

El ligamento anterolateral: nuevo enfoque sobre la estabilidad de la rodilla

Pedro Rojas Martínez, * Aldo Fidel Izaguirre Hernández**

RESUMEN

A pesar del esfuerzo para el perfeccionamiento de las técnicas de reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA), se ha reportado que un porcentaje de pacientes continúa con déficit de estabilización de la rodilla, por lo que las estructuras anterolaterales han ganado interés en su estudio acerca de su rol sobre el control rotacional. Algunos estudios describen la existencia de una banda fibrosa independiente llamada ligamento anterolateral (ALL), el cual ha causado controversia actualmente sobre su existencia, anatomía exacta y función sobre su rol de estabilización de la rodilla. Se ha observado que el déficit y/o lesión del ALL ocasiona una inestabilidad rotacional interna de la tibia al incrementar el ángulo de flexión de la rodilla, por lo que un adecuado diagnóstico y tratamiento del ALL en conjunto con el LCA provee una mejora en la estabilización de la rodilla y previene posibles fallos de la reconstrucción del LCA. Este artículo resume sus características anatómicas, biomecánicas, su diagnóstico clínico y por imagen, así como las posibles técnicas en su reconstrucción descritas.

Palabras clave: Ligamento anterolateral, biomecánica, rodilla, ligamentos, inestabilidad rotacional.

SUMMARY

Despite the effort to improve reconstruction of anterior cruciate ligament (ACL) techniques, it has been reported a percentage of patients continues with stabilization deficit of knee, that's reason why anterolateral structures have gained interest in their study on his role of rotational control. Some studies describe the existence of an independent fibrous band called anterolateral ligament (ALL), which has caused controversy about its existence, exact anatomy, function and the best reconstruction technique option. It has been observed that the deficit and/or injury of ALL causes an internal rotational instability of the tibia by increasing the angle of knee flexion, so an adequate diagnosis and treatment of the ALL in conjunction with the LCA provides an improvement stabilization of knee and prevents possible failures of the reconstruction of LCA by itself. This article summarizes its anatomical, biomechanical characteristics, its clinical and image diagnosis, as well as the possible reconstruction techniques described.

Keywords: Anterolateral ligament, biomechanics, knee, ligaments, rotatory instability.

* Cirujano Ortopedista del Hospital Ángeles Puebla. Jefe Médico del Centro Integral de Rehabilitación «CIR» de la Universidad de las Américas Puebla UDLAP. Puebla, México.

** Cirujano Ortopedista del Hospital Médica Universitaria, Hospital Naval de Tampico, Facultad de Medicina «Dr. Alberto Romo Caballero» de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico, México.

Dirección para correspondencia:

Pedro Rojas Martínez

Hospital Ángeles Puebla

Av. Kepler No. 2143, 72190, Reserva Territorial Atlixcáyotl, Puebla.

Correo electrónico: pedrorojma@comunidad.unam.mx

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/orthotips>

INTRODUCCIÓN

Las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) son causa de inestabilidad anterior y rotacional de los pacientes que las sufren.¹ La cronicidad de estas lesiones aumenta la probabilidad de lesiones del cartílago articular, meniscos y de mayor inestabilidad rotacional consecuentemente. En el contexto de la inestabilidad rotacional, medida con el signo de rotación de pivote (o *pivot shift* en inglés), se ha estudiado intensamente este tipo de inestabilidad anterolateral, lo que ha llevado al descubrimiento incluso de un ligamento anterolateral de la rodilla.²

En esta revisión describiremos las características anatómicas del ligamento anterolateral (ALL), la evaluación clínica de inestabilidad anterolateral y los tipos de reconstrucción quirúrgica de dicho ligamento.

Descripción anatómica

En el año de 1879, el cirujano francés Paul Segond describió la existencia de una banda perlada, resistente, fibrosa en la cara anterolateral de la rodilla; observó que la rotación interna de la meseta tibial forzada conlleva la avulsión del borde anterolateral de la tibia, produciéndose la «fractura de Segond». Tiempo después, el Dr. Jack Hughston en los años 70 realizó la primera correlación de la fractura de Segond con inestabilidad de la rodilla, seguido en 1979 por Woods y en 1988 por Hess, con lo que se concluyó que la fractura de Segond es un signo patognomónico de lesión del LCA.

