



ORIGINAL

Medición del ángulo coronal del ligamento cruzado anterior durante artroscopia

Cristian Leonardo Devia-Rey^{a,b,*}, Jorge Rolando Ortiz-Morales^a
y Jhon Fredy Castañeda-Lopez^{a,b}

^a Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina, Especialidad de Ortopedia y Traumatología, Bogotá D.C., Colombia

^b Hospital Universitario Nacional, Ortopedia, Bogotá D.C., Colombia

Recibido el 15 de octubre de 2021; aceptado el 5 de mayo de 2022

Disponible en Internet el 28 de mayo de 2022



PALABRAS CLAVE

Ligamento cruzado anterior;
Artroscopia;
Rodilla

Resumen

Introducción: La reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) es una cirugía muy frecuente, por lo cual hay un amplio interés en saber cómo evaluar la posición y angulación de este ligamento. Se ha reportado ángulo en el plano coronal de 63°-76° tanto en pacientes sanos como en postquirúrgicos.

Objetivo: Determinar el ángulo coronal del LCA *in vivo* en población adulta colombiana mediante artroscopia.

Materiales y métodos: Estudio de serie de casos (nivel evidencia IV) en el que se incluyeron 47 pacientes mayores de 18 años que fueron sometidos a artroscopia de rodilla entre octubre de 2018 y marzo de 2019. Se obtuvieron imágenes intraquirúrgicas del LCA con lentes de 0° y 30° en los portales transpatelar y anterolateral, respectivamente y se midió el ángulo del LCA en cada artroscopia. En lo que respecta al análisis descriptivo de los datos, se calcularon frecuencias absolutas y porcentajes para las variables cualitativas, y medias, y desviaciones estándar para las cuantitativas.

Resultados: Los ángulos promedio del LCA fueron $57.54^\circ \pm 6.78^\circ$ y $71^\circ \pm 7.24^\circ$ con los lentes de 30° y 0°, respectivamente, además se evidenció una angulación constante independientemente del género y la lateralidad de la rodilla, manteniendo una distribución normal en la población estudiada.

Conclusiones: El promedio de los ángulos con cada lente es similar a lo reportado en la literatura mundial, y que los mismos no variaron mucho entre lateralidades y entre hombres y mujeres, y que por tanto se recomienda que en pacientes colombianos sometidos a reconstrucción del LCA la angulación sea de 71.8° en el portal trans-patelar con el lente de 0° o de 57.5° en el portal anterolateral con el lente de 30°.

© 2022 Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: leodev80@gmail.com (C.L. Devia-Rey).

KEYWORDS

Anterior cruciate
ligament;
Arthroscopy;
Knee

Measurement of coronal plane angle of anterior cruciate ligament during arthroscopy**Abstract**

Introduction: The reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL) is a frequently performed surgery, with a wide interest in knowing how to evaluate the proper position and angulation of this ligament. An angle in the coronal plane of 63–76° has been reported in both healthy and post-surgical patients.

Objective: To determine the coronal plane angle of the ACL *in vivo* in Colombian adult population through arthroscopy.

Materials and methods: Study case series, where 47 adult patients were included who underwent knee arthroscopy between October 2018 and March 2019, obtaining intra-surgical images of the ACL with a lenses of 0° and 30° through transpatellar portal and anterolateral portal, ACL angle was measured in each arthroscopy. Regarding the descriptive analysis of the data, absolute frequencies and percentages were calculated for the qualitative variables, and means, modes, medians and standard deviations for the quantitative variables.

Results: The average angles of the ACL were $57.54^\circ \pm 6.78^\circ$ and $71^\circ \pm 7.24^\circ$ with the lenses of 30° and 0° respectively, in addition a constant angulation was evidenced regardless of gender and knee laterality, maintaining a normal distribution in the studied population.

Conclusions: The average of the angles with each lens is similar to that reported in the world literature, and that they did not vary much between lateralities and between men and women, and therefore it is recommended that the angulation in Colombian patients undergoing ACL reconstruction either 71.8° in the transpatellar portal with the 0° lens or 57.5° in the antero-lateral portal with the 30° lens.

