

VNiVERSiDAD D SALAMANCA

E. U. de ENFERMERÍA y FISIOTERAPIA

Grado en Fisioterapia

TRABAJO DE FIN DE GRADO

TRABAJO de INVESTIGACIÓN

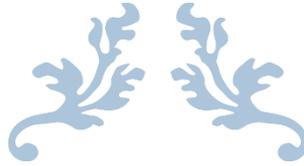
ANTEROLATERAL LIGAMENT of the KNEE:
ANATOMICAL and BIOMECHANICAL STUDY

LIGAMENTO ANTEROLATERAL de la RODILLA: ESTUDIO ANATÓMICO
y BIOMECÁNICO

- Alumno: ÁLVARO LÓPEZ SÁNCHEZ
- Tutor: MIGUEL ROBLES GARCÍA

Salamanca, a fecha 15 de Junio de 2017.





➤ **ÍNDICE**

○ RESUMEN.....	1
○ INTRODUCCIÓN.....	1
○ OBJETIVOS.....	3
○ MATERIAL y MÉTODOS.....	3
○ RESULTADOS	
▪ Características cualitativas del LAL.....	7
▪ Características cuantitativas del LAL.....	11
○ DISCUSIÓN.....	13
▪ Limitaciones.....	21
○ CONCLUSIÓN.....	21
○ BIBLIOGRAFÍA.....	22



- RESUMEN

-Introducción: En 1879, el cirujano francés Paul Segond, en su estudio sobre una fractura ósea de tipo avulsión de un fragmento óseo de la meseta tibial lateral, fue el primero en objetivar la presencia del ligamento anterolateral. Sin embargo, el debate sobre dicha estructura continua a día de hoy. Si bien es cierto que sus características anatómicas están prácticamente definidas, se desconoce cuál es su rol o papel biomecánico con certeza sobre la estabilidad de la rodilla. **-Material y Métodos:** Se realizaron dos disecciones anatómicas (n=2; 1 hombre y 1 mujer) de la cara anterolateral de la rodilla siguiendo un protocolo descrito previamente con algunos matices. **Resultados:** Se identificó el ligamento anterolateral (LAL) en sendos cadáveres con unas características anatómicas que se asemejan al estudio de Claes et al. ^{1,2}. **-Discusión:** A pesar de que las características anatómicas están bien definidas, salvo cierto debate que existe en torno al origen femoral del LAL e histológicamente la literatura actual defiende que presenta una estructura ligamentosa, se desconoce con certeza cuál es su papel biomecánico y su importancia en la estabilidad de la rodilla o la presencia de pivot-shift y la relación que puede tener con dos patologías como la Fractura de Segond y lesiones del LCA. **-Conclusión:** el LAL es una estructura ligamentosa extra-capsular de la cara anterolateral de la rodilla cuya funcionalidad está relacionada con la estabilidad rotacional de la rodilla, si bien es cierto que se necesita seguir estudiando su papel biomecánico.

- INTRODUCCIÓN

En 1879, años antes del descubrimiento de las radiografías, el cirujano francés Paul Segond fue el primero, tras el hallazgo de un patrón de fractura de avulsión en la cara anterolateral proximal de la tibia, conocida hoy como Fractura de Segond, en describir el ligamento anterolateral (LAL) en ese lugar anatómico como “una banda fibrosa, resistente y nacarada”. El Doctor por la Universidad de Medicina de París observó que su homónima fractura era el resultado de la aplicación de fuerzas de rotación interna, y que, además, estas fuerzas provocaban que dicha “banda fibrosa” alcanzase cantidades extremas de tensión. ^{1,2,3,4,5}

El tema fue sacado del ostracismo por Milch, en 1936, que por casualidad se topó con el trabajo experimental de Segond. A través de proyecciones radiológicas, observó “una sorprendente uniformidad” en esta enigmática lesión, atribuyendo su

causalidad a “una avulsión posterior a la inserción de la banda iliotibial en el tubérculo de Gerdy”.²

De nuevo pasaron unos años hasta que en 1979, justo 100 años después del descubrimiento de Segond, Woods et al.⁶ relacionaron la fractura del francés con una inestabilidad rotacional de la rodilla. En su estudio, los 4 casos agudos que radiológicamente presentaron una fractura de Segond tuvieron una rotura concomitante de ligamento cruzado anterior (LCA). Este trabajo, junto a los de Goldman et al., (1988) y Hess et al., (1994) ha llevado a la asociación patognomónica de las fracturas de Segond con desgarros del LCA. ^{1,2}

Tras todos los anteriores estudios, la realidad es que, a pesar de haber estudiado tanto la fractura de Segond y su relación con la lesión del LCA, se desconocía la relevancia clínica de esta fractura por si sola y, por ende, la estructura anatómica causante de la avulsión de la lámina ósea que se desprende desde la meseta tibial lateral.

Pero la literatura reciente, destacando el trabajo de Claes et al.¹, ha proporcionado estudios anatómicos detallados sobre esta “nueva” estructura de la rodilla conocida como ligamento anterolateral. El LAL se inserta en el epicóndilo femoral lateral y presenta una proyección oblicua hasta insertarse en la región anterolateral de la tibia entre el tubérculo de Gerdy y la cabeza del peroné. Así pues, gracias a los trabajos de Claes et al., Hugston et al., Muller et al., y más recientemente Monaco et al. y Parsons et al, se ha esbozado el rol biomecánico que tiene el LAL en la estabilidad rotacional de rodilla, contribuyendo su interrupción al fenómeno de pivot-shift. ^{1,2,3,7}

En la actualidad el debate se está focalizando en esto último, puesto que se ha objetivado que, tras una reconstrucción del LCA es elevada la tasa de pivot-shift residual, independientemente de la técnica quirúrgica aplicada, y todo apunta a que el motivo de esto se encuentre en las estructuras periféricas de la cara anterolateral de la rodilla involucradas en el control de la rotación interna.

- **OBJETIVOS**

Para nuestro estudio los objetivos planteados son la identificación del ligamento anterolateral sobre cadáveres, determinar su localización, definir sus características anatómicas como origen-inserción y recorrido, y expansiones a otras estructuras como el menisco lateral (ML) y el ligamento colateral lateral (LCL) y sus características biomecánicas, estudiando su rol o papel en la estabilidad rotacional de rodilla, sobre todo presente ante movimientos de rotación interna de rodilla.

También se intentará relacionar esta estructura con dos patologías estrechamente asociadas como la Fractura de Segond y lesiones del LCA. Estudiaremos este papel biomecánico del LAL y discutiremos su importancia a la hora de llevar a cabo una reconstrucción del LAL ante una rotura concomitante de LCA y LAL, para evitar así el fenómeno de pivot-shift residual postoperatorio tras una reconstrucción de LCA.

Por último, se debatirán las diferencias anatómicas que puede presentar el LAL entre géneros.

- **MATERIAL y MÉTODOS**

Para nuestro pequeño estudio se tuvieron en cuenta un total de 4 rodillas de cuatro cadáveres diferentes embalsamados en formol [3 hombres y 1 mujer; edad media de muerte, 76,5 años (rango 71-83 años)]. Los sujetos se obtuvieron gracias al Departamento de Anatomía de la Universidad de Medicina de Salamanca, donde se llevaron a cabo las disecciones. Se tuvieron en cuenta como criterios de exclusión aquellas que tuvieran grandes deformidades de la rodilla, rodillas que hubiesen sufrido una artroscopia total, amputaciones tanto por encima como por debajo de la rodilla, evidencia clara de una lesión del LCA o rodillas con una reconstrucción del LCA o con previa cirugía de la rodilla. Esto dejó nuestro análisis con una muestra de 2 rodillas a diseccionar de dos cadáveres diferentes [1 hombre y 1 mujer; edad media de muerte, 79 años (rango 75-83 años)].

