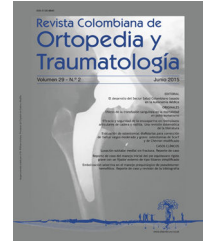




www.elsevier.es/rccot



ORIGINAL

Medición del Ángulo de Inclinación del Ligamento Cruzado Anterior (LCA). Serie de Casos



Gustavo A. Rincón-Plata^a, Edgar Muñoz-Vargas^b, Carolina Carvajal-Barrera^{b,*}, Jorge Fuentes^c, Alexandra Cristancho-Ferrer^d, Darío Balaguera^c y Mauricio Restrepo^b

^a Jefe del Servicio de Ortopedia y Traumatología del Hospital de San José. Instructor Asociado del Servicio Ortopedia y Traumatología y Cirugía de Rodilla, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud - Hospital de San José de Bogotá, Bogotá-Colombia

^b Cirugía de Rodilla de la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud - Hospital de San José de Bogotá, Bogotá-Colombia

^c Servicio de Radiología, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud - Hospital de San José de Bogotá, Bogotá-Colombia

^d Residente Ortopedia y Traumatología, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud - Hospital de San José de Bogotá, Bogotá-Colombia

Recibido el 9 de marzo de 2019; aceptado el 3 de abril de 2021

Disponible en Internet el 28 de abril de 2021

PALABRAS CLAVE

Ligamento Cruzado Anterior;
Resonancia Magnética;
Anatomía;
Ángulo de Inclinación

Resumen

Introducción: La evaluación de la inclinación del ligamento cruzado anterior(LCA) es útil tanto en pacientes que no han sido llevados a procedimientos reconstructivos para aclarar dudas diagnósticas ante la sospecha de una lesión parcial como para el planeamiento quirúrgico; y en el postoperatorio para evaluar la calidad y efectividad al restaurar las inserciones anatómicas del ligamento. Sin embargo en nuestro medio no existe un referente local de medición ni un entrenamiento en la toma de la misma.

Objetivo: Medir el ángulo de inclinación del LCA en rodillas sanas de nuestra población, utilizando técnicas de medición por resonancia magnética (RM) entre junio del 2013 y junio del 2017.

Métodos: Estudio descriptivo tipo serie de casos, se incluyeron los pacientes sometidos a RM en el servicio de radiología de nuestro hospital que fueron leídas como normales. Las mediciones del ángulo de inclinación se tomaron en los planos sagital, coronal y axial.

Resultados: Se incluyeron 91 pacientes (45% (n = 41) Hombres / 55% (n = 50) Mujeres). Se encontró un ángulo de inclinación del LCA en el plano sagital con una media de 45.31 (DE: 5.39), en el plano coronal de 70.68 (DE:5.79) y 68.49 (DE:5.61) en el plano axial, sin encontrarse diferencias imagenológicas segmentados por sexo, edad o lateralidad.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: carolinacarbar@gmail.com (C. Carvajal-Barrera).

Discusión: No se aprecian diferencias en las imágenes de RM en el ángulo de inclinación en ninguno de los tres planos entre hombres y mujeres, tampoco respecto a lateralidad o grupos de edad. Se obtuvieron resultados que aún no están descritos en la literatura; los obtenidos son similares a los reportados en la literatura

Nivel de Evidencia: IV

© 2021 Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Anterior Cruciate
Ligament;
Magnetic Resonance
Imaging;
Anatomy;
Angle of Inclination

Anterior Cruciate Ligament (ACL) Inclination angle measurement. Case Series

Abstract

Background: The evaluation of the inclination of the anterior cruciate ligament (ACL) is useful to clarify diagnostic doubts in patients who have not been taken to reconstructive procedures and to evaluate the quality and effectiveness of restoring the anatomical attachments of the ligament. after an ACL surgery reconstruction. However, in our environment there is no local measurement reference or training in measuring its inclination angle. The aim of the study is to measure the inclination angle of the ACL in healthy knees of our population, using magnetic resonance (MRI) measurement techniques.

