

Relación entre la Inclinación Posterior de la Tibia Proximal y la Inclinación Meniscal. Estudio Anatómico en Resonancia Magnética

Para optar a Miembro Titular

Emilio Corinaldesi

Hospital L. Lucero, TIM Instituto Médico, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

Introducción: La geometría articular y las estructuras óseas se han mencionado como factores de riesgo para ruptura del ligamento cruzado anterior (LCA). La inclinación posterior de la tibia proximal (IPTP) es uno de los factores anatómicos mencionados. No se han encontrado estudios que reporten el rol del menisco externo en la estabilidad de la rodilla. El objetivo del siguiente estudio es determinar la relación entre la IPTP y la inclinación meniscal (IM) medidas por resonancia magnética (RM).

Material y método: Se estudiaron 87 RM en 82 pacientes. Fueron excluidos pacientes con alteraciones anatómicas en la tibia proximal. Se realizaron las mediciones de la IPTP y la IM según el método de Hudeck. Se realizaron estudios de correlación para determinar la relación entre ambas variables.

Resultados: La edad media de los pacientes fue de 35.9 años. En el compartimento lateral la diferencia entre IPTP y la IM fue de 7.3° en promedio. El coeficiente Spearman entre IPTP del platillo externo y la IM es de 0.45. En el compartimento medial la diferencia entre la IPTP y la IM fue de 3.6°. El coeficiente Spearman entre la IPTP y la IM es de 0.57.

Conclusión: La correlación observada en ambos compartimentos es de baja a moderada lo que significa que la IPTP tiene poca participación en el valor final de la IM. Estos datos destacan la importancia del menisco externo en la biomecánica de la rodilla.

Tipo de estudio: Serie de casos

Nivel de evidencia: IV

Palabras clave: Lesión LCA; Inclinación Posterior de la Tibia; Inclinación Meniscal

ABSTRACT

Background: Articular geometry and bony structures have been described as a risk factors for ACL ruptures. Posterior tibial slope's one of the reported factors. We didn't find studies describing the influence of the lateral meniscus in knee stability. Our aim is to determine the correlation between PTS and the meniscal slope (MS) in magnetic resonance images (MRI).

Methods: We studied 87 MRIs in 82 patients. Patients with anatomical changes in the proximal tibia (eg.: high tibial osteotomy) were discharged. The PTS and the MS was measured with the method of Hudeck. We did correlation tests to find any correlation between variables.

Results: Mean age was 35.9. In the lateral compartment the difference between PTS and MS was 7.3° and the Spearman tests was 0.45. In the medial compartment the difference between PTS and MS was 3.6° and the Spearman tests was 0.57.

Conclusion: The correlation between both measures was low or moderate. The influence of the PTS in the MS it's relative and we must consider the lateral meniscus in knee biomechanics.

Type study: Number of cases

Level of evidence: IV

Key words: ACL Ruptures; Posterior Tibial Slope; Meniscal Slope

INTRODUCCIÓN

Los factores de riesgo para la ruptura del ligamento cruzado anterior (LCA) han sido muy estudiados particularmente en los últimos años.¹⁻⁹ La geometría articular y las estructuras óseas se han mencionado como factores de riesgo en distintas publicaciones y como elementos a tener en cuenta a la hora de establecer estrategias de prevención.^{2,5,6,10,11,13} La inclinación posterior de la tibia proximal (IPTP) es uno de los factores anatómicos mencionados como factor de riesgo para lesiones del LCA.^{5,11-17} Esta medida es tomada con una línea que representa el eje longitudinal de la tibia y aque-

lla que es trazada tangente a la superficie articular de ambos platillos tibiales. La mayoría de las publicaciones toman como referencia la estructura ósea de manera aislada y, por lo tanto, las mediciones se realizan sobre radiografías simples de perfil de rodilla.^{2,11-15} Más recientemente, distintas publicaciones comenzaron a destacar la importancia de medir ambos platillos tibiales de manera independiente, ya que biomecánicamente parecería existir una mayor influencia de la inclinación del platillo tibial externo en el mecanismo de ruptura del LCA.^{15,17} También, se ha descrito un error de medición atribuible a variaciones en la rotación de la rodilla a la hora de realizar las radiografías relativamente alto, por imposibilidad para controlar la técnica radiográfica en todas las mediciones. Por estos motivos la resonancia magnética (RM) podría ser un buen recurso para realizar estas

