

Lesión del ligamento cruzado anterior

Alan Isaac Valderrama-Treviño,^{*} Juan José Granados-Romero,^{**}
 Christopher Alvarado Rodríguez,^{***} Baltazar Barrera-Mera,^{****}
 Ericka Hazzel Contreras-Flores,^{****} Karen Uriarte-Ruíz,^{****}
 Gerardo Arauz-Peña^{****}

RESUMEN

El ligamento cruzado anterior (ACL) es uno de los cuatro ligamentos principales de la rodilla, el cual cumple en particular con la función de estabilizar la articulación, evitando que la tibia se deslice hacia adelante con relación al fémur y está compuesto por dos haces ligamentarios. Para la elaboración de este artículo se hizo una revisión bibliográfica sobre diferentes tópicos íntimamente relacionados con el ACL, en los que se incluyen bases anatómicas, factores de riesgo, mecanismos de lesión, lesiones concomitantes, cuadro clínico, diagnóstico, tratamiento y prevención con el objetivo de conocer y realizar correctamente tanto el diagnóstico como el tratamiento de lesiones de ACL, facilitando así su correcto manejo y evitando errores médicos.

Palabras clave: Ligamento cruzado anterior, articulación, fosa intercondilar, injertos, neuroreceptores.

SUMMARY

The anterior cruciate ligament (ACL) is one of the 4 main ligaments of the knee, which mainly serves the function of stabilizing the joint, preventing the tibia from sliding forward in relation to the femur, and is composed of 2 ligament bundles. For the elaboration of this article, a bibliographic review was carried out on different topics intimately related to ACL, including anatomical bases, risk factors, mechanisms of injury, concomitant lesions, clinical picture, diagnosis, treatment and prevention, with the objective of knowing and correctly carrying out both the diagnosis and the treatment of ACL lesions, thus facilitating their correct management and avoiding medical errors.

Key words: Anterior cruciate ligament, joint, intercondylar fossa, grafts, neuroreceptors.

INTRODUCCIÓN

Los ligamentos son bandas de tejido conectivo fibroso que unen superficies articulares óseas, son flexibles y resistentes. El examen histológico muestra una cantidad considerable de tejido conjuntivo denso regular compuesto principalmente por fibroblastos y colágena I, V, VI y XVI con poca matriz extracelular. En las áreas centrales de la porción

* Laboratorio de Inmunoterapia Experimental e Ingeniería de Tejidos, Facultad de Medicina, UNAM.

** Servicio de Cirugía General, Hospital General de México «Dr. Eduardo Liceaga».

*** Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, UNAM.

**** AFINES. Facultad de Medicina, UNAM.

Dirección para correspondencia:
 Dr. Alan Isaac Valderrama-Treviño
 Av. Universidad No. 3000, Circuito Universitario, Col. Ciudad Universitaria,
 Del. Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México.
 Correo electrónico: alan_valderrama@hotmail.com

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

inferior del ligamento cruzado anterior se observan abundantes fibras elásticas.¹ A su vez se encuentran dos tipos predominantes de mecanorreceptores (corpúsculos de Ruffini y Pacini) y en menor grado nociceptores (fibras nerviosas libres amielínicas)² así como escasas células del sistema fagocítico mononuclear y granulocitos.³

El ligamento cruzado anterior es uno de los cuatro ligamentos principales que estabilizan la articulación de la rodilla,⁴ es completamente intracapsular y descansa sobre la muesca intercondilar distal del fémur, se extiende caudalmente de la superficie posteromedial del condilio lateral del fémur a la parte anterior del área del condilio intercondilar tibial⁵ y está compuesto también por dos haces, el anteromedial y el posterolateral que obtienen su nombre con base en sus respectivas inserciones en la tibia. Los haces trabajan juntos para mantener la estabilidad de la rodilla, otorgando gran estabilidad anteroposterior y rotatoria,⁶ evitando que la tibia se deslice hacia adelante con relación al fémur (*Figuras 1 y 2*).⁴

