

---

# Ligamento Cruzado Anterior

## Anatomía y Ciencias básicas aplicadas a la Técnica quirúrgica

Dr. Fernando Barclay, Dr. Javier Leunda, Dr. Jorge Cavallo,  
Dr. Juan Rodríguez Rey, Dr. Lucas Marangoni

**RESUMEN:** El propósito de este trabajo es utilizar la visión artroscópica en conjunto con el estudio macroscópico de la anatomía del ligamento cruzado anterior, para revisar y clarificar algunos conceptos básicos que puedan ayudar a una mejor planificación en el momento de elegir una técnica quirúrgica para la cirugía de reparación de este estabilizador primario de la rodilla.

Utilizamos cinco rodillas cadavéricas frescas, en las que se realizó inicialmente una artroscopia para definir y describir la anatomía normal del LCA. Disecamos tres de estas rodillas para identificar los dos fascículos del LCA y realizar mediciones de las áreas de inserción tibial y femoral, marcamos algunos reparos anatómicos de importancia y medimos la distancia entre estos y el centro del foot-print tibial y femoral.

Teniendo en cuenta estas mediciones, en los dos especímenes restantes aplicamos por vía artroscópica las diferentes alternativas técnicas que puedan reproducir más fidedignamente estas características anatómicas estudiadas.

En conclusión, mostramos los resultados obtenidos a partir de la investigación y la observación de la anatomía normal, aplicada a la práctica quirúrgica, teniendo de esta manera, un sustento objetivo y verdadero para mejorar en el futuro nuestros resultados clínicos, funcionales y biomecánicos de la reparación artroscópica del LCA.

**Palabra Clave:** Ligamento cruzado anterior (LCA), banda antero medial (AM), banda postero lateral (PL)

**ABSTRACT:** *The purpose of this study is to use the arthroscopic vision together with the macroscopic study of the anterior cruciate ligament, to go through and clarify some basic concepts. This can help us to improve the planning, when choosing a surgical technique for the reconstruction of this primary stabilizer of the knee. We used five fresh-frozen cadaveric knees, in which, initially, an arthroscopic procedure was carry out, to define and describe the normal anatomy of the LCA. Three of these specimens were prepared to identify the two bundles of the LCA and, then, measure the areas of tibial and femoral attachments. A marker was used to trace some important anatomical repairs and measured the distance between these repairs and the tibial and femoral foot-print centre.*

*Having in consideration these measurements, we applied in the other two specimens an arthroscopy procedure to compare the different alternative techniques that can reproduce, with fidelity, these anatomical characteristics.*

*In conclusion, we show the results obtained from the investigation and observation of the normal anatomy, applying them to the surgical techniques, trying to have a true support to improve, in the future, our clinical, functional and biomechanical results in the arthroscopic reconstruction of the LCA.*

**Key Words:** *Anterior cruciate ligament (LCA), antero medial bundle (AM), postero lateral bundle (PL)*

---

### INTRODUCCION

---

La cirugía del ligamento cruzado anterior (LCA) ha experimentado en los últimos veinte años grandes

Instituto Argentino de Diagnóstico y Tratamiento, M. T.  
de Alvear 2400, Capital Federal Tel: 4963-9500  
Clínica Bessone, Paunero 1848, San Miguel, Prov. de  
Buenos Aires - Tel: 4667-2040  
Correspondencia: Dr. Fernando Barclay  
fbarclay@cosefa.com.ar

avances relacionados no solo con la técnica quirúrgica, sino también con el reconocimiento fino de la anatomía y la biomecánica de este estabilizador primario de la rodilla.

El Tratado de Anatomía Humana de L. Testut y A. Latarjet (1) hace la siguiente descripción anatómica del LCA: "Empieza por abajo, en la parte antero interna de la espina de la tibia y en la superficie rugosa que se encuentra por delante de la misma, partiendo de este punto se dirige oblicuamente hacia arriba, atrás y fuera y se inserta en la parte más pos-

terior de la cara profunda el cóndilo externo, esta inserción femoral sigue una línea vertical de un centímetro de largo”.

La anatomía del LCA se siguió estudiando y en la actualidad las nuevas técnicas quirúrgicas con injertos, intentan copiarla.