© 2022 Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) es una cirugía realizada con bastante frecuencia en Colombia y en el mundo, en la que se ha logrado el desarrollo de técnicas menos agresivas para la reconstrucción quirúrgica de este ligamento, tales como la artroscopia, la cual se ha asociado a una rehabilitación acelerada y segura del paciente, describiéndose que puede propiciar estabilidad articular y, en deportistas de alto rendimiento, un retorno más rápido a las competencias, así como al trabajo y a las actividades escolares en toda la población, por lo que las razones para realizar la reconstrucción del LCA han aumentado considerablemente, lo que, a su vez, ha resultado en un aumento en la tasa de fracaso de la primera cirugía de reconstrucción, la cual, según varios estudios, varía entre 3-22%¹⁻⁴.

Lo anterior ha llevado al desarrollo de diferentes métodos de evaluación de éxito del procedimiento de reconstrucción del LCA, entre los que se encuentran: Score de desenlace reportado por el paciente, hallazgos al examen físico, test de stress usando el KT-1000, porcentaje de re-ruptura y porcentaje de re-operación⁵.

Así mismo, el uso de imágenes diagnósticas, en particular de resonancia magnética (RMN), para la evaluación del LCA reconstruido ha llevado a encontrar que la reconstrucción no anatómica del ligamento se asocia con mayor riesgo de falla de la primera cirugía de reconstrucción^{4,6,7}. Los estudios realizados en cuanto a la angulación del LCA reportan que el ángulo en el plano coronal es de 63° - 76° y en el plano

sagital de 43° - 57°^{5,8-13} en paciente sanos, postquirúrgicos y en especímenes cadavéricos.

El objetivo del presente estudio es determinar el ángulo coronal del LCA *in vivo* en población adulta colombiana mediante artroscopia.

Materiales y métodos

Es un estudio tipo serie de casos. La población de estudio consistió en todos los pacientes que asistieron al servicio de consulta externa de cirugía de rodilla entre octubre de 2018 y julio de 2019 (N = 1953). Para la selección de la muestra final se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión

- Ser pacientes mayores de edad en los que se identificó ausencia de lesión de LCA mediante RMN.
- Pacientes programados para cirugía de rodilla en el hospital sin lesiones en el LCA.

Criterios de exclusión

- Pacientes mayores de edad con evidencia intraquirúrgica de lesión de LCA.
- Pacientes cuyas imágenes obtenidas durante la artroscopia no permitían una adecuada medición con el programa propuesto (Measures™ 2.0).

De los 1953 pacientes, se excluyeron 1825 por no cumplir los criterios de inclusión distribuidos de la siguiente manera 116 paciente menores de edad, 368 pacientes con cirugía previa de reconstrucción LCA, 457 paciente con lesión de LCA en resonancia magnética, 884 pacientes que no fueron programados para procedimiento quirúrgico. A los 128 restantes se les entregó documentación para programar artroscopia de rodilla; de estos, 71 no fueron autorizados para el procedimiento quirúrgico en el hospital. En los 57 pacientes programados para cirugía se realizó toma de imagen intraquirúrgica pero se excluyeron 10 por no observarse una imagen adecuada para la valoración, por lo que la muestra final consistió de 47 pacientes sometidos a artroscopia de rodilla.

Variables del estudio

Las variables utilizadas para la categorización de cada paciente fueron sus datos de identificación (nombre, documento de identificación y número de historia clínica). Por otra parte, las variables evaluadas en cada paciente fueron las siguientes: edad, género, lateralidad de la rodilla y medición del ángulo del LCA con lentes de 30° y 0°.

Consideraciones éticas

El estudio fue aprobado por el comité de ética de la Universidad Nacional de Colombia mediante acta de evaluación N°. 014-241-18 del 28 de septiembre de 2018, así como por el comité de ética del Hospital Universitario Nacional de Colombia mediante carta de aprobación del 23 de octubre de 2018. Se siguieron los principios éticos de investigación en humanos de la Declaración de Helsinki¹⁴ y las normas de investigación en salud de la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia¹⁵. Todos los pacientes firmaron consentimientos informados para la realización de la artroscopia y la toma de imágenes intra quirúrgicas.

