zaffagnini S, Lopomo N, Signorelli C, Marcheggiani Muccioli GM, Bonanzinga T, et al. Innovative technology for knee laxity evaluation: clinical applicability and

- reliability of inertial sensors for quantitative analysis of the pivot-shift test. *Clin Sports Med.* 2013;32(1):61-70.
33. Zaffagnini S, Grassi A, Marcheggiani Muccioli GM, Raggi F, Romagnoli M, Bondi A, et al. The anterolateral ligament does exist. An anatomic description. *Clin Sports Med.* 2018;37(1):9-19.
 34. Flores DV, Smitaman E, Huang BK, Resnick DL. Second fracture: an MR evaluation of 146 patients with emphasis on the avulsed bone fragment and what attaches to it. *Skeletal Radiol.* 2016;45(12):1635-47.
 35. Cavaignac E, Wytrykowski K, Reina N, Pailhé R, Murgier J, Faruch M, Chiron P. Ultrasonographic identification of the anterolateral ligament of the knee. *Arthroscopy.* 2016;32(1):120-6.
 36. Cavaignac E, Faruch M, Wytrykowski K, Constant O, Murgier J, Berard E, Chiron P. Ultrasonographic evaluation of anterolateral ligament injuries: correlation with magnetic resonance imaging and pivot shift testing. *Arthroscopy.* 2017;33(7):1384-90.
 37. Kizilgöz V, Sivrioglu AK, Aydin H, Cetin T, Ulusoy GR. Assessment of the anterolateral ligament of the knee by 1.5 T magnetic resonance imaging. *J Int Med Res.* 2018;46(4):1486-95.
 38. Monaco E, Helito C, Redler A, Argento G, De Carli A, Saithna A, et al. Correlation between magnetic resonance imaging and surgical exploration of the anterolateral structures of the acute anterior cruciate ligament-injured knee. *Am J Sports Med.* 2019;47(5):1186-93.
 39. Marshall t, Oak SR, Subhas N, Polster J, Winalski C, Spindler KP. Can the Anterolateral Ligament be reliably identified in anterior cruciate ligament-intact and anterior cruciate ligament-injured knees on 3-T magnetic resonance imaging? *Orthop J Sports Med.* 2018;6(9):2325967118796452.
 40. Puzzitiello RN, Agarwalla A, Zuke WA, García GH, Forsythe B. Imaging diagnosis of injury to the anterolateral ligament in patients with anterior cruciate ligaments: association of anterolateral ligament injury with other types of knee pathology and grade of pivot shift examination: a systematic review. *Arthroscopy.* 2018;34(9):2728-38.
 41. Getgood A, Brown C, Lording T, Amis A, Claes S, Geeslin A, Musahl V; ALC Consensus Group. The anterolateral complex of the knee: results from the International ALC Consensus Group Meeting. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(1):166-76.
 42. Sonnery-Cottet B, Daggett M, Fayard JM, Ferretti A, Helito CP, Lind M, et al. Anterolateral Ligament Expert Group consensus paper on the management of internal rotation and instability of the anterior cruciate ligament - deficient knee. *J Orthop Traumatol.* 2017;18(2):91-106.
 43. Trojani C, Beaufls P, Burdin G, Bussi re C, Chassaing V, Djian P, et al. Revision ACL reconstruction: influence of a lateral tenodesis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(8): 1565-70.
 44. Tan SH, Lau BP, Khin LW, Lingaraj K. The importance of patient sex in the outcomes of anterior cruciate ligament reconstructions: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2016;44(1):242-54.
 45. Andernord D, Desai N, Bjornsson H, Ylander M, Karlsson J, Samuelsson K. Patient predictors of early revision surgery after anterior cruciate ligament reconstruction: a cohort study of 16,930 patients with 2-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2015;43(1):121-7.
 46. Bourke HE, Salmon LJ, Waller A, Patterson V, Pinczewski LA. Survival of the anterior cruciate ligament graft and the contralateral ACL at a minimum of 15 years. *Am J Sports Med.* 2012;40(9):1985-92.
 47. Pujol N, Blanchi MP, Chambat P. The incidence of anterior cruciate ligament injuries among competitive Alpine skiers: a 25-year investigation. *Am J Sports Med.* 2007;35(7):1070-4.
 48. Sonnery-Cottet B, Vieira TD, Ouanazar H. Anterolateral Ligament of the Knee: Diagnosis, Indications, Technique, Outcomes. *Arthroscopy.* 2019;35(2):302-3.
 49. Lerat JL, Moyen BL, Cladi re F, Besse JL, Abidi H. Knee instability after injury to the anterior cruciate ligament. Quantification of the Lachman test. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82(1):42-7.
 50. Kaeding CC, Pedroza AD, Reinke EK, Huston LJ; MOON Consortium, Spindler KP. 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(7):1583-90.