Emilio Corinaldesi

emiliocorinaldesi@timinstituto.com.ar

Recibido: 16 de abril de 2018. Aceptado: 3 de abril de 2018

mediciones.^{9,16} La ventaja de la RM radica en que permite medir ambos platillos tibiales de manera independiente, así como también la inclinación meniscal (IM). Uno de los beneficios de medir la inclinación meniscal, a nuestro criterio, es que permitiría una mejor comprensión de la biomecánica articular y aportaría información más precisa sobre el rol del menisco externo en la mecánica y estabilidad articular. Nuestra hipótesis es que el rol del menisco externo puede ser tan determinante como la geometría ósea en la dinámica articular y en la estabilidad de la rodilla. No hemos encontrado bibliografía consistente con ésta hipótesis. Creemos que documentar la diferencia existente entre la IPTP y la IM puede contribuir a la comprensión de la biomecánica de la rodilla y dar un parámetro del rol del menisco externo en la estabilidad articular. Según nuestro conocimiento, no se han publicado artículos que documenten la diferencia existente entre la IPTP y la IM.

El objetivo del siguiente estudio es documentar la diferencia entre la IPTP y la IM y establecer la presencia (en caso de que exista) de una correlación entre ambas.

MATERIAL Y MÉTODO

Se estudiaron las RM de 82 pacientes a los cuales se les indicó este estudio por distintos motivos. Un total de 87 estudios fueron analizados. Los criterios de inclusión fueron: pacientes entre 15 y 65 años, a los que se les indicó un RM por cualquier motivo en nuestro equipo de trabajo y que no presentaban antecedentes de ostotomías de tibia proximal, fracturas de platillo tibial, meniscectomías totales o subtotales o cualquier otra alteración anatómica que involucre a la tibia proximal. En todos los casos se realizaron las mediciones de la IPTP y la IM según el método descrito por Hudeck y cols.⁹ Todas las mediciones fueron realizadas por el autor principal. Este método consiste en analizar cortes sagitales de la rodilla en estudio a nivel de la eminencia intercondílea de la tibia proximal y de la inserción tibial del ligamento cruzado posterior (LCP). En este punto se puede observar la cortical anterior y posterior de la tibia proximal con una forma cóncava (fig. 1). Se crean 2 círculos, uno proximal y otro distal, centrados en la tibia proximal y haciendo coincidir la circunferencia de los mismos con las corticales anterior y posterior de la tibia. Para estandarizar esta medición, el centro del círculo inferior se ubica en la circunferencia inferior del círculo proximal. Se determinan los puntos centrales de estos círculos y se unen ambos. Esa línea (A) representa el eje central de la tibia proximal (fig. 1). Se superponen las imágenes correspondientes a cortes sagitales de la mitad del platillo tibial medial y lateral con A, y se trazan líneas tangentes al cartílago articular del platillo tibial (B), otra que une el punto más proximal de ambos cuernos meniscales (C) y

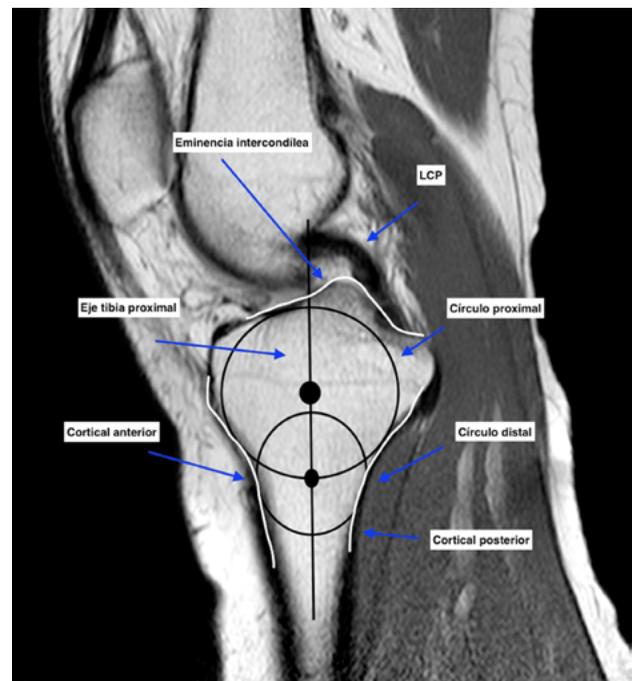


Figura 1: Medición del eje longitudinal de la tibia proximal.