Procedimientos y recolección de la información del estudio

Una vez aprobada la investigación por el comité de ética, antes de ser ingresados al procedimiento quirúrgico, a los pacientes se les solicitó firmar el consentimiento informado luego de explicárseles la naturaleza del estudio. Ya en sala de cirugía, con posición de rodilla en 90° de flexión y abducción de cadera de 30°, el portal anterolateral se estandarizó a 1 cm del borde lateral del tendón patelar sobre la línea interarticular y lente enfocando escotadura intercondilea paralelo al piso, el portal transpatelar, sobre la línea articular en el punto medio de tendón patelar de 0.5 cm en dirección de fibras de tendón y lente enfocando escotadura intercondilea paralelo al piso. Las imágenes de los LCA se tomaron con un artroscopio marca CONMED™ (IM8000 True HD 3 MOS Camera Control Unit, True HD 3Mos “eyecup” Camera Head, Ultra HD 4 mm 0° Arthroscope y Ultra HD 4 mm 30° Arthroscope) y se guardaron en archivos digitales en una memoria USB.

Posteriormente, las imágenes se enumeraron consecutivamente y se guardaron en una base de datos en el disco duro

Tabla 1 Motivo de realización de artroscopia de rodilla

Indicación	n
Lesión meniscal	30
Malalineamiento patelofemoral	5
Lesión condral	3
Genu valgo	3
Luxación recidivante de rótula	2
Dolor crónico de rodilla	2
Genu varo	1
Condromalacia	1
Total	47

Fuente: Elaboración propia.

de computador y con copia de seguridad en archivo digital en la nube (Google Drive) del investigador principal. Se utilizó el programa Measures™ 2.0 (Licencia pública general de GNU) para medir la angulación coronal de LCA de las imágenes tomadas bajo artroscopia por portales artroscópicos trans-patelar con lente de 0° de angulación y por portal anterolateral con lente de 30° de angulación, la medición de la línea de base se estandarizó sobre el borde inferior de los cóndilos femorales y para la medición del ángulo se utilizó línea media sobre ancho del LCA.

Análisis de los datos

La información recolectada a partir de las historias clínicas y la medición del ángulo coronal se ingresó en una base de datos en ACCES. Los datos se analizaron por medio de estadística descriptiva, calculando frecuencias absolutas y porcentajes para las variables cualitativas (descripción demográfica) y medias, modas, medianas y desviación estándar para las variables cuantitativas (edad y ángulo coronal del LCA).

Resultados

De los 47 pacientes, el 68.08% fueron mujeres y 31.91% fueron hombres. La edad promedio fue de 44.19 años (IQR: 22 – 63). respecto a la lateralidad 59.57% fueron rodillas derechas y 40.43% fueron rodillas izquierdas.

El motivo más frecuente por el cual los pacientes requirieron artroscopia de rodilla fue lesión meniscal (63.82%), tal como se evidencia en la [tabla 1](#).

Tabla 1 Motivo de realización de artroscopia de rodilla.

En la medición del ángulo del LCA durante artroscopia con lente de 30° se evidenció una media de 57.54° (DE: 6.78°) además el coeficiente de asimetría fue de -0.47. Asimismo, se encontró que la mediana, la media y la moda son valores casi iguales (57.8°, 57.54°, 60.8°), por lo cual se consideró que los participantes seguían una distribución normal, lo que indica que el 95% se encontraban en el rango de 43°–71°, tal como se evidencia en la [figura 1](#) ([fig. 1](#)).

En la medición del ángulo del LCA durante artroscopia con lente de 0° se evidenció una media de 71° (DE: 7.24°) además el coeficiente de asimetría fue de -0.66. Asimismo, se encontró que la mediana, la media y la moda son valores casi iguales (72.2°, 71°, 73.3°), por lo cual se consideró que los participantes seguían una distribución normal, lo que