 51. Webster KE, Feller JA. Exploring the high reinjury rate in younger patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2016;44(11): 2827-32.
 52. Paterno MV, Rauh MJ, Schmitt LC, Ford KR, Hewett TE. Incidence of Second ACL injuries 2 years after primary ACL reconstruction and return to sport. *Am J Sports Med.* 2014;42(7):1567-73.
 53. Seon JK, Gadikota HR, Kozanek M, Oh LS, Gill TJ, Li G. The effect of anterior cruciate ligament reconstruction on kinematics of the knee with combined anterior cruciate ligament injury and subtotal medial meniscectomy: an in vitro robotic investigation. *Arthroscopy.* 2009;25(2):123-30.
 54. Robb C, Kempshall P, Getgood A, Standell H, Sprowson A, Thompson P, Spalding T. Meniscal integrity predicts laxity of anterior cruciate ligament reconstruc-

- tion. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015;23(12):3683-90.
55. Claes S, Hermie L, Verdonk R, Bellemans J, Verdonk P. Is osteoarthritis an inevitable consequence of anterior cruciate ligament reconstruction? A meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(9):1967-76.
 56. Melugin HP, Johnson NR, Wu IT, Levy BA, Stuart MJ, Krych AJ. Is treatment of Segond fracture necessary with combined anterior cruciate ligament reconstruction? *Am J Sports Med*. 2018;46(4):832-8.
 57. Claes S, Luyckx T, Vereecke E, Bellemans J. The Segond fracture: a bony injury of the anterolateral ligament of the knee. *Arthroscopy*. 2014;30(11):1475-82.
 58. Albers M, Shaikh H, Herbst E, Onishi K, Nagai K, Musahl V, Fu FH. The iliotibial band and anterolateral capsule have a combined attachment to the Segond fracture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26(5):1305-10.
 59. Sonnery-Cottet B, Thauinat M, Freychet B, Pupim BH, Murphy CG, Claes S. Outcome of a Combined Anterior Cruciate Ligament and Anterolateral Ligament Reconstruction Technique With a Minimum 2-Year Follow-up. *Am J Sports Med*. 2015;43(7):1598-605.
 60. Herbst E, Hoser C, Tecklenburg K, Filipovic M, Dallapozza C, Herbort M, Fink C. The lateral femoral notch sign following ACL injury: frequency, morphology and relation to meniscal injury and sports activity. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(8):2250-8.
 61. Mathew M, Dhollander A, Getgood A. Anterolateral Ligament Reconstruction or Extra-Articular Tenodesis: Why and When? *Clin Sports Med*. 2018;37(1):75-86.
 62. Rahnama-Azar AA, Yaseen Z, van Eck CF, Irrgang JJ, Fu FH, Musahl V. Increased lateral tibial plateau slope predisposes male college football players to anterior cruciate ligament injury. *J Bone Joint Surg Am*. 2016;98(12):1001-6.
 63. Helito CP, Camargo DB, Sobrado MF, Bonadio MB, Giglio PN, Pécora JR, et al. Combined reconstruction of the anterolateral ligament in chronic ACL injuries leads to better clinical outcomes than isolated ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26(12):3652-9.
 64. Logan M, Dunstan E, Robinson J, Williams A, Gedroyc W, Freeman M. Tibiofemoral kinematics of the anterior cruciate ligament (ACL)-deficient weightbearing, living knee employing vertical access open "interventional" multiple resonance imaging. *Am J Sports Med*. 2004;32(3):720-6.
 65. Duthon VB, Magnussen RA, Servien E, Neyret P. ACL reconstruction and extraarticular tenodesis. *Clin Sports Med*. 2013;32(1):141-53.
 66. Sonnery-Cottet B, Daggett M, Helito CP, Fayard JM, Thauinat M. Combined anterior cruciate ligament and anterolateral ligament reconstruction. *Arthrosc Tech*. 2016;5(6):e1253-e1259.
 67. Espejo-Baena A, Espejo-Reina A, Gómez-Cáceres A, Espejo-Reina MJ, Dalla Rosa-Nogales J. Associated Reconstruction of Anterior Cruciate and Anterolateral Ligaments With Single Asymmetric Hamstring Tendons Graft. *Arthrosc Tech*. 2017;6(5):e2039-e2046.
 68. Kernkamp WA, van de Velde SK, Bakker EW, van Arkel ER. Anterolateral Extra-articular Soft Tissue Reconstruction in Anterolateral Rotatory Instability of the Knee. *Arthrosc Tech*. 2015;4(6):e863-867.
 69. Getgood A, Bryant D, Firth A; Stability Group. The Stability study: a protocol for a multicenter randomized clinical trial comparing anterior cruciate ligament reconstruction with and without Lateral Extra-articular Tenodesis in individuals who are at high risk of graft failure. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019;20(1):216.