En el contexto reciente, se debe el descubrimiento sistemático al grupo de investigación belga,³ en donde colaboraron Steven Claes, Evie Vereecke, Michael Maes, Jan Victor, Peter Verdonk y Johan Bellemans, de los hallazgos iniciales sugeridos por Vincent y Vieira. En la descripción anatómica del ALL, disecaron 41 cadáveres y encontraron un ligamento distinguible de la banda iliotibial y de la cápsula articular en 40 de ellos. El origen del ALL se encontró en el epicondilo lateral anterior al ligamento colateral lateral, con una excursión oblicua hacia el borde anterolateral de la tibia, con uniones firmes al menisco lateral, cubriendo la arteria y vena genicular lateral inferior. La inserción distal se ubica en un punto intermedio del tubérculo de Gerdy y la cabeza del peroné diferente de la banda iliotibial⁴ (Figura 1).

La longitud media del ALL en rotación neutral a 90° fue de 41.5 ± 6.7 y 38.5 ± 6.1 en extensión. Se observó en este estudio que la tensión aumentaba con flexión y rotación medial.

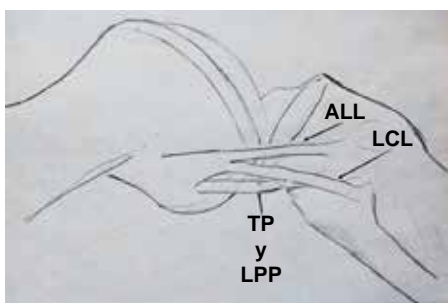


Figura 1. Diagrama del complejo colateral profundo. ALL: ligamento anterolateral; LCL: ligamento colateral lateral; TP: tendón poplíteo; LPP: ligamento poplíteo peroneo. (Modificado de: Claes S, Vereecke E, Maes M, Victor J, Verdonk P, Bellemans J. *Anatomy of the anterolateral ligament of the knee*. *Journal of Anatomy*. 2013; 223 (4): 321-328.)

Jean-Philippe & Magnussen y cols.⁵ realizaron mediciones anatómicas y un estudio histológico en 10 rodillas cadavéricas y obtuvieron resultados anatómicos muy similares. El análisis histológico reveló una estructura discreta con un núcleo fibroso rodeado de sinovial. Las fibras se mezclaron con el tendón poplíteo en su origen y con el menisco lateral distalmente. El ALL muestra una trayectoria oblicua con respecto al aspecto anterolateral de la tibia hacia anterior, teniendo fijaciones al menisco lateral y a la arteria genicular lateral inferior y a la vena. Su inserción en la tibia anterolateral está localizada entre el tubérculo de Gerdy y el borde proximal del peroné totalmente separado de la banda iliotibial (BIT).

Análisis biomecánico del ALL

El ALL ha sido identificado como una importante estructura para el control de la estabilidad rotacional de la rodilla en rodillas con deficiencia de LCA,⁶⁻⁸ pero el ALL no es el único que lo realiza;⁹ en conjunto con las fibras superficiales y profundas de la banda iliotibial (fibras de Kaplan) y el tercio medio de los ligamentos capsulares laterales, contribuye a la estabilización articular. Bonanzinga y cols.¹⁰ mencionan que el ALL juega un papel importante en el control de la rotación interna estática y la aceleración durante la prueba de *pivot shift*, por lo que algunos autores han referido que la lesión del ALL conlleva la aparición del *pivot shift*. Algunos autores han coincidido en que el ALL restringe de manera importante la rotación interna con una flexión igual o mayor de los 30° de flexión con un mínimo aporte en la estabilización anteroposterior.^{6,7,11-13}

Rasmussen y cols. mencionan que existe inestabilidad en el plano axial y rotación interna al combinarse la lesión del LCA con ALL, al ser comparado sólo con la lesión aislada del LCA.⁶ Estos resultados son consistentes con los hallazgos del estudio realizado por Nitri y cols.,¹⁴ donde concluyen que al realizar una reconstrucción conjunta del LCA y ALL se reduce la rotación interna hasta llegar a tener parámetros de una rodilla intacta, en comparación con reconstrucción del LCA simple.