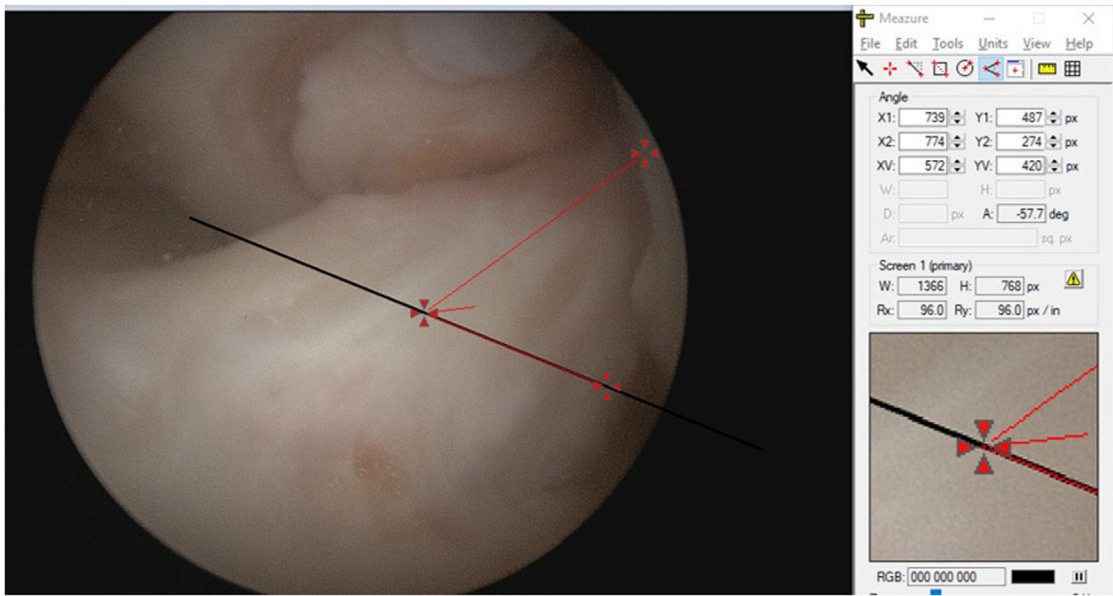


Figura 1 Visualización del ligamento cruzado anterior con lente de 30°.
Fuente: Archivo digital participante # 24.

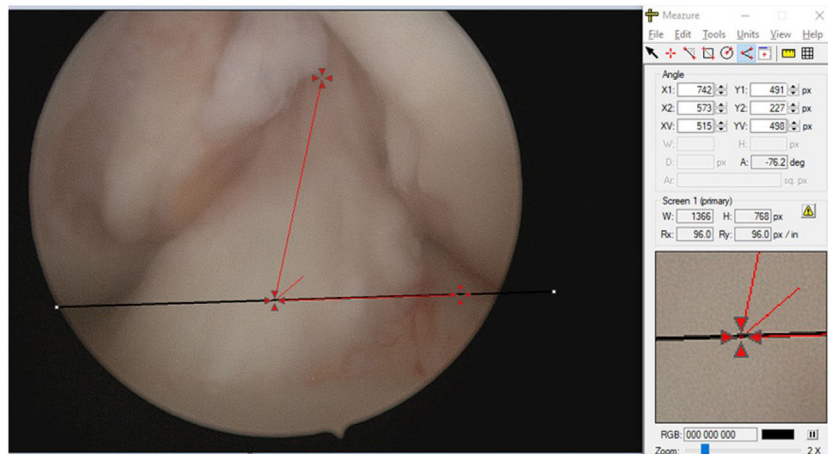


Figura 2 Visualización del ligamento cruzado anterior con lente de 0°.
Fuente: Archivo digital participante # 16.

indica que el 95% se encontraba en el rango de 57°–86° tal como se evidencia en la [figura 2](#) (fig. 2).

El ángulo promedio del LCA de la rodilla derecha fue de 72.3° (DE: 7.73°) con lente 0° y de 58.31° (DE: 7.08°) con lente 30°, mientras que el ángulo promedio del LCA de la rodilla izquierda fue de 70.4° (DE: 6.60°) con lente de 0° y de 56.42° (DE: 6.34°) con lente de 30°, se encontró que la mediana, la media y la moda son valores casi iguales en rodillas derechas (lente 0°: 73.7°, 72.3°, 73.3° y lente 30°: 58.45°, 58.31°, 61.4°) y en rodillas izquierdas (lente 0°: 70.3°, 70.4°, 70.3° y lente 30°: 57.8°, 56.42°, 60.8°), por lo cual se consideró que los participantes seguían una distribución normal.

El ángulo promedio del LCA para hombres fue de 54.2° (DE: 4.99°) con lente de 30° y de 69.14° (DE: 7.95°) con lente de 0°, mientras que el ángulo promedio del LCA en mujeres fue de 59.11° (DE: 7.01°) con lente de 30° y de 74.32°

(DE: 6.63°) con lente de 0°. La mediana, la media y la moda fueron casi iguales tanto para hombres como para mujeres, por lo cual se consideró que los participantes seguían una distribución normal.

Discusión

Los hallazgos de este estudio en relación con el LCA son consistentes con las características anatómicas descritas en la literatura, en donde se reporta que está sometido a un "tensil stress" uniforme a lo largo de todo el arco de movimiento de flexo-extensión de la rodilla^{16–18}, y que sus sitios de inserción son constantes: tanto tibiales como femorales^{16,19–21}.