Para la disección del LAL seguimos un protocolo estándar descrito previamente ^{1,2,3,8} con ciertos matices. Iniciamos la disección marcando sobre la piel los siguientes puntos de referencia anatómicos de la cara anterolateral de la rodilla: la rótula, la cabeza del peroné, el tubérculo de Gerdy y el origen e inserción donde

nosotros esperábamos encontrar el LAL. Una vez hecho esto, se inició la disección con un corte cutáneo rectangular localizado en la cara lateral de la rodilla. Se extirpó todo el tejido graso subcutáneo, para poder visualizar bien la banda iliotibial (BIT), y el vientre muscular y el tendón de la cabeza corta del bíceps femoral. A continuación, se realizó un corte transversal de la BIT a unos 6-8 cm proximal del epicóndilo femoral lateral, puesto que LAL y la BIT en esta región se encuentran fuertemente adheridos, y además, se desinsertó la BIT de su inserción tibial en el tubérculo de Gerdy, por lo que fue necesario un corte para separar las fibras más profundas de la BIT que están unidas al tabique intermuscular lateral y al retináculo. De hecho, tal y como se afirma en el trabajo de Terry et al., la BIT forma la capa más superficial junto con el tendón del bíceps femoral (Capa I) de la cara lateral de la rodilla, solo unida anteriormente al retináculo lateral de la rótula que conformaría la capa intermedia junto al ligamento patelofemoral (Capa II).^{4,9}

Una vez que tenemos la BIT reflejada, es muy sencillo localizar el ligamento colateral lateral (LCL), que discurre desde una depresión en el epicóndilo femoral lateral hasta la cabeza del peroné. Superponiéndose todavía al LCL, nos encontramos la “lámina superficial de la cápsula”, para resecaarla se realiza una incisión posterior y paralela al LCL y así poder delinear su aspecto posterior. Se fue muy cuidadoso a la hora de seguir con dicho corte hacia el origen del LCL puesto que, como veremos posteriormente, el origen femoral del LAL y del LCL están íntimamente relacionados y además el origen del LAL presenta cierta variabilidad.^{1,2,3,8}

Tras lo anterior, se colocó la rodilla con una flexión de 60° y se rotó desde el pie internamente la tibia, para tensionar las fibras que se encuentran anteriores al LCL y dibujar su curso desde el epicóndilo femoral lateral hasta la cara anterolateral de la tibia proximal, anteriormente y posteriormente, a la cabeza del peroné y al tubérculo de Gerdy, respectivamente. No es recomendable aplicar más gradiente de flexión debido a que algunos cadáveres pueden presentar limitaciones en la movilidad y podemos dañar algunas estructuras. En esta posición, es muy sencillo identificar las fibras que conforman el ligamento anterolateral (LAL), de tal manera que cualquier fibra tensada con la maniobra anterior no se extirpó.^{1,2,3,8} Además, se distinguían fácilmente de las fibras de la cápsula que forman la “capa más profunda y delgada” (Capa III) situadas anteriormente al LAL.^{4,9}

Finalmente, se aislaron todas estas fibras del LAL (comenzando por el borde posterior y luego el borde anterior), de tal manera que se siguió el siguiente orden: primero, se “limpió” la inserción tibial del LAL, posterior y proximal al tubérculo de Gerdy. Se siguió “delineando” su recorrido hacia proximal hasta llegar a la cara lateral del fémur donde asienta su origen. En la zona proximal hubo que ser muy cuidadoso para no dañar las fibras que interrelacionan el LCL con el LAL. ^{1,2,3,8}

Nosotros además tuvimos en cuenta ciertas relaciones que presenta el LAL con otras estructuras como el menisco lateral (ML), el tendón del poplíteo (TP) y el ligamento poplíteo-peroneo (LPP), y la arteria y vena geniculada ínfero-lateral (LIGA). (*Imagen 1 y 2*).

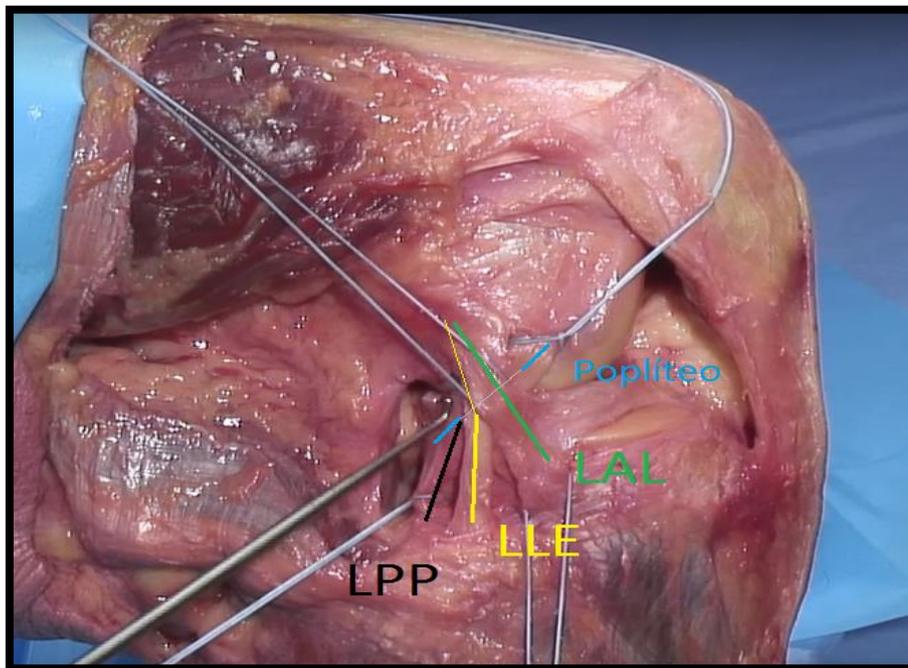


Imagen 1: vista lateral de la disección del ligamento anterolateral disponible en *Arthrex.com*¹⁰ y editada por nosotros, que muestra las estructuras de la cara anterolateral de la rodilla con la BIT reflejada. Línea azul, tendón del poplíteo; línea verde, ligamento anterolateral; Línea amarilla, ligamento colateral lateral; línea negra, ligamento poplíteo-peroneo.

Así pues, una vez que tuvimos aislado el LCL y el LAL, sabemos que el tendón del poplíteo discurre intra-articularmente desde su origen, que se ubica más anterior en el cóndilo femoral lateral que el origen del LAL, y se dirige hacia la región posterolateral de la rodilla hasta encontrarnos la unión musculotendinosa y su vientre muscular, que se inserta en la cara posterior de la tibia por encima de la línea oblicua

de esta¹². De manera que se puede observar un ligamento que conecta el tendón del poplíteo con la cabeza del peroné llamado ligamento poplíteo-peroneo (LPP). El LPP es una estructura muy interesante debido a que es el antagonista del LAL, puesto que mientras el LAL se tensa con la rotación interna y con la rotación externa no, el LPP se tensa con la rotación externa y con la rotación interna no.

Respecto al menisco lateral (ML), el LAL presenta dos conexiones que denominaremos porción menisco-femoral del LAL, que va desde las fibras del origen del LAL hasta la parte más externa y proximal del cuerpo meniscal lateral; y la porción menisco-tibial del LAL, que va desde las fibras de la inserción del LAL hasta la parte más externa y distal del cuerpo meniscal lateral.