EPIDEMIOLOGÍA

En Estados Unidos la incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior oscila entre 80,000 y 250,000 casos por año, de los cuales aproximadamente 100,000 son sometidos a una cirugía reconstructiva de rodilla y se estima que genera un gasto de 1,000 millones de dólares al año.⁷ Se presenta en diferentes grupos de edad de entre ocho y 63 años, de los cuales 70.68% son pacientes masculinos y 29.32% femeninos, 14.05% atletas de alto rendimiento. Con respecto al mecanismo de trauma en la ruptura de ligamento cruzado anterior alrededor de 35.82% de los casos son lesiones de rodilla en valgo seguidas de 11.21% provocadas por lesión de rodilla en varo,⁸ la causa principal de ruptura de ésta son las lesiones deportivas. Aproximadamente 7.92% de las lesiones están asociadas a otras lesiones de ligamentos, de las cuales 2.69% son rupturas del ligamento cruzado posterior, 5.81% lesiones de ligamento colateral medial y 0.57% lesiones de ligamento colateral lateral.⁸

FACTORES DE RIESGO

Se han estudiado factores de riesgo que pueden predisponer a una

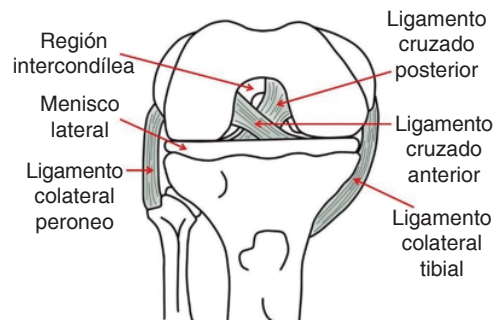


Figura 1. Anatomía del ligamento cruzado anterior.

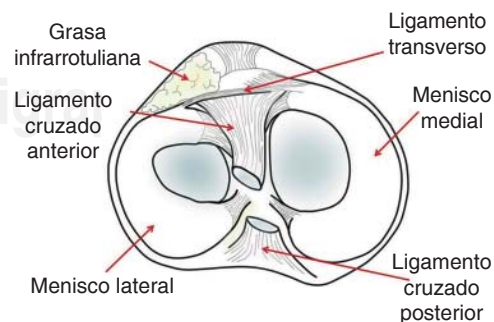


Figura 2. Ligamento cruzado anterior y posterior.

ruptura del ligamento cruzado anterior, factores externos, anatómicos, hormonales, neuromusculares, posturales y algunos movimientos específicos (*Cuadro I*).

Externos: la fricción y la resistencia aumentada entre el calzado y el suelo incrementan el riesgo de lesiones; sucede del mismo modo en lugares con pasto alto o pasto artificial.

Anatómicos: el índice de masa corporal es el único riesgo anatómico modificable. En las mujeres las proporciones comparadas con los hombres son menores, lo que provoca menor cantidad de fibrillas de colágeno, que a su vez induce menor rigidez, esto las predispone a mayor incidencia de lesión.^{4,5,9,10}

Hormonales: las fluctuaciones hormonales del ciclo menstrual pueden afectar las propiedades mecánicas del ligamento cruzado anterior. En la fase preovulatoria aumenta el riesgo de sufrir una lesión del ligamento, ya que las células de éste contienen receptores de hormonas, los cuales afectan la tensión del ligamento. Se ha demostrado que las hormonas sexuales pueden disminuir la coordinación provocando efectos desfavorables.⁹

Neuromusculares: en el control neuromuscular normal existen restricciones dinámicas que responden a un estímulo sensorial y las lesiones de ligamento cruzado anterior provocan una disminución del mismo.⁹

Posturales: las posiciones específicas del cuerpo pueden provocar lesiones de ligamento cruzado anterior.^{4,11}

Movimiento: cuando se superan los ángulos normales de movimiento de la rodilla se aumenta el riesgo de sufrir una lesión de ligamento cruzado anterior.^{9,11}

FISIOPATOLOGÍA

La ruptura del ligamento cruzado anterior puede conducir a una falta de aferencia sensorial de mecanorreceptores al sistema nervioso central y depende directamente del tiempo que ha pasado tras la lesión, mientras más tiempo trascurra mayor daño se provocará; sin embargo, no existe diferencia entre la fuerza o la estabilidad postural entre los casos agudos y crónicos de esta lesión,¹² pero es importante resaltar que la propiocepción aguda de la rodilla no está influenciada directamente por el daño al ligamento, debido a que los husos musculares, la cápsula, tendones y articulaciones adyacentes pueden compensar la pérdida