Helito y cols.¹⁵ en el año 2016 realizaron un análisis sobre la capacidad de fuerza de tensión de la que el ALL puede tolerar, observando que el promedio máximo de fuerza tolerado es de 204.8 ± 114.9 N, rigidez de 41.9 ± 25.7 N/mm y capacidad de deformación de 10.3 ± 3.5 mm. Por lo que la reconstrucción del LCA sin reconstrucción del ALL puede aumentar el riesgo de ruptura del LCA en atletas.¹⁶⁻¹⁹

Estudios de imagen auxiliares

Escasos trabajos se han enfocado en el estudio de la lesión del ALL, siendo necesario un adecuado diagnóstico para un correcto tratamiento de la lesión. Los estudios útiles para la evaluación de la integridad del ALL son el ultrasonido y la resonancia magnética nuclear (RMN).

El ultrasonido es una técnica de imagen que en tiempo real nos permite la evaluación de todas las estructuras extraarticulares de la rodilla, pero depende

del observador y la posición de la rodilla para identificar el ALL. Con la rodilla en extensión es más difícil identificar el ALL, ya que presenta falta de tensión. Es conveniente poner la rodilla en flexión y rotación interna para identificarlo a través de ultrasonido.²⁰ Existen resultados contrastantes en la capacidad de visualización del ALL por ultrasonido, encontrándolo desde 100 a 60%;^{21,22} esto en gran medida porque el ultrasonido es una técnica que no permite la diferenciación del ALL de otras estructuras adjuntas.

El estudio de elección para la visualización del ALL es la RMN. Se puede identificar de mejor manera en el plano coronal, con las secuencias de densidad de protones y T2 con saturación grasa.^{23,24} Se observa como una banda delgada de baja señal hipointensa que va del epicóndilo femoral lateral a la tibia anterolateral, dificultándose la identificación proximal por la presencia del LCL. También se observan conexiones del ALL con el menisco lateral durante su trayecto.

Con respecto a la identificación del ALL en asociación con lesión preexistente del LCA, en resonancia magnética se reportan resultados muy variables, de 51 a 100% de los pacientes.²⁴⁻²⁷ Se observa con menor frecuencia en población pediátrica con respecto a pacientes adultos.²⁸ En un estudio reciente, Lee y cols.²⁹ analizaron retrospectivamente a 378 pacientes adultos que se sometieron a reconstrucción del LCA, logrando visualizar el ALL en 98.2% de las RMN, en donde hubo una prevalencia de lesión del ALL en 64%.

Técnicas quirúrgicas e indicaciones de reconstrucción

En los últimos 50 años se han descrito diversas técnicas extraarticulares para tratar de contrarrestar la inestabilidad para la lesión del LCA;³⁰ éstas se enfocan principalmente en la estabilidad anterolateral. Se incluyen el procedimiento de Lemaire, la cirugía de Losee, la operación de Andrews, la transferencia de la banda iliotibial de Ellison, que utilizan porciones tomadas de la banda iliotibial, pero que al realizarse solas sin la reconstrucción del LCA no son suficientes para brindar la estabilidad necesaria. Por otro lado, algunos estudios biomecánicos sugieren el aumento en presión de contacto por exceso de la estabilidad de la rodilla al realizar reconstrucciones del ALL, por lo que podría aumentar el riesgo de osteoartritis por constricción excesiva de la rodilla.³¹⁻³⁵

Moran y cols., en el 2014,³⁶ describieron una técnica llamada *monoloop*, la cual consiste en reforzar la cápsula anteromedial, junto con la reconstrucción anatómica del LCA. Esto se realiza sustituyendo el ALL con un haz central de banda iliotibial de 1 cm de ancho y 12 cm de longitud, reorientado y fijado en el fémur proximal con la rodilla a 60° de flexión y rotación externa de la tibia máxima. Esta técnica de aumento extraarticular se emplea principalmente en pacientes que realizan ejercicios con alto nivel de pivoteo o cambio de dirección, pacientes con hiperlaxitud ligamentaria, *pivot shift* muy pronunciado y en todos los casos de cirugías de revisión de LCA (*Figura 2*).