Si en la década del 90 la pregunta era, que tipo de injerto utilizamos y el “Gold Standard” buscado, la estabilidad funcional; en la última década nos comenzamos a preocupar más por, en qué lugar poner el injerto, reproduciendo mejor la anatomía y logrando de esta manera, estabilidad funcional y biomecánica a la vez.

En cuanto a la técnica quirúrgica, los 90 se caracterizaron por la práctica de técnicas artroscópicas transtibiales, mono túnel, con la reconstrucción de una sola banda, la antero medial (AM).

Estas técnicas tienen la particularidad de colocar injertos posteriores en la tibia y anteriores y superiores en el fémur, obteniendo plásticas de LCA centrales y verticales que proporcionan una excelente estabilidad funcional y la posibilidad de que muchos atletas retornen a los niveles de actividad deportiva previos a la lesión (2, 3, 4).

Recientes publicaciones, utilizando pruebas funcionales de evaluación, nos alertan acerca de la persistencia de inestabilidad rotacional y la presencia también, de cambios degenerativos radiográficos a mediano y a largo plazo que pondrían en duda los buenos resultados clínicos publicados hasta el momento (5, 6, 7).

El interés en la actualidad, estaría centrado en técnicas quirúrgicas que reproduzcan más fidedignamente la anatomía normal del LCA, respetando la doble banda, los puntos de inserción femoral y tibial, la oblicuidad del ligamento primitivo y otras cuestiones que, favorecerían no solo la mejoría de los resultados funcionales si no también el respeto por las propiedades biomecánicas de esta estructura anatómica de la rodilla (8).

El propósito de este trabajo es, desde la anatomía y las ciencias básicas intentar clarificar algunos conceptos que puedan ayudar a una mejor planificación en el momento de elegir una técnica quirúrgica para la plástica del LCA.

---

## MATERIAL Y METODO

---

Este estudio fue realizado en la I Cátedra de Anatomía de la Universidad de Buenos Aires (CECOA) y en el laboratorio cadavérico de Arthrex en Naples, Estados Unidos.

Se utilizaron cinco rodillas cadavéricas frescas (2 derechas y 3 izquierdas), ninguna rodilla era par y aquellas que presentaban, secuelas quirúrgicas, osteoartritis severa o rupturas del LCA fueron excluidas del trabajo. Todas las rodillas fueron mantenidas a  $-20^{\circ}\text{C}$  y dejadas a temperatura ambiente durante 24 horas previas a su utilización.

Inicialmente a los cinco especímenes se les realizó una artroscopia y luego tres de ellos fueron sometidos a una disección anatómica.

Para el procedimiento artroscópico se utilizaron los portales clásicos antero lateral de visión y antero medial de trabajo, realizamos una bursectomía amplia con shaver, identificamos las fibras del LCA y por medio de una plástica del intercóndilo definimos el área de inserción femoral. (Fig. 1)



**Figura 1:** LCA luego de la osteotomía del cóndilo interno

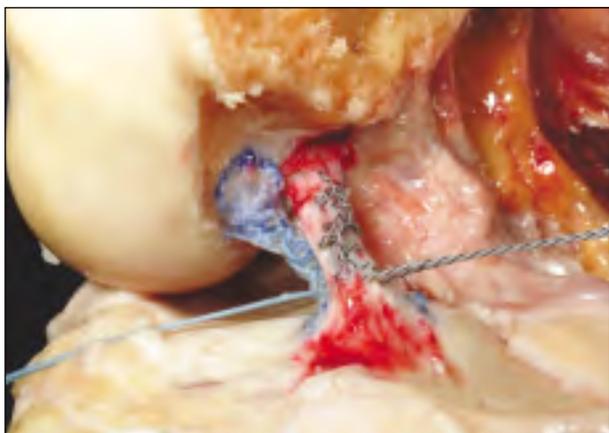
Se constata que ninguna fibra del LCA se inserta en el techo del intercóndilo.

Llevando la rodilla de la flexión a la extensión identificamos la banda antero medial (AM), que se tensa en flexión y la postero lateral (PL) tensándose en extensión y las dividimos con un elemento romo.