 70. Spencer L, Burkhart TA, Tran MN, Rezansoff AJ, Deo S, Catherine S, Getgood AM. Biomechanical analysis of simulated clinical testing and reconstruction of the anterolateral ligament of the knee. *Am J Sports Med*. 2015;43(9):2189-97.
 71. Ferretti A, Monaco E, Fabbri M, Mazza D, De Carli A. The Fascia Lata Anterolateral Tenodesis Technique. *Arthrosc Tech*. 2017;6(1):e81-e86.
 72. Espejo A, Moro JA, Montañez E, De la Varga V, Urbano V, Queipo de Llano A. Ligamentoplastia trifascicular del ligamento cruzado anterior con tendones de la pata de ganso. *Cuad Artrosc*. 1995;2(2):35-40.
 73. Wagih AM, Elguindy AM. Percutaneous reconstruction of the anterolateral ligament of the knee with a polyester tape. *Arthrosc Tech*. 2016;5(4):e691-e697.
 74. Chahla J, Menge TJ, Mitchell JJ, Dean CS, LaPrade RF. Anterolateral Ligament Reconstruction Technique: an Anatomic-Based Approach. *Arthrosc Tech*. 2016;5(3):e453-e457.
 75. Monaco E, Mazza D, Redler A, Drogo P, Wolf MR, Ferretti A. Anterolateral Ligament Repair Augmented With Suture Tape in Acute Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthrosc Tech*. 2019;8(4):e369-e373.
 76. Ireland J, Trickey E. Macintosh tenodesis for anterolateral instability of the knee. *Bone Joint J*. 1980;62(3):340-5.
 77. Amirault J, Cameron J, MacIntosh D, Marks P. Chronic anterior cruciate ligament deficiency. Long-term results of MacIntosh's lateral substitution reconstruction. *Bone Joint J*. 1988;70(4):622-4.
 78. Barrett DS, Mackenney RP. MacIntosh-Jones reconstruction for the unstable knee. *Injury*. 1991;22(4):282-6.
 79. Noyes FR, Barber SD. The effect of an extra-articular procedure on allograft reconstructions for chronic

- ruptures of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73(6):882-92.
80. Zaffagnini S, Marcheggiani Muccioli GM, Grassi A, Roberti di Sarsina T, Raggi F, Signorelli C, et al. Over-the-top ACL reconstruction plus extra-articular lateral tenodesis with hamstring tendon grafts: prospective evaluation with 20-year minimum follow-up. *Am J Sports Med.* 2017;45(14):3233-42.
81. Dalla-Rosa J, Espejo-Reina A, Tamimi I, Espejo-Reina MJ, Lombardo-Torre M, Espejo-Baena A. Long Term Results of ACL Reconstruction Using a Non-anatomic Double-Bundle Technique with Extraarticular Reinforcement. *J Knee Surg.* 2019;10.1055/s-0039-1700575.
82. Devitt B, Bell S, Ardern C, Hartwig T, Porter TJ, Feller JA, Webster KE. The role of lateral extra-articular tenodesis in primary anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review with meta-analysis and best-evidence synthesis. *Orthop J Sports Med.* 2017;5(10):2325967117731767.
83. Devitt BM, Bouguennec N, Barfod KW, Porter T, Webster KE, Feller JA. Combined anterior cruciate ligament reconstruction and lateral extra-articular tenodesis does not result in an increased rate of osteoarthritis: a systematic review and best evidence synthesis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(4):1149-60.
84. Delaloye JR, Murar J, González M, Amaral T, Kakatkar V, Sonnery-Cottet B. Clinical Outcomes After Combined Anterior Cruciate Ligament and Anterolateral Ligament Reconstruction. *Tech Orthop.* 2018;33(4):225-31.
85. Rosenstiel N, Praz C, Ouanezar H, Saithna A, Fournier Y, Hager JP, et al. Combined Anterior Cruciate and Anterolateral Ligament Reconstruction in the Professional Athlete: Clinical Outcomes From the Scientific Anterior Cruciate Ligament Network International Study Group in a Series of 70 Patients With a Minimum Follow-Up of 2 Years. *Arthroscopy.* 2019;35(3):885-92.
86. Sonnery-Cottet B, Saithna A, Blakeney WG, Ouanezar H, Borade A, Daggett M, et al. Anterolateral ligament reconstruction protects the repaired medial meniscus: a comparative study of 383 anterior cruciate ligament reconstructions from the SANTI study group with a minimum follow-up of 2 years. *Am J Sports Med.* 2018;46(8):1819-26.
87. Lee DW, Kim JG, Cho SI, Kim DH. Clinical Outcomes of Isolated Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction or in Combination With Anatomic Anterolateral Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2019;47(2):324-33.