Cuadro I. Factores de riesgo de lesiones en ligamentos.^{4,5,9-11}

Externos	Fricción y resistencia torsional entre el calzado y el suelo
Anatómicos	Índice de masa corporal (único modificable), longitud, volumen, masa y laxitud del ligamento
Hormonales	Las fluctuaciones cíclicas de las hormonas durante los estadios folicular y ovulatorio del ciclo menstrual y las hormonas sexuales
Neuromusculares	Disminución del control neuromuscular
Posturales	Cadera rotada internamente, la rodilla cerca de la extensión completa, el pie plantado y una rotación interna o externa de la rodilla
Movimientos	El aterrizaje del pie con los dedos en rotación medial y la abducción durante el aterrizaje del pie y una pronación prolongada del pie

sensorial causada directamente por el ligamento cruzado anterior. En un estudio realizado en 20 pacientes se comprobó que pacientes con ruptura de ligamento cruzado anterior padecían de sentido errado de la posición en comparación con su rodilla sana.¹³ También se sabe que la lesión puede ocasionar que se desarrolle regulación compensatoria en la cadera y en el músculo extensor del tobillo y que disminuya la función de los músculos extensores de la rodilla,¹⁴ posterior a la lesión y cirugía de rodilla el cuádriceps femoral se inhibe y el extensor de la cadera, incluyendo el músculo isquiotibial y el extensor plantar del tobillo aumentan su actividad para compensar la debilitada función extensora de la rodilla.¹⁴

CUADRO CLÍNICO

Al consultorio acude un paciente que presenta de manera típica dolor general en la rodilla localizado en la parte posterior de la misma con posible derrame de líquido sinovial, inflamación y reducción del movimiento de la articulación.^{4,15}

Deben distinguirse las diferentes complicaciones posibles dependiendo del mecanismo y consecuencias de la lesión, la existencia de contusión ósea se asocia a menor riesgo de ruptura de menisco medio, pero a mayor riesgo de ruptura de ligamento cruzado anterior y la existencia de fractura se relaciona con menor riesgo de ruptura de ligamento cruzado anterior y menisco medio debido a que la fuerza del traumatismo es absorbida completamente por el hueso y reduce la absorción del impacto por parte de la articulación, disminuyendo así la intensidad de rotación de la articulación.¹⁶ El desarrollo de derrame sinovial en la rodilla está significativamente relacionado con ruptura de ligamento cruzado anterior, pues la inflamación intracapsular posterior a la lesión puede afectar directamente el ligamento cruzado anterior.¹⁷

La examinación física desempeña un papel muy importante en el diagnóstico oportuno y se utilizan diferentes exámenes físicos para llevarla a cabo, en pacientes con derrame agudo de rodilla el *test* de Lachman y el *test* de cambio de pivote^{18,19} pueden llegar al diagnóstico clínico de una ruptura de ligamento cruzado anterior¹³ (*Cuadro II*). La exactitud de la examinación física es de 90.27%, mientras que la de la resonancia magnética es de 83.33%,¹⁶ la ruta diagnóstica se resume en la *figura 3*.

TRATAMIENTO

Tratamiento no quirúrgico

Este tratamiento es no invasivo y consiste principalmente en terapia física, dependerá del pronóstico y de las capacidades del paciente.^{13,20} Los pacientes con ruptura crónica de ligamento cruzado anterior sufren una osteoartritis más avanzada que los pacientes con reconstrucción de ligamento cruzado anterior.²¹

Tratamiento quirúrgico

Fundamentos

La cirugía artroscópica es actualmente el tratamiento para la reconstrucción de ligamento cruzado anterior, ya que es un procedimiento mínimamente invasivo.²² La decisión de este tratamiento está basada en la presencia de lesiones concomitantes,

el objetivo del paciente y la sensación de inestabilidad. La reconstrucción de los dos haces sólo se aplica cuando el paciente tiene un sitio extenso de inserción > 14 mm, una larga fosa intercondilar y no presenta lesiones mayores, mientras que la operación de un solo haz está indicada en inserciones tibiales pequeñas < 14 mm, fosa intercondilar poco profunda, una severa contusión ósea. La operación tradicional de reconstrucción se realiza anatómicamente colocando injertos fuera de la inserción nativa del ligamento cruzado anterior, siguiendo cuatro fundamentos principales.⁶

- 1) Restaurar las dos partes del ACL (anteromedial y posterolateral).
- 2) Restaurar las dos partes nativas funcionales del ACL mediante la colocación de túneles en posiciones anatómicas específicas y del correcto tamaño del injerto.