Además, entre estas tres estructuras, es decir entre el LAL, la porción menisco-femoral del LAL y la porción menico-tibial del LAL se forma una especie de “triángulo” por el que discurre la arteria y vena geniculada ínfero lateral. (*Imagen 2*)

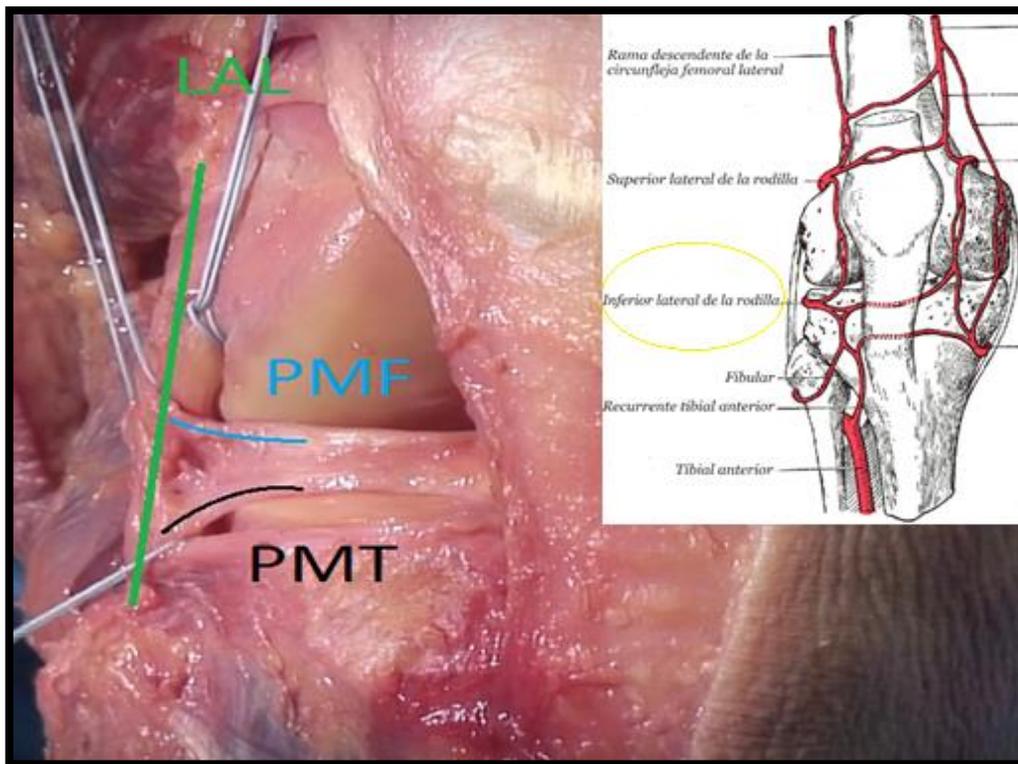


Imagen 2: vista anterior de la disección del ligamento anterolateral disponible en *Arthrex.com*¹⁰ y editada por nosotros, que muestra el “triángulo” por el que discurre la arteria y vena geniculada ínfero lateral. LAL, ligamento anterolateral; PMF, porción menisco-femoral del LAL; PMT, porción menisco-tibial del LAL.

Tras completar la disección, en nuestro estudio tomamos algunas medidas con los medios que disponíamos. Se evaluó la longitud del LAL, la anchura tanto de origen como de inserción y la distancia del centro de la inserción tibial del LAL respecto al centro de la cabeza del peroné (CP) (distancia LAL-CP) y al centro del tubérculo de Gerdy (TG) (distancia LAL-TG) a través de un goniómetro estándar. Si bien es cierto que en la mayoría de estudios sobre el tema evalúan estos parámetros y a mayores el grosor del LAL a nivel de la línea articular mediante un calibrador digital como el usado en los estudios de Claes et al.,¹ o el de Dagget et al.,³ con una precisión de 0.0005"/0.01mm (Mit500196-20; Mitutoyo, Japón).

- **RESULTADOS**

-**Características cualitativas del LAL:**

Dos de los cuatro cadáveres a diseccionar cumplieron los criterios de inclusión. En todas las rodillas diseccionadas (n= 2; 1 hombre y 1 mujer) se pudo identificar en la cara anterolateral de la rodilla una estructura ligamentosa extra-articular independiente de las fibras de la capa más profunda y delgada de la cápsula articular (Capa III), que se identificó como el ligamento anterolateral (*Imagen 3 y 4*).

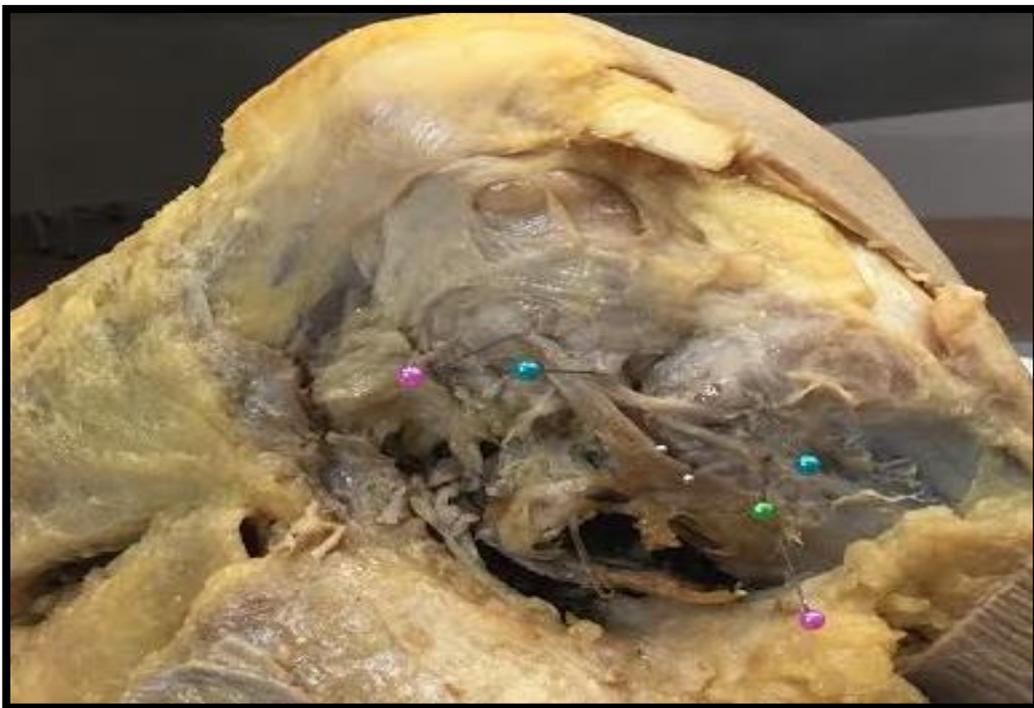


Imagen 3: *vista lateral de la disección de una rodilla derecha de un sujeto femenino de nuestro estudio, que muestra origen-inserción y recorrido del LAL. Chinchetas moradas, LCL; Chinchetas azul verdoso y verde, LAL.*



Imagen 3: vista lateral de la disección de una rodilla derecha de un sujeto varón de nuestro estudio, que muestra origen-inserción y recorrido del LAL. Chinchetas moradas, LCL; Chinchetas azul verdoso, LAL.

En todas nuestras muestras pudimos encontrar el origen del ligamento anterolateral (LAL) en el epicóndilo femoral lateral, distal y anterior al origen del ligamento colateral lateral (LCL), con la presencia de numerosas fibras que interconectan ambas estructuras, de hecho, algunos autores han propuesto denominarlo el “complejo ligamentoso colateral lateral (CLCL)”¹. Por otro lado, el origen del LAL lo encontramos proximal y posterior a la llegada del tendón del poplíteo al cóndilo femoral lateral, en contra de lo expuesto por otros como Vincent et al.,¹¹ que localizaron el origen del LAL “anterior al tendón del poplíteo”, estando estrechamente relacionados con fibras que les interconectaban.