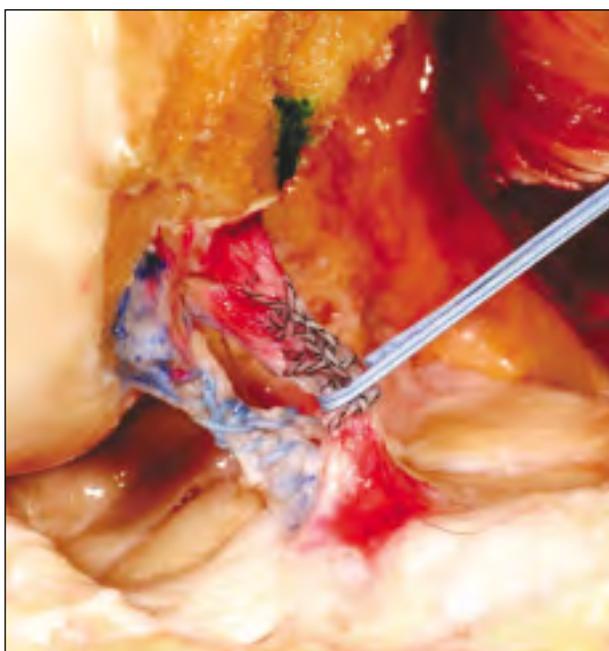
Las dos bandas se mantienen paralelas en extensión y se cruzan en flexión, quedando la inserción tibial de la banda postero lateral por detrás de la banda antero medial.

La inserción de los fascículos AM y PL están orientados verticalmente con la rodilla en extensión y se vuelven horizontales en 90 grados de flexión.

Tres de estos 5 especímenes son sometidos a una disección para su estudio anatómico. Para ello se remueve primeramente todas las partes blandas y se



**Figura 2:** Banda antero-medial (rojo), banda postero-lateral (azul)



**Figura 3:** Banda antero-medial (rojo), banda postero-lateral (azul), se observa como la inserción tibial define su nombre.

levanta el aparato extensor, seccionando el tendón rotuliano en su inserción tibial. De esta manera se expone la articulación y se identifica el LCA.

Se terminan de dividir ambas bandas y se identifican por separado con suturas de distinto color, siguiendo las mismas hacia su inserción tibial y femoral. (Fig. 2) (Fig. 3) (Fig. 4)

Con sierra oscilante, realizamos una osteotomía femoral en el techo del intercóndilo en el plano sagital, para obtener una mejor visualización del área de inserción femoral.

Con marcador fino de distinto color, marcamos la periferia de la inserción femoral y tibial del LCA y luego seccionamos el mismo transversalmente.