Cuadro II. Test de Lachman y test de pivote. ^{18,19}	
Test de Lachman	En decúbito supino, con la rodilla flexionada 30° se sujeta el muslo con una mano mientras que con la otra se intenta desplazar la tibia hacia delante. En los casos de rotura del ligamento cruzado anterior no existe tope y se produce una subluxación de la tibia hacia delante
Test de pivote	Se realiza con el paciente en posición supina y la rodilla extendida, se sujeta el tobillo con la mano ipsilateral girando internamente la rodilla y flexionándola desde la extensión completa, mientras se aplica estrés valgo con la mano contraria en el lado lateral de la tibia proximal

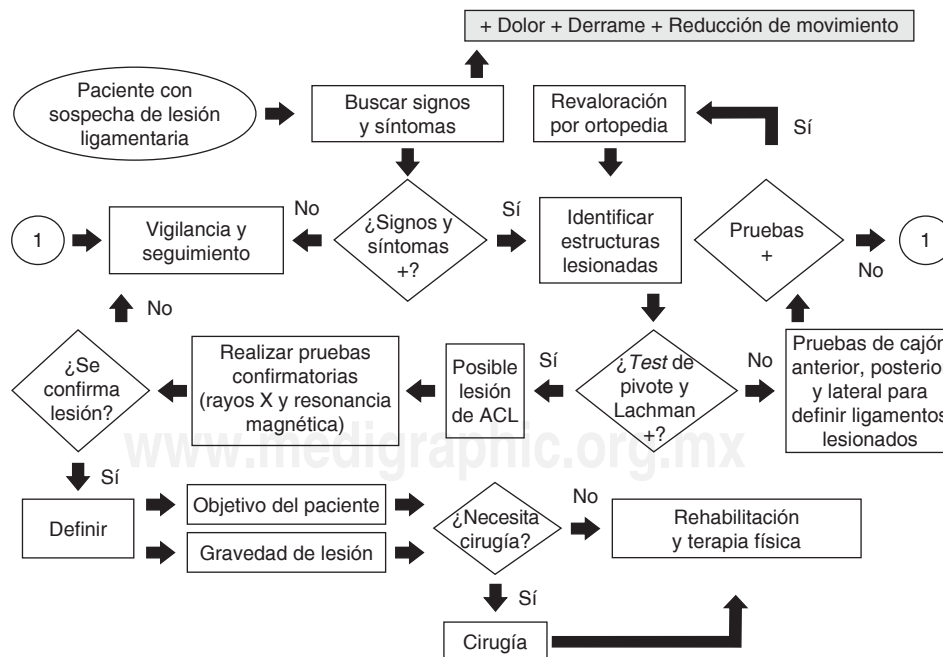


Figura 3. Ruta diagnóstica.

- 3) Tensar correctamente cada parte de acuerdo con el ángulo de flexión de la rodilla.
- 4) Individualizar la cirugía para cada paciente considerando específicamente la anatomía necesaria de cada uno.

Injertos

Su elección está basada en la edad, género, tipo y nivel de actividad física que realiza, además de la medición del tamaño de la inserción nativa del ligamento cruzado anterior. Los injertos más utilizados son el tendón patelar, el tendón del cuádriceps entre otros.⁶ El injerto se considera idóneo para la operación si permite una fijación rígida y resistente que no sufra movimientos dentro del túnel y que se integre rápidamente.²⁰

Procedimiento

Todos los pacientes deberán contar con radiografías simples que incluyen vistas anteroposteriores con 45° de flexión, lateral, lateral con extensión total y tangencial con la finalidad de determinar una correcta planeación de la operación.²³