Bertrand Sonnery-Cottet y cols. reconstruyen el LCA y el ALL de manera combinada, utilizando los tendones semitendinoso y gracilis, la unión tibial del

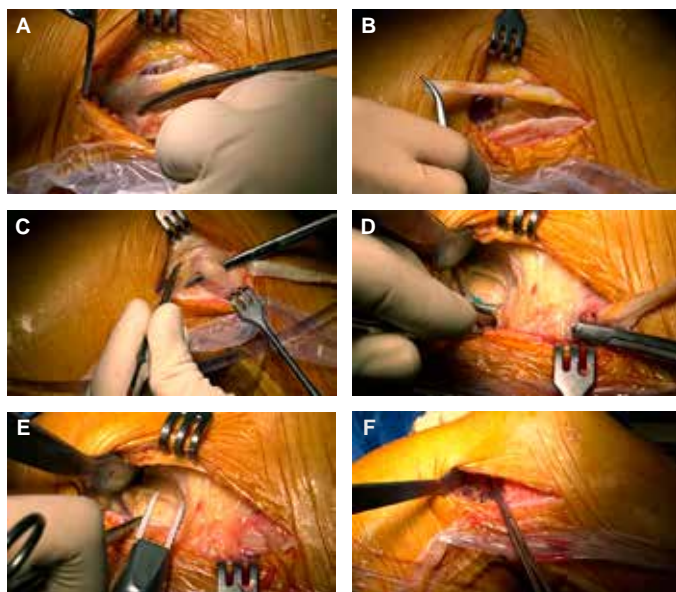


Figura 2.

Técnica quirúrgica de la reconstrucción del ALL con banda iliotibial «Monoloop» (cortesía del Dr. Peter Verdonk). A y B) Se toma una bandeleta central de la banda iliotibial C y D) se pasa por detrás del ligamento colateral lateral y del septo intermuscular lateral, se tensa la bandeleta y se aproxima al sitio de inserción posterior al epicóndilo lateral. E y F) Se fija la bandeleta iliotibial con una grapa para tejidos blandos en la cortical posterior del fémur.

semitendinoso doblado en tres y el gracilis sin ser doblado. Además, el remanente del gracilis se utiliza para la reconstrucción del ALL a través de un túnel en tibia y se inserta finalmente cerca del epicóndilo lateral. Obtuvieron buenos resultados en 98% de las rodillas estudiadas.

Chahla y cols.³⁷ describieron una técnica de reconstrucción anatómica del ALL utilizando un injerto cadavérico a través de dos túneles y fijación con anclas de PEEK (7 x 23 mm) con la rodilla en flexión a 30°.

CONCLUSIONES

- Existe una evidencia anatómica y radiológica de la existencia del ALL.
- El ALL es una estructura independiente que, en conjunto con las demás estructuras anterolaterales, parece ocupar un papel preponderante en la estabilización de la rotación interna de la tibia.
- La presencia de lesión del ALL se encuentra asociada con la presencia de lesiones meniscales, especialmente lesiones radiales del cuerno posterior del menisco lateral o contusiones óseas laterales.
- La lesión del ALL favorece el *pivot shift*.
- El ALL se puede identificar en la RMN de mejor manera en el plano coronal, con las secuencias de densidad de protones y T2 con saturación grasa.
- Se recomienda la reconstrucción del ALL en conjunto con el LCA en pacientes con alta demanda de pivoteo, hiperlaxitud ligamentaria, *pivot shift* muy pronunciado y en los casos de cirugías de revisión de LCA.
- La reconstrucción conjunta del LCA y ALL podría mejorar la estabilización de la rodilla y prevenir posibles rupturas de LCA.³⁸

- Se requieren más estudios prospectivos sobre la posible constricción de la rodilla al realizar técnicas conjuntas de reconstrucción del LCA y ALL.
- Se necesitan futuros estudios a largo plazo con muestras grandes para evaluar la eficacia y los resultados clínicos por el paciente después de la reconstrucción del ALL.