Methods: A Case Series study was performed, including patients who underwent to knee MRI between June 2013 and June 2017 that were read as normal. Inclination angle measurements of the ACL were taken in the sagittal, coronal, and axial planes.

Results: 91 patients were included (45% (n = 41) Men / 55% (n = 50) Women). An ACL inclination angle was found in the sagittal plane with a mean of 45.31 (SD: 5.39), in the coronal plane of 70.68 (SD: 5.79) and 68.49 (SD: 5.61) in the axial plane, with no imaging differences found. segmented by sex, age or laterality.

Discussion: There are no differences in the MRI images in the angle of inclination in any of the three planes between men and women, neither with regard to laterality or age groups. Results were obtained that have not yet been described in the literature; those obtained are similar to those reported in the literature

Evidence Level: IV.

© 2021 Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

INTRODUCCIÓN

La alta incidencia de rupturas del ligamento cruzado anterior (LCA) en adultos jóvenes es una de las razones principales para su amplia investigación debido a su implicación social y económica. La prevalencia global anual es 1/3500 habitantes y su incidencia es cada vez más frecuente, se estima entre 0,03% a 7,32% en el mundo dependiendo del género y actividad del individuo. En Estados Unidos (US) las reconstrucciones de LCA, alcanzan los 250.000, con estimaciones mundiales mayores de 800.000 al año.^{1,2} En nuestra institución, se calculan más de 300 procedimientos anuales de reconstrucción primaria del LCA basados en registros obtenidos de la base de datos del servicio.

Recientemente, el interés por la reconstrucción quirúrgica anatómica del LCA (R-LCA) ha impulsado publicaciones actualizadas³ sobre las técnicas tradicionales de reconstrucción del R-LCA y ha habido contribuciones nuevas a las técnicas en el posicionamiento del túnel femoral y tibial y a la inclinación del injerto, demostrando un mejor control rotacional⁴ que busca, prevenir o disminuir las alteraciones

articulares degenerativas⁵. Se ha planteado la hipótesis que esto conduzca a una mayor estabilidad rotacional y preservación de la salud de la rodilla a largo plazo.⁶

El enfoque diagnóstico de la ruptura del LCA⁷ y la evaluación postoperatoria de la reconstrucción fallida se apoya en imágenes radiológicas para esclarecer con mayor exactitud la etiología de estas dos condiciones. Actualmente, el método más preciso para determinar la posición del túnel femoral y tibial después de una reconstrucción del LCA es la tomografía computarizada tridimensional (CT 3D).^{8,9} Sin embargo, las tomografías computarizadas exponen a los pacientes a un aumento de la radiación en comparación con la radiografía simple y la resonancia magnética (MRI)¹⁰, son costosas, presentan mayor dificultad clínica para obtener las imágenes y aportan información limitada de la patología articular. Es así como la Resonancia Magnética (RM) es una ayuda que permite identificar lesiones parciales y completas del LCA^{11,12}, y es la principal ayuda diagnóstica en pacientes que no han tenido una reconstrucción previa, con sensibilidad de 62% a 81% y especificidad hasta 97%.¹³

La cirugía de reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior (R-LCA) demanda una orientación del injerto precisa,

para obtener una adecuada corrección de la inestabilidad de la rodilla; un posicionamiento no anatómico del injerto utilizado para la reconstrucción (posición del túnel)¹⁴ (14), tienen como resultados una inclinación del LCA no competente llevando a un deficiente control rotacional y por consiguiente a un deterioro articular, con persistencia o recidiva de los síntomas de inestabilidad por parte del paciente.^{15,16}