Desde ahí, el ligamento anterolateral, describe un curso oblicuo hacia distal y anterior, mostrando expansiones a la parte periférica del cuerpo del menisco lateral (ML), que veremos más detalladamente posteriormente. La inserción del LAL la encontramos en la cara anterolateral de la parte proximal de la tibia, justo en el punto de la tibia que se desprende ante una Fractura de Segond.²

Como ya dijimos anteriormente, está íntimamente relacionado con el menisco lateral. Por un lado, desde las fibras que discurren desde la zona de origen femoral hacia distal, a nivel de la línea articular se observaron unas fibras que conectan el LAL con la región más periférica proximal del cuerpo del menisco lateral; por otro lado, desde las fibras que discurren desde la zona de la inserción tibial, a nivel de la línea

articular, se encontraron unas fibras que conectaban el LAL con la región más periférica distal del cuerpo del menisco lateral. Ambas porciones se conocen como la porción menisco-femoral del LAL y la porción menisco-tibial del LAL, respectivamente. Además, entre las dos porciones y el propio LAL se dibuja un agujero que es por donde para la arteria y vena geniculada latero-inferior (*Imagen 2*).

Para ayudarnos a entender y a aceptar la existencia de esta estructura debemos recordar y comprender la biomecánica de la rodilla formada por la articulación femoropatelar y la femorotibial. Es una articulación troclear que básicamente presenta un grado de libertad de movimiento -flexo-extensión- y accesoriamente un segundo grado de libertad -rotaciones axiales de la pierna- que solo aparecen cuando la rodilla está flexionada. ^{12,13}

Biomecánicamente, si nos centramos en cómo se comportan las estructuras con el movimiento de rotación axial, sabemos que con la rotación interna de la tibia sobre el fémur, el cóndilo medial avanza sobre la glenoides medial y el cóndilo lateral retrocede sobre la glenoides lateral, con la rotación externa es justamente al contrario. A esto hay que sumarle que el recorrido que dibuja el cóndilo lateral es dos veces mayor que el medial, debido a la forma de la superficie tibial, ya que mientras que la glenoides medial es cóncava en ambos sentidos, la glenoides lateral es cóncava transversalmente y convexa sagitalmente, lo que da como resultado que la glenoides lateral está en una posición inestable y su estabilidad depende en gran medida de la integridad del LCA. ^{12,13}

A mayores, la forma de la espina tibial en su vertiente medial es cóncava, es decir, es parte de la glenoides medial y la vertiente lateral de la espina tibial lateral es convexa, esto sumado a que la espina tibial medial es más alta, biomecánicamente hace que se comporte como un tope en el cual impacta el cóndilo medial durante las rotaciones, mientras que el cóndilo lateral más bien rodea o se mueve en torno a la espina tibial lateral, no tiene un tope como tal. Por esta razón el eje de rotación no pasa entre las dos espinas tibiales si no por la vertiente articular (vertiente medial) de la espina tibial medial que forma el verdadero pivote central. Esto también se traduce en el mayor movimiento del menisco lateral (12 mm) respecto al menisco medial (6 mm) gracias a la proximidad de los cuernos del menisco lateral, ya que los meniscos tienen que seguir a los cóndilos y no a la glenoides con el movimiento.¹³

Una vez comprendida la mecánica del movimiento, es momento de hablar de las estructuras ligamentosas que dan estabilidad a la rodilla. En la cara lateral nos encontramos con el ligamento colateral lateral (LCL), que es oblicuo hacia distal y posterior, originándose en el epicóndilo femoral lateral e insertándose en la parte anterolateral de la cabeza del peroné, por delante de la apófisis estiloides donde se inserta el ligamento poplíteo-peroneo, que limitará la rotación externa, siendo el antagonista del LAL. Además, sabemos que el LCL no emite expansiones al menisco lateral, ya que entre medias de ambos pasa el tendón del poplíteo.^{12,13}

La función de los ligamentos colaterales en los movimientos rotarios se explica por razones mecánicas de simetría, en rotación neutra el ligamento colateral medial discurre distal y anteriormente, mientras que el ligamento colateral lateral lo hace distal y posteriormente. Durante la rotación interna, pasan a disponerse paralelamente, por lo que las superficies articulares quedan menos coaptadas por los ligamentos colaterales y esta función recae, sobre todo, en los ligamentos cruzados. En cambio, en rotación externa se acentúa la oblicuidad de los ligamentos colaterales, por lo que las superficies articulares quedan coaptadas por estos y no por los cruzados. En resumen, los ligamentos colaterales limitan la rotación externa y los cruzados la rotación interna.¹³

Después de haber entendido el funcionamiento de esta articulación, vemos casi necesaria la existencia de otras defensas periféricas en la región anterolateral de la rodilla, como es la de este ligamento anterolateral (LAL). La forma de la glenoides lateral da como resultado una mayor inestabilidad a la hora de articularse con el cóndilo lateral, estabilidad que nos proporciona el LCA. Por lo que debido a la mayor movilidad que presentan las estructuras del compartimento lateral, se hace evidente la necesidad de una estructura periférica como el LAL, que pueda reforzar la función del cruzado. Otro de los motivos, que corroboran la presencia de esta estructura, es la oblicuidad de los ligamentos colaterales mencionada anteriormente, que provocan que la rotación interna haya de ser controlada por los ligamentos cruzados. Así pues, aquí el ligamento anterolateral se presenta como otro refuerzo necesario en el control de la rotación interna, ya que, en cambio, la rotación externa queda controlada por los ligamentos colaterales, más resistentes que los cruzados¹³, por lo que no es necesaria una estructura similar al LAL en la región anteromedial de la rodilla, que refuercen a los ligamentos colaterales durante la rotación externa.

Otro de los motivos quizás sea fijarnos en la lesión concomitante de LAL y LCA. Sabemos que, durante la flexión, los meniscos retroceden, el menisco lateral lo hace el doble respecto al menisco medial ayudado, por la expansión del poplíteo y por las porciones menisco-femorales y tibiales del LAL. Si a esto le añadimos un movimiento de rotación axial, durante la rotación interna el menisco medial avanza y el menisco lateral retrocede siguiendo a los cóndilos. De manera que, ante un movimiento de flexión de rodilla y rotación interna de tibia, la tensión que sufre el LAL es alta, y si se excede su capacidad de elongación se produce la lesión.

-Características cuantitativas del LAL:

En nuestro pequeño estudio se tomaron medidas de la longitud del LAL en distintas posiciones, la anchura tanto del origen como de la inserción y la distancia del centro de la inserción tibial respecto al centro de la cabeza del peroné (CP) (distancia LAL-CP) y al centro del tubérculo de Gerdy (TG) (distancia LAL-TG), a través de un goniómetro estándar. Estas medidas están plasmadas en la *Tabla 1*.

TABLA 1									
Muestra	Rodilla	Sexo	Longitud LAL (mm)			Anchura LAL (mm)		Distancia (mm)	
			<i>Extensión</i>	<i>Flexión 90°</i>		<i>Origen femoral</i>	<i>Inserción tibial</i>	<i>TG-LAL</i>	<i>CP-LAL</i>
				<i>RN</i>	<i>RI</i>				
1	Derecha	Hombre	37	42	46	10	14	22	22
2	Derecha	Mujer	33	39	44	9	11	21	20
MEDIAS			35	40,5	45	9,5	12,5	21,5	21

Tabla 1: tabla que representa las medidas tomadas en nuestro estudio. LAL, ligamento anterolateral; TG, tubérculo de Gerdy; CP, cabeza del peroné; RN, rotación neutra; RI, rotación interna.