la línea perpendicular a A (D) (figs. 2 y 3). Se determinaron los valores para cada paciente de la inclinación tibial ósea y meniscal, interna y externa y se realizó la comparación entre ellas, fueron documentadas las causas por las que se realizó la RM y el resultado de la misma. Se utilizaron parámetros estadísticos con el objetivo de encontrar una correlación entre las inclinaciones óseas y meniscales y así determinar si estos valores se comportan de manera independiente o si existe alguna correlación entre los valores de una y otra medición. Las mediciones de los valores angulares fueron realizadas con la aplicación digital Ruler-Swift 1.0 (App Store, China, 2016).

Análisis estadístico

Con el objetivo de determinar la existencia de correlación entre la inclinación tibial ósea y la inclinación meniscal, se utilizaron el coeficiente de correlación no paramétrico Rho de Spearman (R), el coeficiente de determinación (R²) y el modelo de regresión lineal. Con respecto al coeficiente de determinación, si el valor es cercano a 1 se podría concluir que existe una relación directa entre las variables estudiadas. En la medida que este valor se acerca a 0 se puede concluir que el nivel de correlación es mínimo o simplemente no existe correlación y, por lo tanto, la variación de una variable no explica el comportamiento de la otra (IBM, SPSS Statistics 25.0, Armonk, NY. USA. 2017).

RESULTADOS

Ochenta y siete estudios fueron analizados en 82 pacientes, 40 varones y 42 mujeres. La edad media fue de 35.9

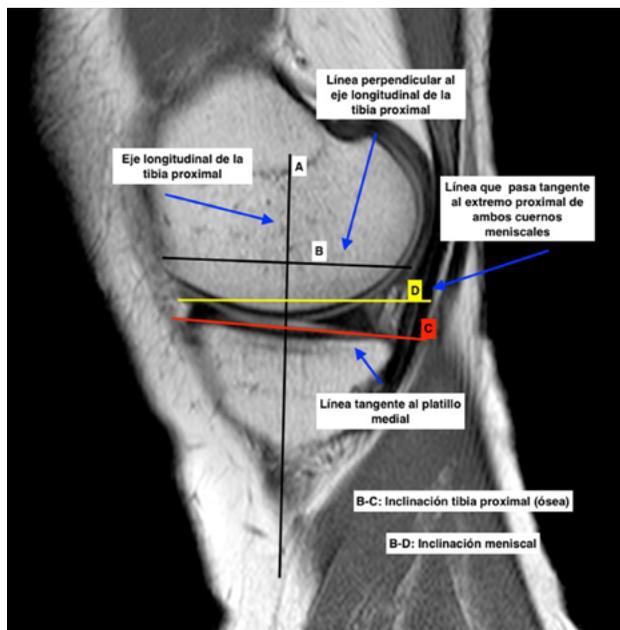


Figura 2: Medición de la inclinación ósea (C) y la inclinación meniscal (D) en la tibia proximal – compartimento medial.