El injerto se prepara en una mesa apropiada con abrazaderas Kocher, sosteniéndolo en el extremo y marcado con una pluma quirúrgica de 30 mm, distal del punto central del mismo. El paciente es colocado en posición supina en la cama de operaciones con la rodilla que se operará con un sujetador de pierna y con el pie caído, las marcas anatómicas y quirúrgicas ya deben estar hechas para entonces.²⁴ La colocación del injerto en los sitios de unión anatómicos del fémur y la tibia es crucial para el éxito de la operación, la colocación del injerto en sus sitios no anatómicos es el error técnico principal en la operación y su reconstrucción se lleva a cabo por medio de la técnica del túnel transtibial, conocida como el estándar de oro.²⁵ Pero actualmente el que más se utiliza es el enfoque en tres túneles durante la reconstrucción:

- 1) Túnel anterolateral (AL): el portal AL se posiciona 1 cm lateral al tendón rotuliano y al nivel del polo inferior de la rótula
- 2) Túnel anteromedial (AM): el portal AM está dirigido hacia la porción central de la fosa intercondilar en el plano coronal y en el tercio inferior de la muesca en la dirección proximal distal.
- 3) Túnel accesorio medial (AMP): el AMP debe colocarse superior a la línea medial de la articulación, aproximadamente 2 cm medial al borde medial del tendón rotuliano. Este portal proporciona la mejor visualización de la inserción nativa del ACL.⁶

Una vez hechos correctamente los túneles, se identifican los haces del ligamento cruzado anterior y los injertos y suturas se pasan a través del túnel anteromedial, colocados y suturados correctamente.²² Es importante saber que al realizar la operación una parte del ligamento original puede permanecer o retirarse, al permanecer puede obstruir la visualización de la operación complicando las cosas para el cirujano, mientras que el beneficio de dejarlo consiste

en que los mecanorreceptores que permanecieron en el ligamento original pueden ayudar en la función neurosensorial y de propiocepción en la rehabilitación de la rodilla.²⁶

La ruptura del injerto colocado durante la operación puede conllevar a una segunda lesión aproximadamente seis años posterior a ésta, la causa de esta ruptura puede deberse a errores técnicos, biológicos y traumáticos (*Cuadro III*), siendo la edad un factor muy importante para este acontecimiento, pues existe mayor incidencia en pacientes de aproximadamente 29 años.^{27,28}

REHABILITACIÓN

Posterior a la cirugía se coloca un soporte quirúrgico durante la primera o segunda semana para proteger el cuádriceps inhibido de la rodilla de flexiones repentinas y posteriormente se utiliza un soporte funcional de rodilla por lo menos un año, aunque el reforzamiento seguro sin soporte es esencial para la remodelación y curación de los tejidos, deposición de colágeno, restauración de integridad biomecánica y un correcto desarrollo neuromuscular,¹⁴ ya que si no se realiza rehabilitación posterior a una cirugía, con frecuencia resulta en limitaciones funcionales y atléticas.²⁹ Para llevar a cabo la rehabilitación se recomienda una serie de ejercicios como la dorsiflexión de tobillos, flexión de rodilla, levantamiento de pierna, sentadillas, desplantes y ejercicio cardiovascular, empezando por el más sencillo y de manera progresiva conforme a la complejidad y a la intensidad del ejercicio cardiovascular; a éstos se agregan ejercicios neuromusculares para un mejor pronóstico.²⁹

COMPLICACIONES

Rigidez y artrofibrosis: es una de las complicaciones más comunes postoperación, puede ser mínima o llegar a ser incapacitante. La pérdida significativa de la flexión y extensión con fibrosis de las estructuras cercanas al ligamento se denomina «artrofibrosis», la cual es causada por una exagerada hiperplasia fibrosa de los tejidos blandos anteriores.³⁰

Cirugía en una etapa temprana: las cirugías en la primera semana de lesión tuvieron un aumento significativo en la artrofibrosis en comparación con las cirugías por lo menos cuatro semanas después de la lesión.³⁰

Cuadro III. Principales causas de falla de la reconstrucción de ligamento cruzado anterior.²⁸

Errores técnicos	Representan de 77% a 95% de todos los casos de falla de la cirugía, comúnmente son causa de inestabilidad recidivante después de la reconstrucción del ACL, el principal error técnico es la mala colocación de un túnel no anatómico que representa de 70 a 80% de todos los fallos técnicos
Fallas biológicas	Falta de incorporación del injerto, infección, rechazo del injerto
Lesiones traumáticas	Lesiones posteriores a la cirugía representan sólo de 5 a 10% de fallas en la reconstrucción