La longitud media del LAL fue de 35 mm en extensión. En cambio, en rotación neutra y 90° de flexión fue de 40.5 mm, apareciendo ya tensión en el ligamento a partir de los 20°-30° de flexión, mientras que en rotación interna y 90° de flexión fue de 45 mm (*Imagen 5*). En el *Gráfico 1* queda reflejado este cambio de longitud del LAL, siendo así una estructura no isométrica durante los distintos rangos de movimiento. La

anchura media del origen femoral fue de 9.5 mm, mientras que la anchura media de la inserción tibial fue de 12.5 mm.



Imagen 5: vista lateral de la disección de una rodilla derecha de un sujeto varón de nuestro estudio, que representa la tensión del LAL en 90° de flexión más rotación interna de rodilla. Chinchetas moradas, LCL; Chinchetas azul verdoso, LAL.

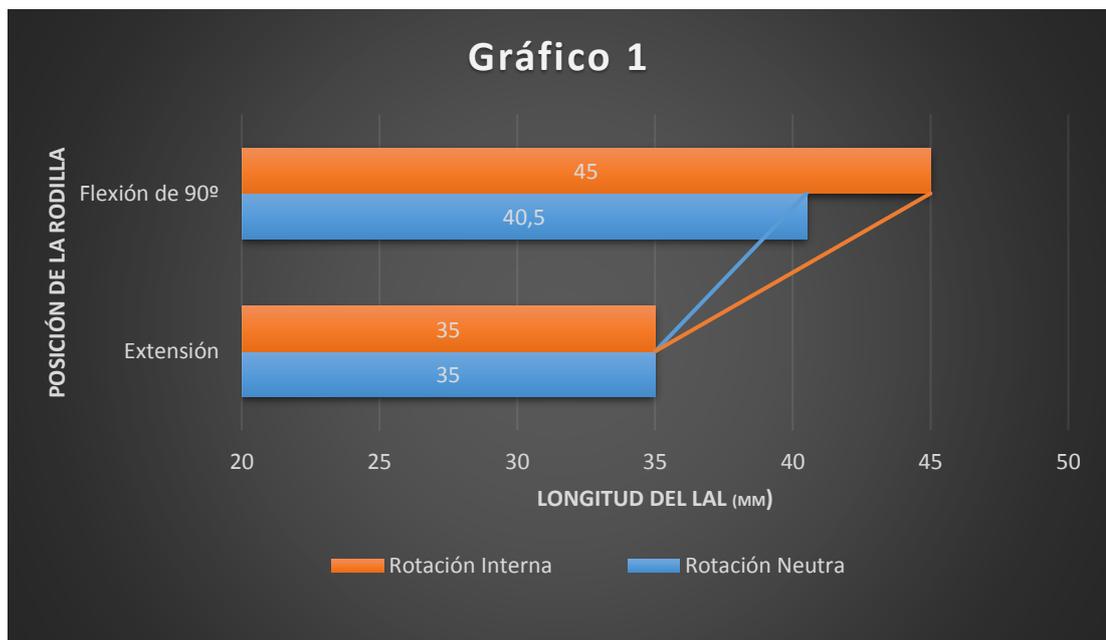


Gráfico 1: gráfico que muestra el cambio de longitud que presenta el LAL al pasar de una posición de extensión de rodilla, a una posición de 90° de flexión y añadirle el componente rotacional. LAL, ligamento anterolateral.

Tras medir la anchura de la inserción tibial, se evaluó la distancia del centro de la inserción tibial del LAL hasta el tubérculo de Gerdy (distancia TG-LAL), y desde

el centro de la inserción tibial del LAL hasta la cabeza del peroné (distancia CP-LAL). Tuvieron unos valores de media de 21.5 mm y 21 mm, respectivamente. Es decir, la inserción tibial se localiza en la mitad del camino entre ambas estructuras.

Si comparamos nuestros resultados con uno de los estudios más relevantes sobre el LAL como el de Steven Claes et al. (2013)¹ podemos corroborar que todas nuestras medidas no se desvían mucho de las plasmadas en su estudio, en el cual identificaron el ligamento en el 97% de las rodillas diseccionadas en una muestra de 42 especímenes (Tabla 2).

TABLA 2									
Estudio	Muestra	Sexo	Longitud LAL		Anchura LAL		Distancia		
			(mm)		(mm)		(mm)		
			Extensión	Flexión 90°	Origen femoral	Inserción tibial	TG- LAL	CP- LAL	
Claes et al. ¹	41 sujetos	22 hombres y 19 mujeres	<u>MEDIAS de los 41 sujetos</u>						
			38,5	41,5	8,3	11,2	21,6	23,2	

Tabla 2: tabla que representa la media de los resultados de los 41 sujetos que diseccionaron en su estudio Claes et al.,¹ en las mismas variables que se midieron en nuestro estudio representadas en la Tabla 1. LAL, ligamento anterolateral; TG, tubérculo de Gerdy; CP, cabeza del peroné.

- DISCUSIÓN

El principal hallazgo de nuestro estudio fue identificar en todas las muestras disponibles el ligamento anterolateral (LAL). Anatómicamente, su origen lo encontramos anterior y distal al origen del ligamento colateral lateral (LCL), con fibras que les interconectaban en esta región. Si bien es cierto, la zona de origen es un gran foco de debate respecto al tema, puesto que es muy posible que exista cierta variabilidad en el punto de origen de unos sujetos a otros, lo que no tendría mucha relevancia a la hora de entender su papel biomecánico.

De esta manera, Terry y Laprade⁹ que lo identificaron como la “capa cápsulo-ósea más profunda de la BIT”, objetivaron su origen anterior y proximal al epicóndilo femoral. Posteriormente, Vincent et al.¹¹, determinaron el origen femoral del LAL

anterior al origen del tendón del poplíteo, Claes et al.^{1,2} y Helito et al.⁴, en sus sendos estudios lo localizaron anterior al origen del LCL. Por su parte, Catherine et al.,¹⁴ en 11 muestras halló el origen del LAL anterior y distal al LCL y en 8 posterior y proximal al LCL. Dodds et al.¹⁵, lo encontraron proximal y posterior al epicóndilo lateral y, en el estudio de Daggett et al.³, plasmaron esta variabilidad encontrando el 23% de los orígenes del LAL en el epicóndilo femoral lateral, el 58% ligeramente proximal y posterior al epicóndilo femoral lateral, el 19% completamente proximal y posterior al epicóndilo femoral lateral. Durante este mismo año, Patel et al.⁸, situaron el origen del LAL anterior y distal al LCL y, por último, Noyes et al.¹⁶ proximal y posterior al LCL. La comparación entre los distintos estudios se reflejó en la *Tabla 3*.

TABLA 3		
Autor	Tamaño de la Muestra	Localización del Origen Femoral del LAL
Terry y Laprade. (1996) ⁹	30	Anterior y proximal al epicóndilo femoral.
Vincent et al. (2012) ¹¹	10	Anterior al tendón del poplíteo.
Claes et al. (2013) ¹	41	Anterior al origen del LCL.
Helito et al. (2013) ⁴	20	Anterior al origen del LCL.
Catherine et al. (2014) ¹⁴	11	Anterior y distal al LCL.
	8	Posterior y proximal al LCL.
Dodds et al. (2014) ¹⁵	33	Proximal y posterior al epicóndilo femoral lateral.
Dagget et al.44 (2016) ³	12	Epicóndilo femoral lateral.
	30	Ligeramente proximal y posterior al epicóndilo lateral.
	10	Completamente proximal y posterior al epicóndilo lateral.
Patel et al. (2017) ⁸	157	Anterior y distal al LCL.
Noyes et al. (2017) ¹⁶	44	Proximal y posterior al LCL.