La evaluación cuantitativa de la colocación del túnel después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (ACL-R) es necesaria para evaluar la efectividad de los procedimientos quirúrgicos con el fin de reproducir las inserciones del ligamento nativo. Sin embargo, determinar la ubicación postoperatoria del túnel es difícil de obtener en una imagen bidimensional. Respecto a los estudios de RM, se encuentran documentados en la literatura varios signos para el diagnóstico denominados primarios¹⁷, los cuales son ampliamente descritos; entre estos contamos con el ángulo de inclinación del LCA, el cual cuenta con altos niveles de sensibilidad y especificidad, pero en nuestro medio en la lectura convencional y reporte de las RM no se encuentra reportado. El ángulo del túnel femoral y el ángulo de inclinación pueden determinarse fácilmente y de forma fiable a partir de la RM sin necesidad de conocimientos especializados, lo que lo hace más aplicable a la práctica clínica. La medición del ángulo de inclinación del LCA se realiza en RM en los diferentes planos anatómicos, sin embargo la medición en el plano sagital es en la actualidad, la única que se encuentra validada por la literatura, su aplicación está dada para en el diagnóstico de lesión en el momento inicial del trauma y durante el postquirúrgico ayudando a determinar si una reconstrucción del LCA se encuentra fuera de un rango anatómico. Esta medida de inclinación del ángulo se realiza ingresando las coordenadas de inserción proximal y distal del ligamento con análisis posterior con las líneas de referencia tibial o femoral según el plano anatómico analizado, en la literatura encontramos descripciones de medición sagital de la inclinación del LCA nativo de 47 grados más o menos 3.9 grados¹⁸ y 51.7 grados más o menos 5 grados¹⁹ las cuales son aceptadas y aplicadas en otras latitudes sin embargo estas medidas son desconocidas en nuestra población. Otros estudios consolidan el ángulo de inclinación entre 43 y 57 grados para una media de 50 grados.

Es precisamente en el control postoperatorio y el seguimiento ambulatorio, cuando el paciente persiste con la sintomatología inicial (dolor, inestabilidad) o limitación de los arcos de movilidad²⁰, donde se hace necesario obtener un diagnóstico preciso para determinar en qué falló el procedimiento quirúrgico²¹. Al obtener un ángulo de inclinación ajustado a nuestra población, podemos no sólo determinar al momento del diagnóstico, una ruptura del LCA o incompetencia del mismo asociado a la clínica, sino también, podemos saber en base a estas mediciones las causas de falla de una reconstrucción, esclarecer si son secundarias a una mala posición del injerto y así plantear una opción de manejo para el paciente que solventen aquellos errores presentados durante el procedimiento inicial, para ello buscamos medir el ángulo de inclinación del LCA en rodillas sanas de nuestra población, utilizando técnicas de medición por resonancia magnética (RM) entre junio del 2013 y junio del 2017.

MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo tipo serie de casos retrospectivo, en donde se incluyeron como muestra del estudio aquellos pacientes que asistieron al servicio de radiología con indicación de realización de Resonancia Magnética de Rodilla, en el Hospital. Se realizó una búsqueda en el archivo digital del servicio de radiología de los estudios de Resonancia Magnética de Rodilla comprendidas en el período entre Junio de 2013 hasta Junio de 2017, se seleccionaron los estudios que cumplieron con los criterios de inclusión que se citan a continuación: Pacientes con esqueleto maduro entre los 18 y 50 años, disponibilidad de estudios de Resonancia Magnética de Rodilla en el sistema Impax que incluyan la totalidad de proyecciones a estudiar (Coronal, Axial, Sagital) en ventana T2 y STIR que permitan valorar adecuadamente la anatomía del LCA, Resonancia Magnética de Rodilla leídas por radiólogo con conclusión de estudio dentro de límites normales.

Se excluyeron pacientes con antecedente o evidencia de instrumentación quirúrgica de la rodilla y aquellos con resonancias magnéticas descritas como normales pero con segunda lectura por radiólogo y/o cirujano de rodilla, con hallazgos patológicos intraarticulares o extraarticulares.

Los ángulos de inclinación del Ligamento Cruzado Anterior fueron medidos por un radiólogo especialista en radiología musculoesquelética o un cirujano de rodilla, y un residente de radiología o de ortopedia. Todas las mediciones se llevaron a cabo sin ningún conocimiento de los datos demográficos de los pacientes o la lectura previa de la RM. El ángulo de inclinación de cada LCA se midió en los planos sagital, coronal y axial.