En el presente estudio, el promedio del ángulo en el plano coronal del LCA fue de 71°±7.24° con lente de 0°, con

una distribución normal en diferentes edades y en ambas rodillas, lo cual es similar a los hallazgos reportados por Reid et al.^{5,9}, Mayer C et al.¹⁰, Vermesan et al.¹¹, y Stanford et al.¹³, quienes en RMN y en cadáveres encontraron que el ángulo coronal del LCA tiene un promedio de 72°.

El ángulo promedio del LCA en el plano coronal con el lente de 30° fue de menor magnitud respecto al portal transpatelar ($57.54 \pm 6.78^\circ$), lo cual se puede explicar por la posición del portal y la angulación del lente, siendo este portal el más frecuentemente utilizado durante procedimientos de artroscopia, lo cual es evidenciado en el estudio de Joseph et al.²² quienes investigaron las diferencias entre las mediciones de los túneles de reconstrucción del LCA usando diferentes portales y diferentes lentes, así como Hoshino et al.²³ quienes demostraron la habilidad de reducir la distorsión y la consecuencia de medir adecuadamente los túneles usando lente de 70° cuando es comparado con el uso de lentes de 0° y 30°.

No se evidenciaron diferencias en el ángulo promedio del LCA en el plano coronal con el lente de 0° entre rodillas derechas o izquierdas (72.3° vs. 70.4°), ni tampoco con el lente de 30° (58.31° vs. 55.43°), lo cual se correlaciona con las mediciones obtenidas a través de RMN por Reid et al.⁵ al encontrar un ángulo promedio del LCA de $74.3^\circ \pm 4.7$ y Vermesan et al.¹¹ al encontrar un ángulo promedio de 72.38° (rango de $69-76^\circ$).

La principal limitación del trabajo está dada por la muestra pequeña de pacientes, por lo tanto, para confirmar los hallazgos del estudio se deben realizar estudios similares en población colombiana, pero con muestras más grandes que permitan generalizar estos resultados a todo el país.

Conclusiones

Este es el primer estudio que evalúa intraquirúrgicamente el ángulo coronal del LCA en población colombiana, por lo cual se considera que por los promedios acá reportados con lentes de 0 y 30° son una medida útil para determinar el ángulo correcto para el posicionamiento de injerto en caso de cirugía de reconstrucción del mismo.

El ángulo promedio del posicionamiento del LCA en el plano coronal fue constante independientemente del género y la lateralidad de la rodilla, por lo cual, se recomienda mantener en la población colombiana una angulación ideal de 71.8 con el lente de 0° en el portal transpatelar o de 57.5° en el portal anterolateral con el lente de 30°.

Al momento de realizar la reconstrucción y teniendo en cuenta lo descrito en la literatura respecto a la mejor posición anatómica del LCA, así como los sitios de tunelización en fémur y tibia y sus diferentes formas de posicionamiento, al momento de realizar la reconstrucción de este ligamento se debe considerar la angulación del lente y el portal utilizado.

Dado que el portal anterolateral es más utilizado con el lente de 30°, se debe posicionar el injerto del LCA a 57° en población colombiana, puesto que este fue el ángulo promedio del LCA obtenido en este portal en el presente estudio.

Conflicto intereses

Ninguno declarado por los autores.

Financiación

Los autores no recibieron apoyo financiero para la investigación, autoría y/o publicación de este artículo.

Agradecimientos

Agradecemos al Hospital y a su equipo de salas de cirugía por permitirnos desarrollar el estudio.