Tabla 3: tabla que representa la variabilidad que existen en los distintos estudios anatómicos sobre el origen femoral del LAL. LAL, ligamento anterolateral; LCL, ligamento colateral lateral.

Posteriormente, esta estructura discurre oblicuamente hacia distal y anterior hasta insertarse en la cara anterolateral proximal de la tibia, a medio camino entre el tubérculo de Gerdy y la cabeza del peroné. Dato anatómico que parece una constante en todos los artículos al respecto de la literatura actual, en contra del debate sobre el origen femoral.^{1,3,4,8,11,14,15,16}

Histológicamente, la literatura actual afirma que debemos de hablar de ligamento, puesto que presenta la morfología propia de los mismos. En el estudio de Vincent et al.¹¹, las secciones transversales del LAL revelaron que estaban ante una banda de tejido conectivo rodeado de tejido sinovial. El tejido fibroso representaba el 20% del núcleo o la parte central del LAL, incluso más abundante en las secciones transversales proximales al menisco lateral o más cercanas al origen femoral. Adyacentemente al núcleo fibroso, encontraron tejido adiposo y neurovascular. En cuanto a las secciones longitudinales del LAL, visualizaron fibras de colágeno onduladas con una orientación paralela alrededor del núcleo central.

En el análisis histológico de 10 muestras del estudio de Helito et al.⁴, encontraron al LAL como un tejido conectivo denso y bien organizado; compuesto por fibras orientadas paralelamente con las características ondulaciones del colágeno y presentando poco material celular. Por lo que confirmaron que es una estructura distinta del tejido capsular.

Más recientemente Catherine et al.¹⁴, estudiaron la estructura morfológica del LAL, presentando una densa estructura de colágeno regularmente organizada, similar a la de otro tejido ligamentoso. En las secciones transversales, el cuerpo del LAL estaba formado por unos haces de colágeno tipo I, paralelos con un patrón de rizado, y por núcleos de fibroblastos dispuestos en filas. En la sección longitudinal, el LAL mostraba una organización fascicular, presentando pequeños haces de colágeno de tamaño variable. De manera que estructuralmente el LAL es comparable con el LCA, pero no con la cápsula articular formada por un tejido conectivo suelto, sin homogeneidad. Por último, el origen femoral del LAL mostró una transición del tejido ligamentoso al cartílago mineralizado y al hueso que es indicativa de tejido ligamentoso.

Biomecánicamente, nuestros hallazgos sobre su ubicación anatómica y el recuerdo del funcionamiento biomecánico de la articulación tibiofemoral, confirmaba

nuestra hipótesis de su papel en el control de la rotación interna de la tibia respecto al fémur. Misma conclusión a la que llegaron en ambos estudios Claes et al.¹⁻², ya que observaron tensión en el LAL con la rotación interna, y sobre todo entre los 30°-90° de flexión, aunque reclamaba la necesidad de futuros estudios cinemáticos para conocer el rol biomecánico de LAL y su importancia clínica en los patrones de inestabilidad de rodillas como una rotación interna excesiva o la presencia de pivot-shift.

En el estudio de Daggett et al.³, sobre la variabilidad del origen femoral del LAL, también le otorgaron una implicación biomecánica en la estabilidad rotacional, cuya interrupción contribuía al fenómeno de pivot-shift. También, Patel et al.⁵, que intentaron llevar a cabo la identificación del LAL a partir de Imágenes de Resonancia Magnética (IRM) (*Imagen 6*), postularon que el LAL era una restricción secundaria de la rotación interna de rodilla con el incremento de la flexión de rodilla.

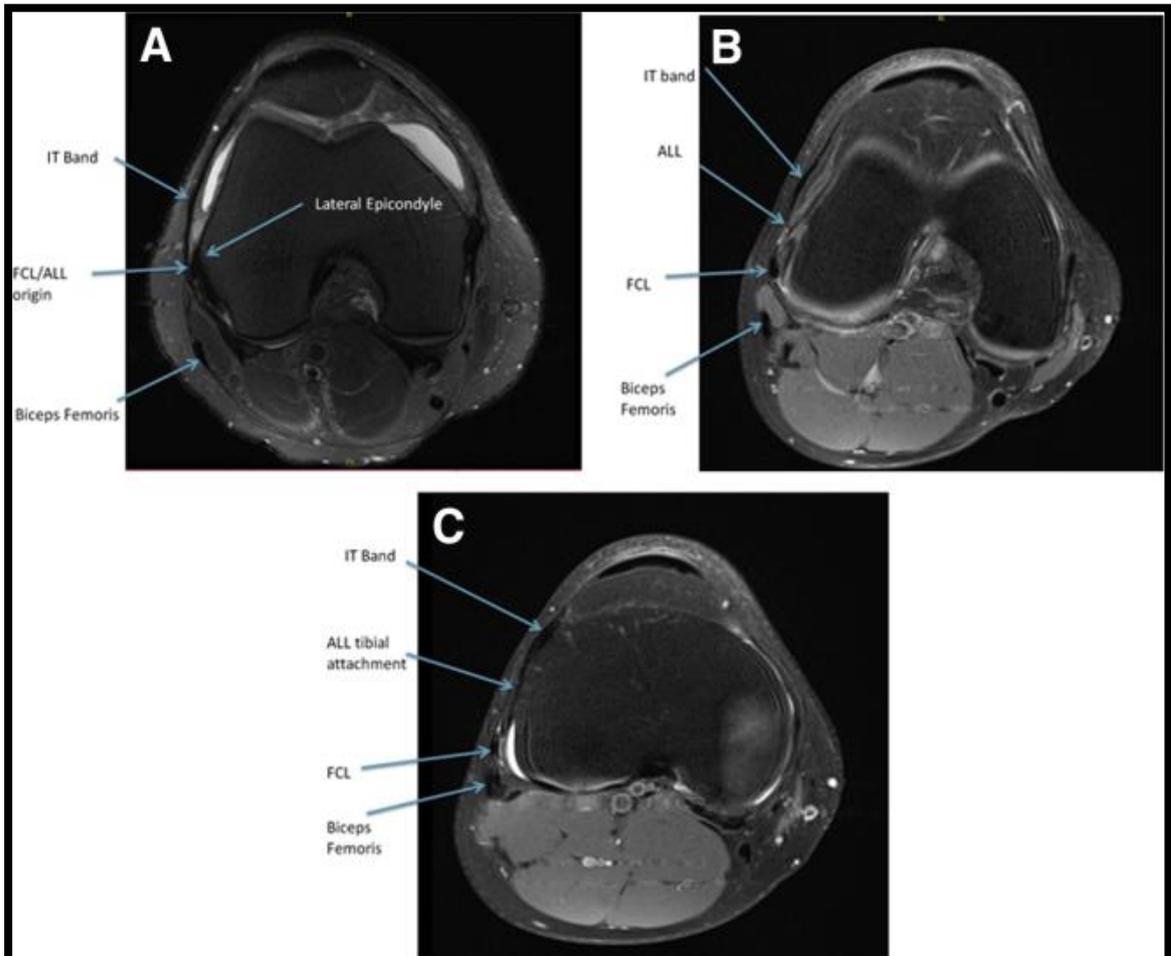


Imagen 6: Imagen en plano axial de RM T2 con saturación grasa, en decúbito supino con 15° de flexión, demostración del LAL y su relación con estructuras periféricas de la cara anterolateral de la rodilla desde corte proximal a distal (A → B → C). Extraída del artículo de Patel et al.⁸

En uno de los pocos estudios cinemáticos del LAL Kernkamp et al.¹⁷, se observaron 18 rodillas sanas in-vivo, a través de imágenes de Resonancia Magnética y Técnicas de Imagen Flourosópicas duales durante dos actividades: “step-up” y “sit to stand”. Tuvieron en cuenta la variabilidad del origen femoral propuesta por distintos autores: por un lado, Claes et al.^{1,2}, ligeramente anterior y distal al origen del ligamento colateral lateral (LCL), y por otro lado, Kennedy et al., posterior y proximal al LCL. De manera que sus resultados nos hablan del LAL como una estructura no isométrica durante estos movimientos, puesto que su longitud se reducía en torno a un 36% al pasar de una posición de 90° de flexión a extensión completa de rodilla, es decir se reducía la tensión al disminuir los grados de flexión independientemente del origen femoral. Así pues, en el “step up” la longitud del LAL se redujo un 22%, (desde unos 55° de flexión a extensión completa) y en el “sit and stand” se redujo un 36% (desde unos 90° de flexión a extensión completa); un 6% se redujo de 90° a 70° y el 30% restante de 70° a extensión completa.