Mediciones del ángulo de inclinación en Resonancia magnética

El ángulo de inclinación en el plano sagital se midió trazando una línea que corresponde al eje longitudinal de la diáfisis tibial y una línea perpendicular a la altura de los platillos tibiales; posteriormente se trazó otra línea paralela a las fibras del Ligamento cruzado anterior, según sus huellas de inserción y el ángulo agudo formado por éstas dos últimas es el ángulo de inclinación resultante (fig. 1).

Para el corte coronal, se trazó una línea entre el punto medio de la inserción distal y proximal de las fibras del ligamento cruzado anterior y otra línea paralela a la superficie de los platillos tibiales el ángulo agudo resultante entre éstas dos líneas es el que se registró (fig. 2).

En el ángulo de inclinación en el plano axial se trazó una línea entre el punto medio de la inserción distal y proximal de las fibras del ligamento cruzado anterior y otra línea tangencial al aspecto posterior de los cóndilos femorales, el ángulo resultante entre éstas dos corresponde al ángulo de inclinación (fig. 3).

En este estudio, se recogieron imágenes de resonancia magnética (MRI) con LCA intacto para su revisión en el sitio de estudio del servicio de radiología. Las RM que mostraron una lesión de ligamentos, cartílagos o meniscos fueron excluidas de la revisión. Los ángulos de inclinación se evaluaron en subpoblaciones en función del sexo y la edad.

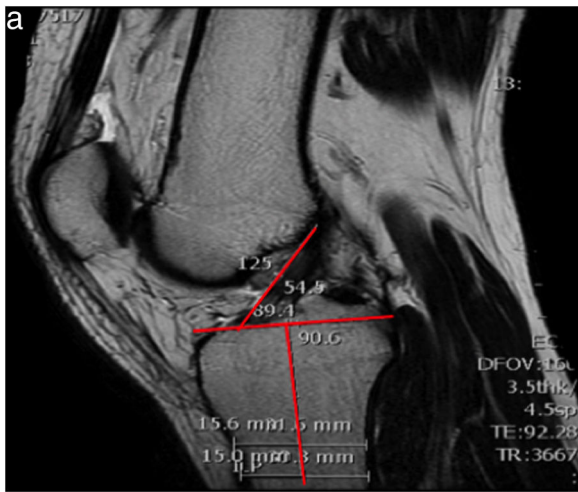


Figura 1 Medición del ángulo de inclinación de LCA en el plano sagital.

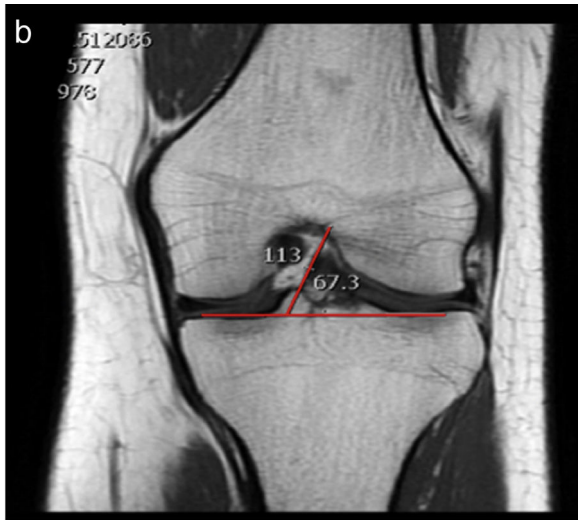


Figura 2 Medición en el plano coronal.



Figura 3 Medición en el plano axial.

Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software Stata®. 13. Según el plan de análisis las variables de tipo cualitativo fueron descritas por medio de frecuencias absolutas y relativas. Los datos presentaron una distribución normal, por lo que las variables cuantitativas se resumieron con medidas de tendencia central y dispersión (medias y desviaciones estándar). Adicionalmente se reportó un intervalo de confianza a cada uno de los ángulos estudiados, con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS

Se incluyeron 91 pacientes adultos (45% (n=41) Hombres/55% (n=50) Mujeres) cada uno aportó al estudio una rodilla. Se agruparon por edades menores a 25, entre 26 y 40 años y 41 años y mayores, (tabla 1). El ángulo promedio de inclinación en el plano sagital fue de 45.31° (DE: 5.39°), en el plano coronal fue de 70.68° (DE: 5.79°) y en el plano axial fue de 68.49° (DE: 5.61°). No se apreciaron diferencias descriptivas en el promedio de ángulo de inclinación en ninguno de los tres planos entre hombres y mujeres ni dentro de los diferentes rangos de edad. Ni tampoco se observaron diferencias en el promedio del ángulo de inclinación entre rodillas derechas e izquierdas. (tabla 1).

DISCUSIÓN

La reconstrucción anatómica del LCA ha suscitado gran interés en los cirujanos de rodilla de todo el mundo y a su vez, ha merecido una mayor atención, destacando la necesidad de métodos simples y eficientes para la evaluación de la posición del túnel después de la reconstrucción. Las publicaciones se han enfocado en describir técnicas de reconstrucción que proporcionen cada vez mayor control rotacional, mejoría de la inestabilidad y disminución de los cambios artrosis en las rodillas intervenidas. Los debates han incluido las técnicas tradicionales y nuevas de reconstrucción LCA, la posición de los túneles femoral y tibial y la inclinación del injerto. Aunque hay muchos informes sobre los buenos resultados clínicos posteriores a la reconstrucción, hay pocos que muestran el estado del ligamento reconstruido, su posición y la inclinación del injerto en el plano sagital o coronal. De ahí la necesidad de medir y documentar el ángulo de inclinación del ligamento nativo con el fin de poder realizar una comparación que sea medible objetivamente.

Este estudio arroja resultados similares a los realizados en otros países sobre el ángulo de inclinación del LCA nativo. Una media de 45.31° (5.39) en el plano sagital, 70.68° (5.79) en el plano coronal y 68.49° (5.61) en el plano axial, valores que no habían sido medidos o reportados con anterioridad en nuestra población. Reid y colaboradores observaron que el ángulo medio de inclinación era 46.9° en el plano sagital y 74.3° en el plano coronal en pacientes esqueléticamente maduros.²² Araujo y colaboradores mencionan que el ángulo de inclinación del LCA normal varía de 43° a 57° en el plano sagital.²³ Illingworth evaluó la inclinación en el plano sagital utilizando una forma de medición similar, encontró que el ángulo era de 49.9°, y se consideró que el método para

Tabla 1 Resultado de las mediciones de inclinación del LCA en resonancia magnética

	n (%)	Plano Sagital	95% IC	Plano coronal	95% IC	Plano Axial	95% IC
Media	91 (100%)	45.31 (5.39)	44.20 - 46.44	70.68 (5.79)	69.47 - 71.88	68.49 (5.61)	67.32 - 69.66
<i>Sexo (media -desviación estándar)</i>							
Femenino	50 (55%)	44.30° (5.72°)	42.65° - 45.92°	70.44° (6.40°)	68.62° - 72.25°	68.82° (5.82°)	67.16° - 70.47°
Masculino	41 (45%)	46.56° (4.75°)	45.06° - 48.06°	70.97° (5.01°)	69.39° - 72.55°	68.08° (5.41°)	66.37° - 69.79°
<i>Edad (media - desviación estándar)</i>							
< 25 años	27 (30%)	46.26° (5.09°)	44.24° - 48.27°	70.04° (5.03°)	68.04° - 72.02°	69.37° (5.49°)	67.20° - 71.54°
26 - 40 años	40 (44%)	45.33° (5.98°)	43.41° - 47.23°	71.35° (6.01°)	69.42° - 73.27°	68.06° (6.14°)	66.09° - 70.02°
> 41 años	24 (26%)	44.25° (4.66°)	42.28° - 46.21°	70.30° (6.32°)	67.62° - 72.96°	68.21° (4.93°)	66.12° - 70.29°
<i>Lateralidad (media-desviación estándar)</i>							
Derecha	50 (55%)	45.43° (5.13°)	43.92° - 46.93°	70.53° (6.02°)	68.76° - 72.30°	68.30° (5.64°)	66.64° - 69.95°
Izquierda	41 (45%)	45.32° (5.29°)	43.55° - 47.09°	70.81° (6.04°)	68.80° - 72.82°	69.31° (5.70°)	67.41° - 71.21°