Completamos con marcador de distinto color la pe-

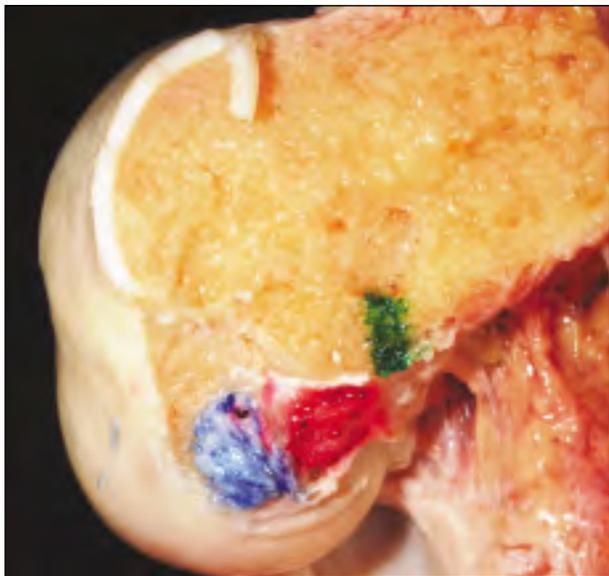


**Figura 4:** Banda postero-lateral (azul) luego de reseccionar la banda antero-medial.

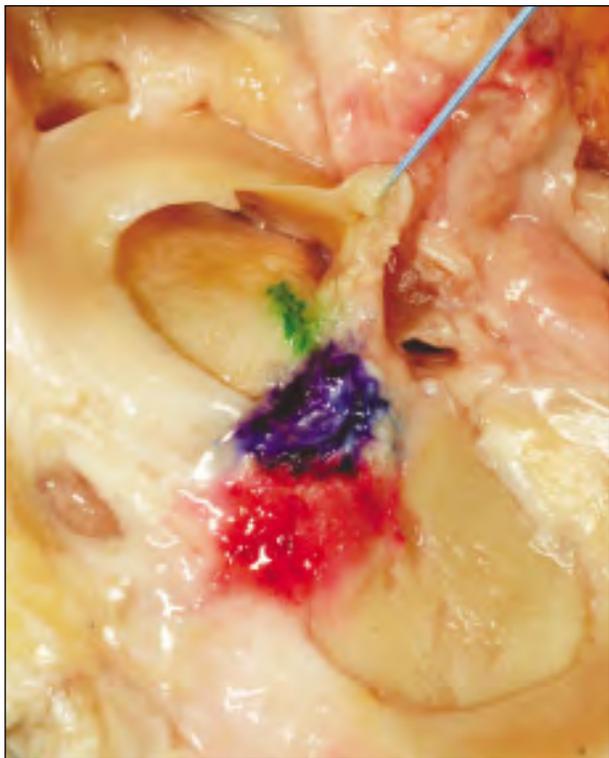


**Figura 5:** Foot-print tibial y femoral de la banda antero-medial (rojo) y postero-lateral (azul)

riferia y el interior del área de inserción de la banda antero medial y postero lateral en el fémur y en la tibia y procedemos a realizar las mediciones correspondientes. (Fig. 5)



**Figura 6:** Foot-print femoral: banda antero-medial (rojo), banda postero-lateral (azul) y over the top (verde)



**Figura 7:** Foot-print tibial: banda antero-medial (rojo), banda postero-lateral (azul) y RER (verde) debajo del cuerno posterior del menisco externo.

Ubicamos como reparo anatómico en la tibia la cresta “Over-the-back”, también conocida como cresta de la retroeminencia (RER), descrito por Mc Guire et al (9), por debajo del cuerno posterior del menisco externo y el “Over-the-top”, en la parte más posterior del fémur y lo marcamos. (Fig. 6) (Fig. 7)

## Mediciones de la disección cadavérica

Mediciones en la Tibia:

- 1) Diámetro medio-lateral del foot-print (ml).
- 2) Diámetro antero-posterior del foot-print (ap).
- 3) Distancia entre el centro de la banda AM y el centro de la banda PL (amt- plt)
- 4) Distancia entre el RER y el centro de la banda AM (ram).

## Mediciones en el Fémur:

- 1) Diámetro próximo-distal del foot-print (pd).
- 2) Diámetro antero posterior del foot-print (tp).
- 3) Distancia entre el centro de la banda AM y el centro de la banda PL (amf-plf).
- 4) Distancia entre el limite mas proximal del foot-print femoral y el “over- the- top” (f0).

Los 2 especímenes restantes fueron utilizados para definir artroscópicamente el centro del área de inserción tibial, femoral y los reparos anatómicos previamente reconocidos en la disección, el (RER) y el “Over-the-top”.

Técnicamente, para reproducir quirúrgicamente la inserción tibial del LCA con una sola banda se utilizaron tres métodos diferentes y los comparamos.

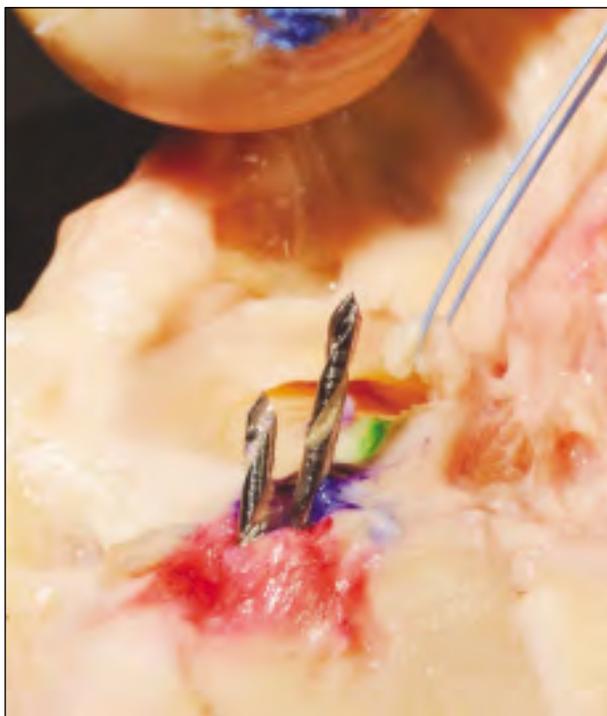
Inicialmente colocamos una guía tibial clásica apoyada en el ligamento cruzado posterior, que deja 7 mm de distancia hacia anterior para la salida de un alambre guía, de antero medial a intrarticular, según los trabajos de Morgan et al. (10)

En segundo lugar utilizamos la misma guía, pero con mayor presión sobre el LCP, desplazándolo hacia posterior y pasando un segundo alambre guía y por último definimos a nivel de la porción anterior de la inserción del LCP, por debajo del cuerno posterior del menisco externo la cresta “over-the-back”, descrita previamente por Mc Guire et al, también llamada cresta de la retro eminencia (RER) y a 17 mm de este reparo anatómico, según el trabajo de estos mismos autores pasamos una nueva clavija.