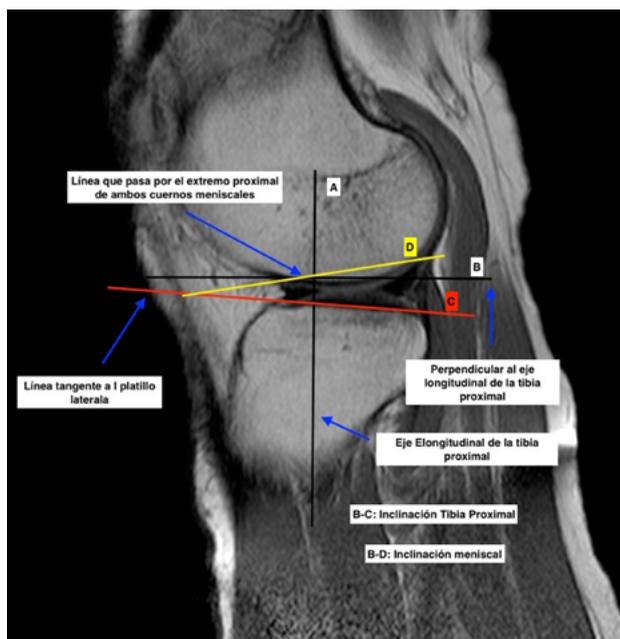


Figura 3: Medición de la inclinación ósea (C) y la inclinación meniscal (D) en la tibia proximal – compartimento lateral.

años (rango 15–65).

El valor promedio de la inclinación tibial ósea (IPTP) del platillo lateral fue de 6.56° (rango $-7-18$) en sentido posterior, mientras que la del platillo medial fue de 5.64° (rango $-8-13$) también en sentido posterior.

El valor promedio de la inclinación meniscal lateral (IML) fue de -1.8° (rango de $-14-12$) y el de la inclinación meniscal medial (IMM) fue de 2.03 (rango $-10-10$). Esto significa, que la inclinación meniscal lateral se produce en sentido anterior 1.8° en promedio y que la incli-

nación meniscal medial se produce en dirección posterior 2.03° en nuestro grupo de pacientes.

En la tabla 1 se muestran las variables estadísticas para cada una de las mediciones analizadas (tabla 1).

Compartimento lateral

La diferencia entre IPTP y la IM fue de 7.3° en promedio. El coeficiente Rho de Spearman para la correlación entre IPTP del platillo externo y la IM es de 0.45 (tabla 2).

Compartimento medial

La diferencia entre la IPTP y la IM fue de 3.6° . El coeficiente Rho de Spearman para la correlación entre la IPTP y la IM es de 0.57.

Luego de la evaluación estadística y en un intento de establecer una correlación entre la IPTP y la IM podemos observar en las cuatro correlaciones una relación positiva, es decir que a mayor inclinación ósea mayor inclinación meniscal, esto se ve reflejado en los valores positivos de los coeficientes. En la tabla 2 se pueden observar los resultados del coeficiente Rho de Spearman para las distintas variables estudiadas. Sin embargo, estos valores de coeficientes reflejan una correlación baja, es decir, sólo un pequeño porcentaje del aumento de la inclinación meniscal se puede explicar por la inclinación ósea. Lo que sugiere que, si bien la IM no podría considerarse una variable independiente y sin correlación con la IPTP, la correlación entre ambas mediciones parece ser de baja a moderada. En el gráfico 1 se puede observar la distribución de cada variable.

DISCUSIÓN

La estabilidad de la rodilla puede verse determinada por distintos factores y uno de ellos es la geometría articular. Dentro de los factores que pueden afectar la geometría articular se encuentra la inclinación posterior de la tibia proximal (IPTP). Distintos trabajos de investigación han estudiado el rol de la IPTP en la estabilidad de la rodilla.^{2,5,6,10-15,19} Dejour y cols. en un estudio radiográfico demostraron que un aumento en la IPTP se acompañaba de un significativo aumento en la traslación anterior de la tibia.²⁰ La gran mayoría de éstos trabajos han estudiado esta variable en radiografías simples de perfil de la rodilla.^{2,6,13,15,33} Investigaciones más recientes han descrito métodos de medición de la IPTP en RM.^{9,16} Las ventajas de la RM en la medición de la IPTP son que permite medir en forma separada la IPTP del platillo medial y lateral y que permite realizar las mediciones de la IM del menisco interno y externo.^{14,18} Stijak y cols. recomiendan la medición independiente de la inclinación medial de la lateral ya que una IPTP lateral aumentada podía observarse en pacientes con lesiones del LCA.¹⁹ Este autor concluye

TABLA 1: MEDIDAS RESUMEN PARA CADA UNA DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS

	IPTP Lateral	IPTP Medial	IM Lateral	IM Medial
N	86	87	86	84
Media	6,72	5,8	-1,72	2,17
Desvío estándar	4,18	3,21	5,99	4,06
Mínimo	-5	0	-14	-10
Máximo	18	13	12	10