Inmovilización prolongada: la inmovilización debe durar dos semanas por el riesgo de rigidez y debe ser en extensión de la rodilla, pues recuperar el movimiento de extensión es más difícil que recuperar el movimiento de flexión.³⁰

Síndrome del cíclope: se manifiesta como la pérdida aislada de la extensión de la rodilla después de la cirugía y es causada por un bloqueo mecánico de un tejido fibroso hipertrófico adherido a la inserción tibial del injerto de ligamento cruzado anterior.³⁰

Ruptura de meniscos: las rupturas de menisco son comunes en las reconstrucciones de ligamento cruzado anterior, por lo que el médico debe ser muy cuidadoso durante la operación para no dañar estas estructuras durante la cirugía, ya que la lesión de éstos puede ocasionar daño al cartílago articular de la rodilla.³⁰

PREVENCIÓN

El entrenamiento pliométrico y de equilibrio favorece la abducción de rodilla y las medidas de flexión y reduce el riesgo de lesión. El entrenamiento de núcleo muscular (tronco) dirigido puede aumentar la fuerza de abducción de cadera y potencialmente mejorar el control neuromuscular de la alineación de extremidad inferior durante actividades deportivas. Los programas de entrenamiento neuromuscular que incorporan el entrenamiento respecto a la fuerza reducen también el riesgo de lesión.³¹

CONCLUSIONES

El ligamento cruzado anterior es esencial para el correcto funcionamiento y estabilidad de la articulación de la rodilla, por lo que puede resultar en un blanco común de lesiones graves que son atribuidas a una amplia variedad de factores de riesgo. Es primordial que las lesiones de este ligamento sean diagnosticadas en tiempo y forma correctamente, siendo la valoración clínica la mejor opción.

BIBLIOGRAFÍA

1. Natsis K, Paraskevas G, Anastasopoulos N, Papamitsou T, Sioga A. Meniscomfibular ligament: morphology and functional significance of a relatively unknown anatomical structure. *Anat Res Int.* 2012; 1-5.
2. Sha L, Xie G, Zhao S, Zhao J. A morphologic and quantitative comparison of mechanoreceptors in the tibial remnants of the ruptured human anterior cruciate ligament. *Medicine (Baltimore).* 2017; 96 (5): e6081.
3. Ladd AL, Lee J, Hagert E. Macroscopic and microscopic analysis of the thumb carpometacarpal ligaments: a cadaveric study of ligament anatomy and histology. *J Bone Joint Surg Br.* 2012; 94 (16): 1468-1477.
4. LaBella CR, Hennrikus W, Hewett TE. Anterior cruciate ligament injuries: diagnosis, treatment, and prevention. *Pediatrics.* 2014; 133 (5): e1437-1450.
5. Mahajan PS, Chandra P, Negi VC, Jayaram AP, Hussein SA. Smaller anterior cruciate ligament diameter is a predictor of subjects prone to ligament injuries: an ultrasound study. *Biomed Res Int. Biomed Res Int.* 2015; 2015: 845689.
6. Rahnama-Azar AA, Sabzevari S, Irrarázaval S, Chao T, Fu FH. Anatomical individualized ACL reconstruction. *Arch Bone Jt Surg.* 2016; 4 (4): 291-297.
7. Huang W, Zhang Y, Yao Z, Ma L. Clinical examination of anterior cruciate ligament rupture: a systematic review and meta-analysis. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2016; 50 (1): 22-31.