Finalmente comparamos los resultados obtenidos con la utilización de los tres métodos. (Fig. 8)

Para ubicar artroscópicamente el centro del área de inserción femoral, utilizamos dos reparos anatómicos; la cresta del residente descrita por William Clancy MD en 1982 (11) y la posición “Over- the-top”.

Usamos tres métodos diferentes para reproducir quirúrgicamente el sitio de esta inserción; la guía “over the top”, con un off set de 7 mm a través del túnel tibial (transtibial), la misma guía de 7 mm de off set



**Figura 8:** Posición de alambres guías para el túnel tibial utilizando una guía con distinta presión sobre el LCP



**Figura 9:** Túnel femoral con técnica mono-túnel (guía gruesa) y variante utilizando el portal antero-medial (aguja)

a través de un portal antero medial más inferior, inmediatamente superior al cuerno anterior del menisco interno y más medial, rozando el cartilago del cóndilo interno y por último una guía para retrodrill (Arthrex) de 120° y 90°, a través del portal antero externo, colocando una alambre guía desde lateral, de afuera a dentro. (Fig. 9) (Fig. 10)

## RESULTADOS

### Mediciones en la Tibia:

El promedio de la medición del diámetro medio-lateral (ml) del Foot-print fue de 11,16 mm y



**Figura 10:** Túnel femoral con guía para Retrodrill (Arthrex)

del antero-posterior (ap) fue de 18,16 mm. El promedio de la distancia entre el centro de la banda AM y el centro de la banda PL (amt-plt) fue de 8,33 mm.

El promedio de la distancia entre el centro de la banda AM y el RER (ram) fue de 17,66 mm.

El resumen de las mediciones tibiales en los distintos especímenes se muestra en el Cuadro n° 1.

CUADRO N° 1				
TIBIA	ml	ap	amt-plt	ram
ESP 1	11,5	17,5	8	16
ESP 2	10	18	9	19
ESP 3	12	19	8	18
PROMEDIO	11,6	18,16	8,33	17,66

### Mediciones en el fémur:

El promedio del diámetro próximo-distal (pd) del foot-print femoral fue de 18,16 mm y del antero-posterior (ap) fue de 10,83 mm.

El promedio de la distancia entre el centro de la banda AM y el centro de la banda PL fue de 7,5 mm.

El promedio de la distancia del límite más proximal del foot-print femoral y el “over-the-top” fue de 1.5 mm.

El resumen de las mediciones femorales en los distintos especímenes se muestra en el Cuadro n° 2.

CUADRO N° 2				
FEMUR	pd	fp	amf-plf	Fo
ESP 1	19	9,5	8,5	2
ESP 2	17,5	12	6	1,5
ESP 3	18	11	8	1
PROMEDIO	18,16	10,83	7,5	1,5

## DISCUSION

El estudio de la anatomía normal del LCA en especímenes cadavéricos y la correlación de estos hallazgos con las nuevas técnicas quirúrgicas, puede ser la llave para optimizar en el futuro los resultados funcionales y biomecánicos de las plásticas artroscópicas del LCA.

Posiblemente Girgis et al (12) haya sido el primero en describir el LCA conformado por dos bandas, AM y PL.

Posteriormente Norwood y Cross (13) describieron una tercera banda, la intermedia, que la mayoría de los autores coinciden en que es parte de la banda AM.

Si bien el número de especímenes estudiados es pequeño comparado con otros estudios cadavéricos, los resultados obtenidos en cuanto al foot-print femoral fueron similares a los estudios de Morgan et al (18 mm) (14), los de Colombet et al (17,6 mm) (15) y a los de Odensten y Gillquist (17,3 mm) (16) y difieren de los estudios publicados por Staubli and Rauschnig (15 mm) (17) y Girgis (29,3 mm) (18).