Respecto al estudio de Dodds et al.¹⁵, del que discrepamos bastante tanto de su unión femoral del LAL, posterior al origen femoral del LCL, de su relación inexistente entre el LAL y el menisco lateral y de que el LAL no presentaba cambios de longitud en rotación neutra desde extensión máxima a flexión de 90° de rodilla. Observaron durante la rotación interna, un incremento de la longitud del LAL de media 3.6 mm a los 30° y 9.9 mm de media a los 90° de flexión de rodilla, en cambio se redujo su longitud al realizar rotación externa, puesto que a 90° de flexión solo incremento 5.9 mm. Aquí ellos mismos se contradicen, ya que el aumento de longitud viene mayoritariamente dado por el movimiento de flexión y no por el movimiento de rotación externa, que no provoca tensión en el ligamento, es decir, sus resultados confirman que hay cambios de longitud del LAL durante el movimiento de flexo-extensión de rodilla, y que estos cambios se acentúan mucho más, si se le añade el componente rotacional. Por lo que respaldan también la idea del rol que podría presentar el LAL en el control de la rotación interna.

Por otro lado, Noyes et al.¹⁶, con su estudio cinemático sobre 14 rodillas de cadáveres, concluyeron que tanto el LAL como la banda iliotibial (BIT) eran restricciones secundarias de la estabilidad anterolateral de la rodilla. Observaron que con la sección del LCA, el LAL y la BIT se provocaba clínicamente un pivot-shift de grado 3 (> 20 mm., de translación del compartimento lateral) y que si bien es cierto un

injerto solo de LCA reduce bastante este fenómeno, se puede ver ayudado con las reconstrucciones anatómicas de las estructuras extra-articulares de la cara anterolateral de la rodilla.

Hoy en día, que se tiene información anatómica detallada sobre esta estructura, y aunque su función o rol biomecánico necesite de más estudios sobretodo de carácter cinemático, podemos empezar a hablar sobre su importancia clínica. La primera referencia sobre esta estructura llega de la mano de Paul Segond^{1,2,3,4,5}, quien observa una “banda fibrosa, resistente y nacarada” en la cara anterolateral de la rodilla y cuya inserción tibial coincidía con el fragmento tibial que se desprendía en la fractura que él estudiaba, conocida hoy como Fractura de Segond. En el estudio de Claes et al.², sobre la Fractura de Segond definieron esta como una fractura de tipo avulsión, en la que se produce el desprendimiento de un fragmento de hueso por la tracción de un ligamento o tendón desde su punto de inserción, por lo que plantean la hipótesis de que el culpable anatómico de la Fractura de Segond sea el ligamento anterolateral, aunque esto hoy sigue siendo objeto de debate. Otros autores afirman también que este ligamento tiene más fuerza de la previamente atribuida puesto que hay casos donde se dan la Fractura de Segond y el ligamento anterolateral permanece intacto. Lo que no es objeto de discusión es la relación patognomónica que existe entre las Fracturas de Segond y lesión del ligamento cruzado anterior (LCA), de hecho, a la primera se le considera un indicio radiográfico para diagnosticar una lesión de LCA.

De manera que, si existe esta relación patognomónica entre las dos patologías anteriores, y el ligamento anterolateral se relaciona con la Fractura de Segond debido a su inserción tibial, sería obvio pensar que también, el LAL tiene alguna relevancia clínica ante una lesión de LCA. Además, tras hablar de su biomecánica, podemos pensar que tienen similitudes en su función.

Tal es así, que en la búsqueda de un culpable de la alta tasa de fenómeno de pivot-shift residual o inestabilidades rotacionales que quedan tras una reconstrucción de LCA, independientemente de la técnica quirúrgica aplicada, todo empieza a apuntar como causante a las estructuras periféricas anterolaterales de la rodilla, concretamente a este LAL, puesto que se ha visto ese cambio de longitud o alargamiento del LAL durante la rotación interna con el incremento de la flexión de rodilla, especialmente en rodillas con deficiencia de LCA^{3,8}. El fenómeno de pivot-shift se define como un

exceso de laxitud de la translación tibial anterior o subluxación anterior y un exceso de laxitud en la rotación interna del platillo tibial lateral respecto al cóndilo femoral lateral ¹⁵⁻¹⁸. Todo parece indicar que esta inestabilidad rotacional residual tras la reconstrucción de LCA, se debe a una incompetencia en las estructuras anterolaterales, por lo que habría que empezar a realizar más estudios sobre una reconstrucción combinada de LCA y LAL.

De manera que, es frecuente que lesiones en la cara anterolateral de la rodilla vayan acompañadas de desgarros del LCA y su lesión puede ser la causa de los diferentes patrones de inestabilidad o pivot-shift residual postoperatorios observados tras una reconstrucción primaria de solo el LCA ¹⁷. Otros autores como Monaco et al,⁷, observaron que con la reconstrucción tanto del LAL como del LCA había una pequeña reducción de la traslación anterior de la tibia a los 30° de flexión, y se reducía la rotación tibial durante los test de pivot-shift ya que ambos actuarían sinérgicamente en el control del pivot-shift. Incluso en algunos estudios ante una lesión extra-articular anterolateral, una reconstrucción aislada de LCA no reducía el fenómeno de pivot-shift, mientras que la reconstrucción tanto de LLA como LCA reducía significativamente el exceso de rotación interna.¹⁷

El principal inconveniente de esto, es que todavía no hay ningún consenso en su criterio de reconstrucción, ni en las técnicas quirúrgicas para esta reconstrucción. En el estudio de De Castro et al.¹⁹, quince pacientes se sometieron a dicha reconstrucción estableciendo un protocolo tanto en los criterios a tener en cuenta para tener que realizar dicha intervención como en la técnica quirúrgica llevada a cabo con resultados satisfactorios a la hora de reducir la inestabilidad anterolateral de rodilla.

Otro de los principales problemas hoy en día a la hora de poder establecer un protocolo de reconstrucción LAL y LCA es que no se conoce la información detallada respecto a la biomecánica del LAL. Así pues, algunos autores defienden que se comporta como una estructura isométrica al pasar de extensión completa a flexión máxima en rotación neutra de rodilla¹⁵ y otros que se comporta como una estructura anisométrica y la longitud varía según los gradientes de flexoextensión de rodilla y rotación tibial¹⁷. Esto es vital a la hora de realizar la preparación del injerto, o conocer la tensión final adecuada que debe tener el injerto de LAL para que la rodilla no quede

ni excesivamente laxa, ni que comprima en exceso el compartimento lateral de la rodilla.