TABLA 2: RESULTADOS DEL COEFICIENTE NO PARAMÉTRICO RHO DE SPEARMAN PARA LAS DISTINTAS VARIABLES ESTUDIADAS

Rho de Spearman	IPTP Lateral	IPTP Medial	IM Lateral	IM Medial
IPTP Lateral	1	0,61	0,45	0,31
IPTP Medial		1	0,5	0,57
IM Lateral			1	0,34
IPTP Medial				1

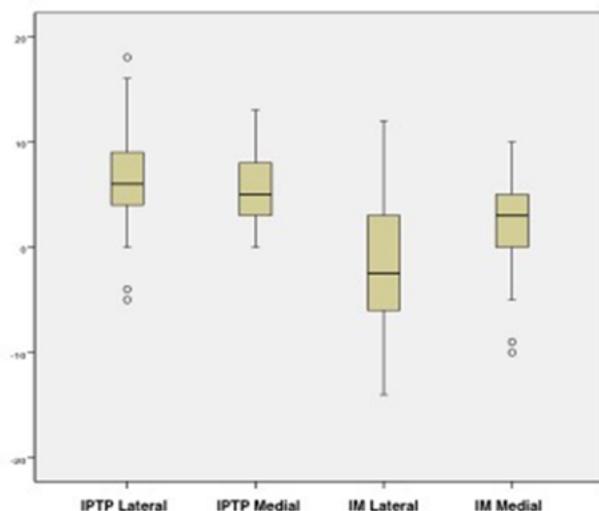


Gráfico 1: Se puede observar la distribución de cada variable.

que ante iguales situaciones de carga, la IPTP aumentada determina una mayor rotación interna de la rodilla que predispone a la ruptura del LCA. Si bien podemos encontrar en la bibliografía trabajos que describen la asociación entre una mayor IPTP y una traslación anterior de la tibia, no encontramos bibliografía disponible sobre el rol del menisco externo en la estabilidad anterior de la rodilla en pacientes con IPTP aumentada. Siguiendo esta línea de pensamiento, decidimos estudiar la relación entre la IPTP y la IM como paso inicial en el estudio de la participación del cuerno posterior del menisco externo en la estabilidad de la rodilla en pacientes con IPTP aumentada. Según nuestros resultados, no encontramos una correlación significativa entre la IPTP y la IM. Esto significa que am-

bas variables, si bien no se comportan de manera independiente, tampoco lo hacen con una correlación alta. Probablemente esto se relacione con que el menisco externo es más prominente en su cuerno posterior en relación con el anterior lo que determina que la IM sea más perpendicular al eje longitudinal de la tibia. En los casos en que esta relación se vea alterada (características anatómicas particulares o meniscectomías externas, por ejemplo), la IM aumentaría y podría predisponer a una lesión del LCA.¹⁶ Por lo tanto, considerar la IPTP como factor de riesgo para rupturas de LCA sin tomar en cuenta la contribución del menisco externo puede resultar insuficiente y llevar a interpretaciones ambiguas sobre la importancia de la IPTP como factor de riesgo para rupturas del LCA. Creemos que un factor aislado como puede ser la IPTP (un factor óseo) debe ser revisado y tomar en cuenta otras estructuras que podrían participar en la estabilidad de la rodilla,²¹ por ejemplo, el menisco externo. La justificación de esta afirmación se ve apoyada por los resultados de nuestro estudio en donde la IM tiene poca correlación con la IPTP y, por lo tanto, creemos que debería ser estudiada con más precisión la función del menisco externo en la estabilidad anterior de la rodilla. Los datos obtenidos de nuestro estudio tienen las limitantes de cualquier estudio anatómico que evalúa variables estáticas,²² por lo tanto, creemos que la realización de estudios biomecánicos dinámicos deben ser realizados para estudiar con más precisión el comportamiento del menisco externo en los distintos rangos de movilidad de la rodilla. Por otro lado, la realización de un estudio que estudie la IPTP y la IM en pacientes sin lesión de LCA y pacientes con lesión de LCA puede aportar más información y un nivel de evidencia superior al que presenta nuestro estudio.