BIBLIOGRAFÍA

1. Fu FH, van Eck CF, Tashman S, Irrgang JJ, Moreland MS. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: a changing paradigm. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015; 23 (3): 640-648.
2. Ayeni OR, Chahal M, Tran MN, Sprague S. Pivot shift as an outcome measure for ACL reconstruction: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012; 20 (4): 767-777.
3. Claes S, Vereecke E, Maes M, Victor J, Verdonk P, Bellemans J. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee. *Journal of Anatomy.* 2013; 223 (4): 321-328.
4. Helito CP, Demange MK, Bonadio MB, Tirico LE, Gobbi RG, Pecora JR, et al. Anatomy and histology of the knee anterolateral ligament. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine.* 2013; 1 (7): 2325967113513546.
5. 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): 147-152.
6. 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. *The American Journal of Sports Medicine.* 2016; 44 (3): 585-592.
7. Parsons EM, Gee AO, Spiekerman C, Cavanagh PR. The biomechanical function of the anterolateral ligament of the knee. *The American Journal of Sports Medicine.* 2015; 43 (3): 669-674.
8. Sonnery-Cottet B, Lutz C, Daggett M, Dalmay F, Freychet B, Niglis L, et al. The involvement of the anterolateral ligament in rotational control of the knee. *The American Journal of Sports Medicine.* 2016; 44 (5): 1209-1214.
9. Huser LE, Noyes FR, Jurgensmeier D, Levy MS. Anterolateral ligament and iliotibial band control of rotational stability in the anterior cruciate ligament-intact knee: defined by tibiofemoral compartment translations and rotations. *Arthroscopy.* 2017; 33 (3): 595-604.
10. Bonazinga T, Signorelli C, Grassi A, Lopomo N, Bragonzoni L, Zaffagnini S, et al. Kinematics of ACL and anterolateral ligament. Part I: Combined lesion. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017; 25 (4): 1055-1061.
11. Kennedy MI, Claes S, Fuso FA, Williams BT, Goldsmith MT, Turnbull TL, et al. The anterolateral ligament: an anatomic, radiographic, and biomechanical analysis. *The American Journal of Sports Medicine.* 2015; 43 (7): 1606-1615.
12. Spencer L, Burkhart TA, Tran MN, Rezansoff AJ, Deo S, Catherine S, et al. Biomechanical analysis of simulated clinical testing and reconstruction of the anterolateral ligament of the knee. *The American Journal of Sports Medicine.* 2015; 43 (9): 2189-2197.
13. Van der Watt L, Khan M, Rothrauff BB, Ayeni OR, Musahl V, Getgood A, et al. The structure and function of the anterolateral ligament of the knee: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015; 31 (3): 569-582.
14. Nitri M, Rasmussen MT, Williams BT, Moulton SG, Cruz RS, Dornan GJ, et al. An *in vitro* robotic assessment of the anterolateral ligament, part 2: anterolateral ligament reconstruction combined with anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine.* 2016; 44 (3): 593-601.
15. Helito CP, Bonadio MB, Rozas JS, Wey JM, Pereira CA, Cardoso TP, et al. Biomechanical study of strength and stiffness of the knee anterolateral ligament. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2016; 17: 193.
16. Brophy RH, Schmitz L, Wright RW, Dunn WR, Parker RD, Andrich JT, et al. Return to play and future ACL injury risk after ACL reconstruction in soccer athletes from the Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) group. *The American Journal of Sports Medicine.* 2012; 40 (11): 2517-2522.
17. Brusalis CM, Lakomkin N, Suryavanshi JR, Cruz Al Jr., Green DW, Jones KJ, et al. Clinical outcome reporting in youth acl literature is widely variable. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine.* 2017; 5 (8): 2325967117724431.
18. Kamath GV, Murphy T, Creighton RA, Viradia N, Taft TN, Spang JT. Anterior cruciate ligament injury, return to play, and reinjury in the elite collegiate athlete: analysis of an NCAA division I cohort. *The American Journal of Sports Medicine.* 2014; 42 (7): 1638-1643.