Cada banda ocupa aproximadamente el 50% de la superficie total del foot-print, coincidiendo con los estudios publicados por Harner et al (19) y Takahashi et al (20).

En la tibia, la banda AM y PL están localizadas a medial y lateral de la espina tibial, teniendo un íntimo contacto con el cuerno anterior del menisco externo. La medición medio lateral del foot-print tibial (11,16 mm) es similar a la de Colombet et al (12,7 mm) a la de Odensten y Gillquist (11 mm) y a la de Morgan et al (10 mm), siendo la inserción de la banda AM más anterior y medial y la de la banda PL más posterior y lateral.

La superficie total de la inserción tibial es mayor que la del fémur y a cada banda le corresponde al igual que en el fémur, aproximadamente el 50% de la superficie.

Con respecto a las referencias anatómicas de utilidad para definir la posición de la inserción tibial, Morgan et al proponen el centro del mismo a 6 o 7 mm del LCP, con técnicas mono túnel este punto anatómico fue de utilidad en el pasado, pero creemos que en la actualidad y teniendo un mayor conocimiento de la anatomía del LCA, habría que utilizar nuevas referencias. Colombet et al critican la utilización de este elemento ana-

tómico por ser una estructura blanda y prefieren el uso del RER propuesto por Mc Guire et al como referencia, realizando el túnel tibial a 17 mm del mismo. Hutchinson et al (21) proponen utilizar el borde posterior o anterior de la tibia como referente; creemos que estos puntos anatómicos son inaccesibles durante una cirugía artroscópica y por lo tanto de poca utilidad para el planeamiento quirúrgico.

La inserción femoral con una superficie menor que la de la inserción tibial y sin ninguna fibra del LCA insertada en el techo del fémur es de morfología más contante y consistente que la inserción tibial.

Creemos que la utilización del modelo del reloj para situar la banda AM entre 12:30 a 1:30 propuesta por muchos autores tiene consistencia anatómica, no así para situar la inserción de la banda PL, coincidimos con Yasuda et al (22) en que esta banda no puede ser posicionada teniendo en cuenta el modelo del reloj, porque el punto de entrada del túnel es más distal, encontrándose localizado plenamente en la pared del cóndilo externo. Según nuestras mediciones y coincidiendo con el trabajo de Colombert et al. este punto debería estar a un promedio de 8 mm más bajo y más distal que el centro anatómico de la banda AM.

Si aplicamos todos estos conocimientos anatómicos a la práctica quirúrgica, deberíamos en primer lugar, lateralizar y oblicuar el túnel femoral a 60° con respecto a la escotadura, buscando una posición del mismo más anatómica.

En nuestro estudio, combinamos tres métodos diferentes para lograrlo.

Un túnel tibial más medial y una técnica mono túnel para realizar el túnel femoral no alcanza para localizar esta inserción en posición anatómica, el alambre guía queda en el límite posterior del foot-print de la banda antero medial.

El túnel femoral a través del portal antero medial y la utilización de guías con retrodrill para realizar túneles de adentro a fuera con un ángulo de 120° y 90°, nos daría una óptima posición del túnel femoral, imitando con mayor rigor la anatomía normal de esta inserción anatómica.

Con respecto al túnel tibial, la técnica descrita por Morgan et al. con guía a 7 mm de la inserción del LCP, reproduciría un túnel muy

posterior, no anatómica.

Al mismo tiempo al ser el LCP una referencia de estructura blanda, el apoyo en el mismo con la guía, puede alterar la posición del túnel de acuerdo a cuanto lo empujemos el mismo hacia atrás.

Desde nuestro punto de vista, la localización por vía artroscópica del RER y la medición de 17 mm desde el mismo, puede ser engorrosa y dificultosa en la práctica diaria.

Finalmente, si nos remitimos estrictamente a los hallazgos anatómicos propios y de muchos autores, la presencia de dos bandas independientes en ubicación, tamaño y dirección, que interactúan según el grado de flexión de la rodilla, cumpliendo distintas funciones en la estabilización primaria de la rodilla, nos obligaría a pensar y desarrollar nuevas técnicas quirúrgicas que logren reconstituirlas.