CONCLUSIÓN

La conclusión de nuestro estudio es que la IPTP y la IM tienen una correlación baja. Esto significa que la IPTP tiene poca participación en el valor final de la IM. Estos resultados pueden ser el paso inicial para discutir el rol de un factor de riesgo anatómico como la IPTP para la ruptura del LCA considerándolo de manera aislada. Esto quiere decir que si bien la IPTP puede ser considerada como un factor predisponente para la ruptura de LCA, podría ser necesario considerar otras variables a la hora de establecer un riesgo de ruptura de LCA como por ejemplo la función del menisco externo, puesta de manifiesto por la significativa diferencia que existiría entre la IPTP y la IM (7.3° para el compartimento externo en nuestro estudio). Creemos que la realización de estudios dinámicos en RM podrían arrojar más datos sobre el comportamiento del menisco externo en la biomecánica de la rodilla.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gilchrist J, Mandelbaum H M, Melancon H, Ryan G, Silvers H J, Griffin L Y, Watanabe D S, Dick R W, Dvorak J. A Randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in collegiate soccer players. *Am J Sports Med* 2008;36(8):1476-1483.
2. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *Am J Sports Med*. 2006;34(9): 1512-1532.
3. Yu B., Garrett W. Mechanisms of non-contact ACL injuries *Br J Sports Med* 2007;41(Suppl I):i47-i51.
4. Domzalski M., Grzelak P., Gabos P. Risk factors for anterior cruciate ligament injury in skeletally immature patients: analysis of intercondylar notch width using magnetic resonance imaging. *International Orthopaedics (SICOT)* 2010;34:703-707.
5. Sutton K. M., Bullock J. M. Anterior cruciate ligament ruptures. Differences between males and females. *J Am Acad Orthop Surg* 2013;21:41-50.
6. Meyer E. G., Haut R. C. Anterior cruciate ligament injury induced by internal torsion or tibiofemoral compression. *J Biomech* 2008;41(16):3377-3383.
7. Tillman M. D., Bauer J. A., Cauraugh J. H., Trimble M. H. Differences in lower extremity alignment between males and females. Potential predisposing factors for knee injury. *J Sports Med Phys Fitness* 2005;45:335-339.
8. Alentorn-Geli E., Myer G., Silvers H. J., Samitier G., Romero D., Lazaro-Haro C., Cugat R. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: A review of prevention programs aimed to modified risks factors and to reduce injury rates. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009;17:859-879.
9. Shao Q., MacLeod D., Manal K., Buchanan T. Effectsof ligament loading and anterior tibial translation in healthy and ACL-deficient knees during gait and the influence of increasing tibial slope using EMG-driven approach. *Annals of Biomedical Engineering* 2010;39(1):110-121.
10. Hohmann E., Bryant A., Reaburn P., Tetsworth K. Is there a correlation between posterior tibial slope and non-contact anterior cruciate ligament injuries? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011 19 (Suppl 1):S109-S114.
11. Voos J. E., Suero E. M., Citak M., Petrigliano F. P., Bosscher M. R. F., Citak M., Wickiewicz T. L., Pearle A. D. Effect of tibial slope on the stability of the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012 20:1626-1631.
12. Feucht M. J., Mauro C. S., Brucker P. U., Imhoff A. B., Hinterwimmer S. The role of the tibial slope in sustaining and treating anterior cruciate ligament injuries *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013 21:134-145.
13. Butler DL, Noyes FR, Grood ES. Ligamentous restraints to anterior- posterior drawer in the human knee: a biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am*. 1980;62(2):259-270.
14. Todd M.S., Lallis S., Garcia E., DeBerardino T., Cameron K. The relationship between posterior tibial slope and anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 2010 38:63.
15. Webb J. M., Salmon L. J., Leclerc E., Pinczewski L. A., Roe J. P. Posterior tibial slope and further anterior cruciate ligament injuries in the anterior cruciate ligament-reconstructed patient. *Am J Sports Med* 2013 41:2800.