calcularlo proporcionaba una fiabilidad intraobservador e interobservador de 0,85 (IC del 95%: 73-92) y 0,75 (IC del 95%: 60-85) para las mediciones del ángulo de inclinación de la RM nativa (8, 23). Ahn observó un ángulo coronal medio de 65.9° y sagital de 58.7°.24

En nuestra descripción, no se identificaron diferencias imagenológicas en el ángulo de inclinación del LCA en función del sexo, edad o lateralidad, lo que es comparable con la literatura.

El estudio es importante tanto para orientar el diagnóstico de lesión del LCA, como al momento de realizar el planeamiento quirúrgico para la reconstrucción primaria, y más para una cirugía de revisión. El ángulo de inclinación permitiría determinar si el injerto de la cirugía previa se ubicó de forma anatómica comparando con la extremidad contralateral o con los valores esperados. Si hay una gran discrepancia, podría indicar que el injerto de LCA se reconstruyó de forma no anatómica y por tanto sería recomendable evitar el uso de los túneles existentes durante la cirugía de revisión. Es útil así mismo para orientar la posición e inclinación de los nuevos túneles óseos, específicamente la angulación que se aplique a las guías, con el fin de dar una posición más anatómica al nuevo injerto. Además permite valorar los resultados postoperatorios, y saber si se obtuvo una restauración satisfactoria en comparación al ángulo de inclinación nativo.

Los resultados del ángulo de inclinación del Ligamento Cruzado Anterior en nuestra población son útiles para determinar imagenológicamente la lesión del mismo, para orientar el planeamiento quirúrgico de reconstrucción primaria y de revisiones, así como conocer nuestros resultados postoperatorios y su concordancia con la anatomía normal.

El ángulo promedio de inclinación del Ligamento cruzado anterior, en el plano sagital fue de 45.31° (DE: 5.39°), en el plano coronal fue de 70.68° (DE: 5.79°) y en el plano axial fue de 68.49° (DE: 5.61°).

Los rangos de edad mostraron una inclinación similar del LCA. Los resultados obtenidos en las mediciones en el Hospital son similares a los reportados en la literatura, para el plano sagital, aportando como novedad la inclinación en los planos coronal y axial. No se aprecian diferencias en las imágenes de resonancia magnética, en el ángulo de inclinación en ninguno de los tres planos entre hombres y mujeres, tampoco respecto a la lateralidad.

Financiación

No se tuvo financiación de ninguna entidad

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses para el desarrollo de este trabajo.