Por último, un artículo muy reciente para entender el papel del LAL en el control de la estabilidad rotacional y su relación con el LCA es el de Dagget et al.³, que compararon las características anatómicas del LAL entre hombres y mujeres. En su estudio anatómico se diseccionaron 157 rodillas de cadáveres (92 cadáveres varones, 65 cadáveres femeninos). Como se muestra en la *Tabla 4*, sobre los resultados de su estudio, el grosor medio del LAL en hombres fue el doble que en las mujeres, la longitud también fue algo mayor en hombres que en mujeres y la anchura en ambos géneros fue bastante similar o algo superior en mujeres. Dichas características se asemejan a lo observado en nuestras muestras en relación a la longitud de LAL, siendo superior en el sujeto varón. Se tuvo en cuenta la posible diferencia de altura y peso entre hombres y mujeres para evitar sesgos, y el Coeficiente de correlación de Pearson reveló que había una correlación estadísticamente significativa entre la altura del sujeto con la longitud y grosor del LAL, teniendo una asociación moderada (Coeficiente de correlación de Pearson < 0,4). Las características anatómicas halladas en este estudio podrían ser una de las causas, juntos con otros factores de riesgo, de por qué las atletas féminas sean de 2 a 8 veces más propensas a sufrir una rotura del LCA, que sus homólogos masculinos. De manera que, se hipotetizó que las diferencias anatómicas en el LAL femenino, colocan al LCA en un riesgo significativamente mayor de lesión.

TABLA 4		
VALORES MEDIOS de:	<u>HOMBRES</u>	<u>MUJERES</u>
-Altura (cm)	170.8	160.6
- Peso (kg)	69,2	66,1
- Grosor del LAL (mm)	2,09	1,05
- Anchura del LAL (mm)	8,39	8,6
- Longitud del LAL (mm)	38,42	35,7

Tabla 4: tabla que refleja los datos anatómicos obtenidos por Dagget et al.³, en su estudio sobre las diferencias del LAL entre géneros.

- Limitaciones:

Nuestro estudio presentó una serie de limitaciones. Primero, el tamaño de la muestra es muy pequeño (n=2), por lo que los resultados no se pueden extrapolar a la población general. Segundo, los cadáveres proporcionados por el Departamento de Anatomía de la Universidad de Salamanca son utilizados para las prácticas de Anatomía de las distintas carreras de Ciencias de la Salud, por lo que algunas de las estructuras podían presentar variaciones por disecciones previas. Tercero, para las mediciones no se contaba con un calibrador digital de alta precisión, por lo que los resultados puede que estén sesgados. Por último, no se dispuso de un material adecuado como un simulador robótico para comprobar realmente el funcionamiento biomecánico del LAL.

- CONCLUSIÓN:

Podemos confirmar que el ligamento anterolateral (LAL) es una estructura extra-capsular constante de la cara anterolateral de la rodilla independiente de la cápsula articular. Nuestros resultados en relación a las características anatómicas coincidieron con los descritos previamente por Claes et al.¹, presentando un origen femoral anterior y distal al origen del LCL, y posterior y proximal al tendón del poplíteo; discurriendo oblicuamente hacia su inserción en la cara anterolateral proximal de la tibia, en el punto medio entre el tubérculo de Gerdy y la cabeza del peroné. Dicho punto insercional coincide con el fragmento que se desprende en las Fracturas de Segond. Además, estudios histológicos previos confirmaron su morfología ligamentosa.^{4,11,14}

Todo apunta, debido a las características anatómicas del propio ligamento, que tiene un papel biomecánico en el control de la rotación interna de rodilla con flexión de la misma, por lo que su reconstrucción, junto a la del LCA, puede resultar muy interesante para reducir el fenómeno de pivot-shift postoperatorio, que suele aparecer tras una reconstrucción solo del LCA. Se necesitan más estudios para finalizar el debate sobre la variabilidad del origen femoral del LAL, y estudios biomecánicos/cinemáticos que pongan en tensión al LAL en distintas posiciones y cargas para conocer su función biomecánica real y, así pues, la importancia clínica de la lesión de esta estructura.

- **BIBLIOGRAFÍA**

1. 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):321-328.
2. Claes S, Luycks T, Vereecke E, Bellemans J. The Segond Fracture: A Bony Injury of the Anterolateral Ligament of the Knee. *Arthroscopy.* 2014;30(11):1475-1482.
3. Daggett M, Ockuly A, Cullen M, Busch K, Lutz C, Imbert P et al. Femoral Origin of the Anterolateral Ligament: An Anatomic Analysis. *Arthroscopy.* 2016;32(5):835-841.
4. 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(3)583-591.
5. Runer A, Birkmaier S, Pamminer M, Reider S, Herbst E, Künzel K et al. The anterolateral ligament of the knee: A dissection study. *Knee.* 2016;23(1):8-12.
6. Woods G, Stanley R, Tullos, H. Lateral capsular sign: x-ray clue to a significant knee instability. *Am J Sports Med.* 1979;7(1):27-33.
7. Monaco E, Maestri B, Conteduca F, Mazza D, Iorio C, Ferretti A. Extra-articular ACL Reconstruction and Pivot Shift. *Am J Sports Med.* 2014;42(7):1669-1674.
8. Patel K, Chhabra A, Goodwin J, Hartigan D. Identification of the Anterolateral Ligament on Magnetic Resonance Imaging. *Arthrosc Tech.* 2017;6(1):e137-e141.
9. Terry G, LaPrade R. The posterolateral Aspect of the Knee. *Am J Sports Med.* 1996;24(6):732-739.
10. Arthrex - Anterolateral Ligament Dissection [Internet]. Arthrex.com. 2017 [cited 10 June 2017]. Available from: https://www.arthrex.com/resources/video/eov_Z63XJUuwoAFCU1-9Jw/anterolateral-ligament-dissection
11. Vincent J, Magnussen R, 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):147-152.

12. Rouvier H, Delmas A. Tomo 3. Miembros, Sistema Nervioso Central. En: Anatomía Humana: descriptiva, topográfica y funcional. Barcelona: MASSON, S.A.;1988. p.348-363;416-417.
13. Kapandji A. Torres Lacomba M. Tomo II. Miembro inferior. En: Fisiología Articular. Madrid: Panamericana;1998. p.74-156.
14. Catherine S, Litchfield R, Johnson M, Chronik B, Getgood A. A cadaveric study of the anterolateral ligament: re-introducing the lateral capsular ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(11):3186-3195
15. Dodds A, Halewood C, Gupte C, Williams A, Amis A. The anterolateral ligament: Anatomy, length changes and association with the Segond Fracture. *Bone Joint J.* 2014;96-B(3):325-331.
16. Noyes F, Huser L, Levy M. Rotational Knee Instability In ACL-Deficient Knees. *J Bone Joint Surg Am.* 2017;99(4):305-314.
17. Kernkamp W, Van de Velde S, Hosseini A, Tsai T, Li J, van Arkel E et al. In Vivo Anterolateral Ligament Length Change in the Healthy Knee During Functional Activities – A Combined Magnetic Resonance and Dual Fluoroscopic Imaging Analysis. *Arthroscopy.* 2017;33(1):133-139.
18. Muñoz É, Mejía S, Correa, J. Signo del Hospital de San José, una alternativa sencilla para el pivot shift para diagnóstico de inestabilidad anterolateral de rodilla por lesión de ligamento cruzado anterior. *Rev Colomb Ortop Traumatol.* 2014;28(1):13-15.
19. De Castro M, Zidan F, Mduati F, Fortuna C, Mizutani B, Abdalla R. Reconstruction of anterior cruciate ligament and anterolateral ligament using interlinked hamstrings – technical note. *Rev Bras Ortop (English Edition).* 2016;51(4):466-470.