16. Sonnery-Cottet B., Archbold P., Cucurulo T., Fayard J-M., Bortolletto J., Thaunat M., Prost T., Chabmat P. The influence of the tibial slope and the size of the intercondylar notch on rupture of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br* 2011 93 (11) 1475.
17. Vyas S., van Eck C., Vyas N., Fu F. H., Otsuka N. Y. Increased medial tibial slope in teenage pediatric population with open physes and anterior cruciate ligament injuries. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011 19:372-377.
18. Hudeck R, Fuchs B, Regenfelder F, Koch PP. Is noncontact ACL injury associated with posterior tibial and meniscal slope? *Clin Orthop Relat Res* 2011 469:2377-2384.
19. Stjajak L, Herzog RF, Schai P. Is there an influence of the tibial slope of the lateral condyle on the ACL lesion? A case-control study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2008;16:112-117.
20. Dejour H, Bonnin M. Tibial translation after anterior cruciate ligament rupture: two radiological tests compared. *J Bone Joint Surg Br*. 1994; 76:745-749.
21. Wordeman S C, Quatman C E, Kaeding C C, Hewett T E. In vivo evidence for tibial plateau slope as a risk factor for anterior cruciate ligament injury. A sistematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med* 2012 40 (7) 1673-1681.
22. Kostogiannis I., Sward P., Neuman P., Friden T. Roos H. The influence posterior-inferior tibial slope in ACL injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011;19:592-597.
23. Faschingbauer M., Sgroi M., Juchems M., Reichel H., Kappe T. Can the tibial slope be measured on lateral knee radiographs? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014.
24. Hudek R., Schmutz S., Regenfelder F., Fuchs B., Koch P. P. Novel Measurement Technique of the Tibial Slope on Conventional MRI. *Clin Orthop Relat Res* (2009) 467:2066-2072.
25. Markl I., Zantop T., Zeman F. Seitz J., Angele P. The effect of tibial slope in acute ACL-insufficient patients on concurrent meniscal tears. *Arch Orthop Trauma Surg* 2015 135:1141-1149.
26. Song G Y, Zhang H, Wang Q, Zhang J, Li Y, Feng H. Risk factors associated with grade 3 pivot shift after acute anterior cruciate ligament injuries. *AM J Sports Med* 2016;44 (2) 362-369.
27. Trimble M. H., Bishop M. D., Buckley B. D., Fields L. C., Rozea G. D. The relationship between clinical measurements of lower extremity posture and tibial translation. *Clinical Biomechanics* 17 2002 286-290.
28. Schillhammer C. K., Reid J. B., Rister J., Jani S. J., Marvil S. C., Chen A. W., Anderson C. G., D'Agostino S., Lubowitz J. Arthroscopy up to date: Anterior Cruciate Ligament Anatomy. *Arthroscopy* 2016;1:209-212.
29. Eckhoff D. G., Brown A. W., Kilcoyne R. F., Stamm E. R. Knee version associated with anterior knee pain. *Clin Orthop and Relat Res* 1997;339:152-155.
30. Hewett T. E., Myer G. D., Ford K. R., Paterno M. V., Quatman C. E. The sequence of prevention: A systematic approach to prevent anterior cruciate ligament injury. *Clin Orthop Relat Res* 2012;470:2930-2940.
31. Vanrenterghem J., Venables E., Pataky T. Robinson M. A. The effect of running speed on knee mechanical loading in females during side cutting. *J Biomech* 2012;45(14):2444-2449.
32. Staheli L. T., Corbett M., Wyss C., King H. Lower-extremity rotational problems in childrens. Normal values to guide management. *J Bone Joint Surg Am* 1985;67(1):39-47.
33. Zhang Y., Wang J., Xiao J., Zhao L., Li Z., Yan G., Yi Z. Measurment and comparison of tibial posterior slope angle in different methods based on three-dimensional reconstruction. *Knee* 2014.
34. Alentorn-Geli E., Myer G., Silvers H. J., Samitier G., Romero D., Lazaro-Haro C., Cugat R. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009;17:705-729.
35. Alentorn-Geli E., Mendiguchía J., Samuelsson K., Musahl V., Karlsson J., Cugat R., Myer G. D. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in sports - Part 1: Systematic review of risk factors in male athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014;22(1)3-15.