Bibliografía

- Gianotti SM, Marshall SW, Hume PA, Bunt L. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: a national population-based study. *J Sci Med Sport*. 2009;12:622-7.
- Lyman S, Koulouvaris P, Sherman S, Do H, Mandl LA, Marx RG. Epidemiology of anterior cruciate ligament reconstruction: trends, readmissions, and subsequent knee surgery. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91:2321-8.
- Kopf S, Forsythe B, Wong AK, Tashman S, Anderst W, Irrgang JJ, et al. Nonanatomic tunnel position in traditional transtibial single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction evaluated by three-dimensional computed tomography. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92:1427-31.
- Marchant BG, Noyes FR, Barber-Westin SD, Fleckenstein C. Prevalence of nonanatomical graft placement in a series of failed anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med*. 2010;38:1987-96.
- Louboutin H, Debarge R, Richou J, Selmi TA, Donell ST, Neyret P, et al. Osteoarthritis in patients with anterior cruciate ligament rupture: a review of risk factors. *Knee*. 2009;16:239-44.
- Keays SL, Newcombe PA, Bullock-Saxton JE, Bullock MI, Keays AC. Factors involved in the development of osteoarthritis after anterior cruciate ligament surgery. *Am J Sports Med*. 2010;38:455-63.
- Leblanc MC, Kowalczyk M, Andruszkiewicz N, Simunovic N, Farrokhhyar F, Turnbull TL, et al. Diagnostic accuracy of physical examination for anterior knee instability: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23:2805-13.
- Illingworth KD, Hensler D, Working ZM, Macalena JA, Tashman S, Fu FH. A simple evaluation of anterior cruciate ligament femoral tunnel position: the inclination angle and femoral tunnel angle. *Am J Sports Med*. 2011;39:2611-8.
- Forsythe B, Kopf S, Wong AK, Martins CA, Anderst W, Tashman S, et al. The location of femoral and tibial tunnels in anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction

- analyzed by three-dimensional computed tomography models. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92:1418–26.
10. Kijowski R, Davis KW, Woods MA, Lindstrom MJ, De Smet AA, Gold GE, et al. Knee joint: comprehensive assessment with 3D isotropic resolution fast spin-echo MR imaging-diagnostic performance compared with that of conventional MR imaging at 3.0 T. *Radiology.* 2009;252:486–95.
11. Van Dyck P, Vanhoenacker FM, Gielen JL, Dossche L, Van Gestel J, Wouters K, et al. Three tesla magnetic resonance imaging of the anterior cruciate ligament of the knee: can we differentiate complete from partial tears? *Skeletal Radiol.* 2011;40:701–7.
12. Tjoumakaris FP, Donegan DJ, Sekiya JK. Partial tears of the anterior cruciate ligament: diagnosis and treatment. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2011;40:92–7.
13. Davis KW. MR imaging of the knee. *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 2014;22, <http://dx.doi.org/10.1016/j.mric.2014.08.002>, xv.
14. Pearle AD, McAllister D, Howell SM. Rationale for Strategic Graft Placement in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: I.D.E.A.L. Femoral Tunnel Position. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2015;44:253–8.
15. Tashman S, Collon D, Anderson K, Kolowich P, Anderst W. Abnormal rotational knee motion during running after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2004;32:975–83.
16. Mellado JM, Calmet J, Olona M, Giné J, Saurí A. Magnetic resonance imaging of anterior cruciate ligament tears: reevaluation of quantitative parameters and imaging findings including a simplified method for measuring the anterior cruciate ligament angle. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2004;12:217–24.
17. Robertson PL, Schweitzer ME, Bartolozzi AR, Ugoni A. Anterior cruciate ligament tears: evaluation of multiple signs with MR imaging. *Radiology.* 1994;193:829–34.
18. Stijak L, Radonjić V, Nikolić V, Blagojević Z, Herzog RF. The position of anterior cruciate ligament in frontal and sagittal plane and its relation to the inner side of the lateral femoral condyle. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17:887–94.
19. Araujo P, van Eck CF, Torabi M, Fu FH. How to optimize the use of MRI in anatomic ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21:1495–501.
20. Ahn JH, Han KY, Yu IS, Koh KH. Arthroscopic treatment for tibial “Peel off” tears in anterior cruciate ligament-case report. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2013;23 Suppl 2:S251–5.
21. 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;28:319–24.
22. Reid JC, Yonke B, Tompkins M. The angle of inclination of the native ACL in the coronal and sagittal planes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25:1101–5.
23. Araujo PH, Asai S, Pinto M, Protta T, Middleton K, Linde-Rosen M, et al. ACL Graft Position Affects in Situ Graft Force Following ACL Reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97:1767–73.
24. Ahn JH, Lee SH, Yoo JC, Ha HC. Measurement of the graft angles for the anterior cruciate ligament reconstruction with transtibial technique using postoperative magnetic resonance imaging in comparative study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15:1293–300.