8. Mei Y, Ao YF, Wang JQ, Ma Y, Zhang X, Wang JN, et al. Clinical characteristics of 4355 patients with anterior cruciate ligament injury. *Chin Med J (Engl)*. 2013; 126(23): 4487-4492.
9. Laible C, Sherman OH. Risk factors and prevention strategies of non-contact anterior cruciate ligament injuries. *Bull Hosp Jt Dis* (2013). 2014; 72 (1): 70-75.
10. Zlotnicki JP, Naendrup JH, Ferrer GA, Debski RE. Basic biomechanic principles of knee instability. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2016; 9 (2): 114-122.
11. Tran AA, Gatewood C, Harris AH, Thompson JA, Dragoo JL. The effect of foot landing position on biomechanical risk factors associated with anterior cruciate ligament injury. *J Exp Orthop*. 2016; 3 (13): 13.
12. Lee DH, Lee JH, Ahn SE, Park MJ. Effect of time after anterior cruciate ligament tears on proprioception and postural stability. *PLoS One*. 2015; 10 (9): e0139038.
13. Reiph N, Herrington L. The effect of conservatively treated acl injury on knee joint position sense. *Int J Sports Phys Ther*. 2016; 11 (4): 536-543.
14. Nyland J, Mattocks A, Kibbe S, Kalloub A, Greene JW, Caborn DNM, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction, rehabilitation, and return to play: 2015 update. *Open Access J Sports Med*. 2016; 7: 21-32.
15. Shelbourne KD, Urch SE. Treatment approach to anterior cruciate ligament injuries. *Oper Tech Sports Med*. 2010; 17 (1): 24-31.
16. Orlando Júnior N, de Souza Leão MG, de Oliveira NH. Diagnosis of knee injuries: comparison of the physical examination and magnetic resonance imaging with the findings from arthroscopy. *Rev Bras Ortop*. 2015; 50 (6): 712-719.
17. Pezeshki S, Vogl TJ, Pezeshki MZ, Daghighi MH, Pourisa M. Association of the type of trauma, occurrence of bone bruise, fracture and joint effusion with the injury to the menisci and ligaments in MRI of knee trauma. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2016; 6 (1): 161-166.
18. Salcedo M, González-Morán G, Albiñana J. Valoración ortopédica II. *An Pediatr Contin*. 2010; 8 (1): 48-51.
19. Nakamura K, Koga H, Sekiya I, Watanabe T, Mochizuki T, Horie M, et al. Dynamic evaluation of pivot-shift phenomenon in double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using triaxial accelerometer. *Arthroscopy*. 2016; 32 (12): 2532-2538.
20. Ayala-Mejías JD, García-Estrada GA, Alcocer Pérez-España L. Lesiones del ligamento cruzado anterior. *Acta Ortop Mex*. 2014; 28 (1): 57-67.
21. Jungmann PM, Baum T, Nevitt MC, Nardo L, Gersing AS, Lane NE, et al. Degeneration in ACL injured knees with and without reconstruction in relation to muscle size and fat content-data from the osteoarthritis initiative. *PLoS One*. 2016; 11 (12): e0166865.
22. DiFelice GS, van der List JP. Arthroscopic primary repair of proximal anterior cruciate ligament tears. *Arthrosc Tech*. 2016; 5 (5): e1057-e1061.
23. Wilde J, Bedi A, Altchek DW. Revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Sports Health*. 2014; 6 (6): 504-518.
24. Shamah S, Kaplan D, Strauss EJ, Singh B. Anteromedial portal anterior cruciate ligament reconstruction with tibialis anterior allograft. *Arthrosc Tech*. 2017; 6 (1): e93-e106.
25. Brown CH Jr, Spalding T, Robb C. Medial portal technique for single-bundle anatomical anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. *Int Orthop*. 2013; 37 (2): 253-269.
26. Siegel L, Vandenakker-Albanese C, Siegel D. Anterior cruciate ligament injuries: anatomy, physiology, biomechanics, and management. *Clin J Sport Med*. 2012; 22 (4): 349-355.
27. Koh BTH, Sayampanathan AA, Bin Abd Razak HR, Chong HC, Tan HCA. Injury patterns in patients presenting with a recurrent anterior cruciate ligament tear following primary reconstruction. *Ann Transl Med*. 2016; 4 (12): 232.
28. Di Benedetto P, Di Benedetto E, Fiocchi A, Beltrame A, Causero A. Causes of failure of anterior cruciate ligament reconstruction and revision surgical strategies. *Knee Surg Relat Res*. 2016; 28 (4): 319-324.
29. Wilk KE, Arrigo CA. Rehabilitation principles of the anterior cruciate ligament reconstructed knee: twelve steps for successful progression and return to play. *Clin Sports Med*. 2017; 36 (1): 189-232.
30. Wylie JD, Marchand LS, Burks RT. Etiologic factors that lead to failure after primary anterior cruciate ligament surgery. *Clin Sports Med*. 2017; 36 (1): 155-172.
31. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Quatman CE. Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: cut risk with three sharpened and validated tools. *J Orthop Res*. 2016; 34 (11): 1843-1855.