Bibliografía

- Kraeutler MJ, Wolsky RM, Vidal AF, Bravman JT. Anatomy and Biomechanics of the Native and Reconstructed Anterior Cruciate Ligament. *J Bone Joint Surg.* 2017;99:438–45, <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.16.00754>.
- Shen X, Qin Y, Zuo J, Liu T, Xiao J. A Systematic Review of Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Failure. *Int J Sports Med.* 2021;42:682–93, <http://dx.doi.org/10.1055/a-1393-6282>.
- Grassi A, Kim C, Muccioli G, Zaffagnini S, Amendola A. What Is the Mid-term Failure Rate of Revision ACL Reconstruction? A Systematic Review. *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475:2484–99, <http://dx.doi.org/10.1007/s11999-017-5379-5>.
- Tapasvi S, Shekhar A. Revision ACL Reconstruction: Principles and Practice. *Indian J Orthop.* 2021;55:263–75, <http://dx.doi.org/10.1007/s43465-020-00328-8>.
- 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, <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-017-4419-8>.
- Konarski A, Strang M, Jain N. The natural orientation of the Anterior Cruciate Ligament compared to the tibial plateau on magnetic resonance imaging scans. *J Orthop.* 2020;22:422–6, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jor.2020.09.010>.
- 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 Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2007;15:1293–300, <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-007-0389-6>.
- Estrada-Cruz K, Pérez-Meave JA. Anatomía angular funcional postquirúrgica en pacientes con sustitución del ligamento cruzado anterior con injerto autólogo [Postoperative functional angular anatomy in patients with anterior cruciate ligament with autologous graft]. *Acta Ortop Mex.* 2018;32:157–62.
- Araujo P, Van Eck CF, Torabi M, Fu FH. How to optimize the use of MRI in anatomic ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2013;21:1495–501, <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-012-2153-9>.
- Mayer C, Barner K, Lorimer S, Tran Q, Baer J, Keim Janssen S, et al. Side variations of anterior cruciate ligament coronal angles: Implications for ACL reconstruction. *Clin Anat.* 2019;32:1102–6, <http://dx.doi.org/10.1002/ca.23464>.
- Vermesan D, Inchingolo F, Patrascu JM, Trocan I, Prejbeanu R, Florescu S, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction and determination of tunnel size and graft obliquity. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2015;19:357–64.
- Karantanis AH, Zachos VC, Liantis A, Venouziou A, Malizos KN, Hantes ME. Differences in graft orientation using the transtibial and anteromedial portal technique in anterior

- cruciate ligament reconstruction: a magnetic resonance imaging study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17:880–6, <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-009-0738-8>.
13. Stanford FC, Kendoff D, Warren RF, Pearle AD. Native Anterior Cruciate Ligament Obliquity Versus Anterior Cruciate Ligament Graft Obliquity An Observational Study Using Navigated Measurements. *Am J Sports Med.* 2009;37:114–9, <http://dx.doi.org/10.1177/0363546508323257>.
 14. World Medical Association. (2001)? World Medical Association Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects. *Bulletin of the World Health Organization*, 79 (4)?, 373-374. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/268312>
 15. República De Colombia. Ministerio De Salud. Resolución N° 008430 DE 1993. (4 DE OCTUBRE DE 1993). <https://www.minsalud.gov.co/Sites/Rid/Lists/Bibliotecadigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993>
 16. Hassebrock JD, et al. Knee Ligament Anatomy and Biomechanics. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2020;28:80–6, <http://dx.doi.org/10.1097/JSA.0000000000000279>.
 17. Forriol F, et al. El Ligamento cruzado anterior: Morfología y función. *Trauma Fund MAPFRE.* 2008;Vol19Supl1:7–18.
 18. Alfonso V, Sancho F. Anatomía descriptiva y funcional del ligamento cruzado anterior. Implicaciones clínico-quirúrgicas. *Rev Esp Cir Osteoart.* 1992;27:33–42.
 19. Suruga M, et al. Morphological size evaluation of the mid-substance insertion areas and the fan-like extension fibers in the femoral ACL footprint. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2017;137:1107–13, <http://dx.doi.org/10.1007/s00402-017-2726-7>.
 20. Amis AA. Anterolateral knee biomechanics. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25:1015–23, <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-017-4494-x>.
 21. Siebold R, et al. Femoral Insertions of the Anteromedial and Posterolateral Bundles of the Anterior Cruciate Ligament: Morphometry and Arthroscopic Orientation Models for Double-Bundle Bone Tunnel Placement—A Cadaver Study. *Arthroscopy.* 2008;24:585–92, <http://dx.doi.org/10.1016/j.arthro.2007.12.008>.
 22. Joseph SM, et al. Arthroscopic Viewing Position Affects Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Femoral Tunnel Length Measurements. *Front Surg.* 2018;5:16, <http://dx.doi.org/10.3389/fsurg.2018.00016>.
 23. Hoshino Y, et al. Arthroscopic image distortion-part II: the effect of lens angle and portal location in a 3D knee model. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24:2072–8, <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-014-3268-y>.