19. Zaffagnini S, Urrizola F, Signorelli C, Raggi F, Di Sarsina TR, Grassi AA. Residual rotatory laxity after anterior cruciate ligament reconstruction: how do we diagnose it and prevent it? *Current Orthopaedic Practice*. 2016; 27 (3): 241-246.
20. Cianca J, John J, Pandit S, Chiou-Tan FY. Musculoskeletal ultrasound imaging of the recently described anterolateral ligament of the knee. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2014; 93 (2): 186.
21. Cavaignac E, Wytrykowski K, Reina N, Pailhe R, Murgier J, Faruch M, et al. Ultrasonographic identification of the anterolateral ligament of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016; 32 (1): 120-126.
22. Capo J, Kaplan DJ, Fralinger DJ, Adler RS, Campbell KA, Jazrawi LM, et al. Ultrasonographic visualization and assessment of the anterolateral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017; 25 (10): 3134-3139.
23. Helito CP, Helito PV, Costa HP, Bordalo-Rodrigues M, Pecora JR, Camanho GL, et al. MRI evaluation of the anterolateral ligament of the knee: assessment in routine 1.5-T scans. *Skeletal Radiology*. 2014; 43 (10): 1421-1427.
24. Klontzas ME, Maris TG, Zibis AH, Karantanas AH. Normal magnetic resonance imaging anatomy of the anterolateral knee ligament with a T2/T1-weighted 3-dimensional sequence: a feasibility study. *Can Assoc Radiol J*. 2016; 67 (1): 52-59.
25. Hartigan DE, Carroll KW, Kosarek FJ, Piasecki DP, Fleischli JF, D'Alessandro DF. Visibility of anterolateral ligament tears in anterior cruciate ligament-deficient knees with standard 1.5-tesla magnetic resonance imaging. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016; 32 (10): 2061-2065.
26. Taneja AK, Miranda FC, Braga CA, Gill CM, Hartmann LG, Santos DC, et al. MRI features of the anterolateral ligament of the knee. *Skeletal Radiology*. 2015; 44 (3): 403-410.
27. Kosy JD, Mandalia VI, Anaspure R. Characterization of the anatomy of the anterolateral ligament of the knee using magnetic resonance imaging. *Skeletal Radiology*. 2015; 44 (11): 1647-1653.
28. Shea KG, Milewski MD, Cannamela PC, Ganley TJ, Fabricant PD, Terhune EB, et al. Anterolateral ligament of the knee shows variable anatomy in pediatric specimens. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2017; 475 (6): 1583-1591.
29. Lee DW, Lee JH, Kim JN, Moon SG, Kim NR, Kim DH, et al. Evaluation of anterolateral ligament injuries and concomitant lesions on magnetic resonance imaging after acute anterior cruciate ligament rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018; 34 (8): 2398-2406.
30. Dodds AL, Gupte CM, Neyret P, Williams AM, Amis AA. Extra-articular techniques in anterior cruciate ligament reconstruction: a literature review. *J Bone Joint Surg Br*. 2011; 93 (11): 1440-1448.
31. Schon JM, Moatshe G, Brady AW, Serra Cruz R, Chahla J, Dornan GJ, et al. Anatomic anterolateral ligament reconstruction of the knee leads to over constraint at any fixation angle. *The American Journal of Sports Medicine*. 2016; 44 (10): 2546-2556.
32. Strum GM, Fox JM, Ferkel RD, Dorey FH, Del Pizzo W, Friedman MJ, et al. Intraarticular versus intraarticular and extraarticular reconstruction for chronic anterior cruciate ligament instability. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1989; (245): 188-198.
33. Andrews JR, Sanders RA, Morin B. Surgical treatment of anterolateral rotatory instability. A follow-up study. *The American Journal of Sports Medicine*. 1985; 13 (2): 112-119.
34. Benum P. Anterolateral rotary instability of the knee joint. Results after stabilization by extraarticular transposition of the lateral part of the patellar ligament. A preliminary report. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1982; 53 (4): 613-617.
35. Amirault JD, Cameron JC, MacIntosh DL, Marks P. Chronic anterior cruciate ligament deficiency. Long-term results of MacIntosh's lateral substitution reconstruction. *J Bone Joint Surg Br*. 1988; 70 (4): 622-624.
36. Moran CJ, Verdonk PC, Lagae K, DeClercq G. Extra-articular Augmentation of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: The Monoloop Procedure. In: Siebold R, Dejour D, Zaffagnini S, (eds.). *Anterior Cruciate Ligament Reconstruction*. Heidelberg: Springer, Berlin; 2014.
37. Chahla J, Menge TJ, Mitchell JJ, Dean CS, LaPrade RF. Anterolateral ligament reconstruction technique: an anatomic-based approach. *Arthroscopy Techniques*. 2016; 5 (3): e453-e457.
38. Sonnery-Cottet B, Thanaun M, Freychet B, Pupim BHB, Murphy CG, Claes S. Outcome of a combined anterior cruciate ligament and anterolateral ligament reconstruction technique with a minimum 2-year follow-up. *The American Journal of Sports Medicine*. 2015; 43 (7): 1598-1605.