Seguramente, el desarrollo de nueva tecnología y la evaluación rigurosa de los resultados obtenidos con las distintas técnicas quirúrgicas, nos irán dando las respuestas necesarias

El objetivo final buscado con este trabajo, es estimular al cirujano artroscopista a estudiar la anatomía normal de la rodilla y de esta manera poder realizar plásticas más anatómicas que intenten mejorar los resultados clínicos y biomecánicos en los seguimientos a largo plazo de nuestros pacientes operados.

---

## BIBLIOGRAFIA

---

1. L Testut, A Lartajet. Tratado de anatomía humana, 1943.
2. O'Neil DB, Arthroscopically asisted reconstruction of the anterior cruciate ligament. JBJS 1996; 78: 803-813.
3. Muneta T, Sekiya I, Ogiuchi T, Effects of aggressive early reahabilitation on the outcome of anterior cruciate ligament reconstruction with multi-strand semitendinosus tendon. Int Orthop 1998; 22: 352-356.
4. Beynnon BD, Johnson RJ, Fleming BC, et al. Anterior cruciate ligament replacement: comparison of bone-patellar tendon-bone with two-strand hamstring grafts. JBJS 2002; 84: 1503-1513
5. Karlson JA, Steiner ME, Brown CH, Johnston J. Anterior cruciate ligament reconstruction using gracilis and semitendinosus tendons. Comparison of through-the-condyle and over the top graft placement. AJSM 1994; 22:659-666.
6. Maeda A, Shino K, Horibe S, Nakata K. Anterior cruciate ligament reconstruction with multistranded autogenous semitendinosus tendon. AJSM 1996; 24: 504-509.
7. Johnson RJ, Beynnon BD, Nichols CE, Rensstrom PA. The treatment of injuries of the anterior cruciate ligament. JBJS 1992; 74:140-151.
8. Vidal AF, Brucker PU, Fu FH. Anatomic double bundle anterior cruciate ligament reconstruction using tibialis anterior tendon allografts. Operative techniques in Orthopaedics 2005; 15:140-145.
9. Mc Guire DA, Hendricks SD, Sanders HM. The relationship between anterior cruciate ligament reconstruction tibial tunnel location and the anterior aspect of the posterior cruciate ligament insertion. Arthroscopy 1997; 13:465-473.
10. Morgan CD, Kalman VR, Grawl DM. Definitive landmarks for reproducible tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy 1995; 11:275-278.
11. Clancy W, Nelson D, Reider B, Narechania R. Anterior cruciate ligament reconstruction using one- third patellar ligament augmented by extra-articular tendon transfers. JBJS 1982;64:352-359..
12. Girgis FG, Marshall JL, Monajem A. The cruciate ligament of the knee joint, functional and experimental analysis. Clin Orthop Relat Res 1975; 106: 216-231.
13. Norwood LA, Cross MJ. Anterior cruciate ligament: functional anatomy of its bundles in rotatory instabilities. Am J Sports Med. 1979; 7:23-26.
14. Morgan CD, Kalman VR, Grawl DM. Definitive landmarks for reproducible tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy 1995; 11: 275-288.
15. Colombet P, Robinson J, Christel P, Franceschi JP, Djian P, Bellier G. Morphology of anterior cruciate ligament attachments for anatomic reconstruction: A cadaveric dissection and radiographic study. Arthroscopy 2006; 22: 984-992.
16. Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. JBJS 1985;67:257-262.
17. Staubli HU, Rauschnig W. Tibial attachment area of the anterior cruciate ligament in the extended knee position: anatomy and cryosections in vitro complemented by magnetic reso-

- nance arthrography in vivo. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1994; 2:138-146.
18. Girgis FG, Marshall JL, Monajem A. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. *Cl Orthop Relat Res* 1975:216-231
  19. Harner CD, Baek CH, Vogrin TM, Carlin FJ, Woo SL. Quantitative analysis of human cruciate ligament insertions. *Arthroscopy* 1999; 15:141-147.
  20. Takahashi M, Doi M, Abe M, Suzuki D, Nagano A. Anatomical study of the femoral and tibial insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of human anterior cruciate ligament. *AJSM* 2006; 34: 787-792.
  21. Hutchinson MR, Bae TS. Reproducibility of anatomic tibial landmarks for anterior ligament cruciate reconstructions. *AJSM* 2001; 29: 777-780.
  22. Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H, Tanabe Y, Tohayama H. Anatomic reconstruction of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament using tendons grafts. *Arthroscopy* 2004; 20:1015-1025.