



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Medición del ángulo coronal del ligamento cruzado anterior nativo en artroscopia

Cristian Leonardo Devia Rey

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento Cirugía, Unidad Ortopedia
Bogotá, Colombia

2020

Medición del ángulo coronal del ligamento cruzado anterior nativo en artroscopia

Cristian Leonardo Devia Rey

trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Especialista en Ortopedia y Traumatología

Director (a):

Dr. Jorge Rolando Ortiz Morales

Línea de Investigación:

Cirugía Ortopédica

Universidad Nacional de Colombia

Facultad Medicina, Departamento Cirugía, Unidad Ortopedia

Bogotá, Colombia

2020

A mis padres y esposa.

Agradecimientos

Al Dr. Jorge Ortiz, docente y director de trabajo por su paciencia y guianza,

Resumen

INTRODUCCION

La reconstrucción del ligamento cruzado anterior es una cirugía ampliamente realizada, con técnicas de reconstrucción variadas, con amplio interés en evaluación de adecuada posición y angulación del LCA. Los estudios realizados sobre la angulación reportan un rango en el plano coronal de 63°-76° en pacientes sanos y postquirúrgicos, este estudio busca evaluar la angulación del LCA en el plano coronal con mediciones realizadas in vivo bajo artroscopia.

METODOLOGIA

Estudio descriptivo individual tipo serie de casos prospectivo incluyendo 47 pacientes que cumplieran criterios de inclusión, en quienes se obtuvieron imágenes intraquirúrgica del LCA bajo artroscopia con lente de 0 grados en portal trans-patelar y con lente de 30 grados en portal anterolateral, se realizó medición del ángulo del LCA de estos pacientes y un análisis estadístico de las diferentes variables y de las mediciones realizadas.

RESULTADOS

En la medición del ángulo del LCA bajo artroscopia con lente de 30° se evidencia una media de 57.54° y en con lente de 0° se evidencia una media de 71° el cual mantiene una angulación constante independientemente del género y la lateralidad de la rodilla manteniendo una distribución normal.

CONCLUSIONES

El ángulo para el posicionamiento es constante independientemente del género y la lateralidad de la rodilla, el cual según los hallazgos de nuestro trabajo debe mantener una angulación ideal de 71.8 con el lente de 0° en el portal trans-patelar o de 57.5° en el portal anterolateral con el lente de 30°.

Palabras claves: Ligamento Cruzado Anterior, Angulo Coronal, LCA nativo.

Abstract

INTRODUCTION

The reconstruction of the torn ACL (anterior cruciate ligament) is widely performed with different reconstruction techniques, with an interest in the evaluation of the proper position and angulation of the reconstructed ACL. In different studies, the angulation reported of the ACL in the coronal plane was 63° - 76° in healthy and post op patients. This study pretends to evaluate the angulation of the ACL in the coronal plane in measurements made in vivo and under arthroscopy.

METHODOLOGY

This is an individual descriptive case series, which included 47 patients that fulfilled inclusion criteria, obtaining intra-surgical images of the ACL under arthroscopy with a lens of 0° of angulation through trans patellar portal and lens of 30° of angulation through anterolateral portal. The measurements were performed in this images and a statistical analysis was performed for different variables.

RESULTS

In the measurement of the ACL under arthroscopy with the 30° lens had a mean of 57.54° and with lens of 0° had a mean of 71°, obtaining a constant angulation and normal distribution, independently of gender, laterality and age.

CONCLUSIONS

The angle of positioning the ACL is constant independently of gender and laterality of knee, according to the findings of the study, the ACL should maintain an ideal angulation of 71.8° with the lens of 0° through trans patellar portal or a 57.5° with the 30° lens through anterolateral portal.

Key words: Anterior Cruciate Ligament, Coronal Angle, Native ACL.

Contenido

Pág.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	IX
JUSTIFICACION.....	1
MARCO TEORICO	2
OBJETIVOS.....	4
Objetivo Principal	4
Objetivos Especificos	4
MATERIALES Y METODOS.....	7
Tipo de Estudio	7
Poblacion y Tiempo de Ejecucion	7
Criterios de inclusion	8
Criterios de exclusion	8
Tamaño de la muestra	9
Variables del estudio.....	9
Procedimientos y recolección de información del estudio	10
Análisis de la información.....	10
RESULTADOS.....	11
DISCUSION	15
BIBLIOGRAFIA	17

1. Justificación

La reconstrucción de Ligamento cruzado anterior es una cirugía ampliamente realizada en nuestro medio, con el desarrollo de técnicas para la reconstrucción quirúrgica de este ligamento, menos agresivas como la artroscopia, asociada a una rehabilitación acelerada y segura, puede propiciar estabilidad articular y retorno más rápido, no solamente al deporte competitivo sino también al trabajo y a las actividades escolares aumentando considerablemente las indicaciones de reconstrucción lo que, a su vez, comporta un elevado porcentaje de casos de fracaso de la cirugía primaria la cual varía entre 3-22%².

Lo cual 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 paciente, hallazgos al examen físico, test de stress usando el KT-1000, porcentaje de re-ruptura, porcentaje de re-operación³.

El uso de imágenes diagnosticas en particular el uso de RMN para la evaluación del ligamento cruzado anterior reconstruido ha llevado a encontrar que la reconstrucción no anatómica del ligamento se asocia con mayor riesgo de falla de la cirugía primaria^(4,5). Los estudios realizados en cuanto a la angulación del LCA reportan un rango en el plano coronal de 63°-76° y en el plano sagital entre 43°-57° en resonancia^(4,6-10) en paciente sanos y postquirúrgicos y en algunos estudios cadavéricos, este estudio busca evaluar la angulación del LCA en el plano coronal con mediciones realizadas in vivo bajo artroscopia, así como su descripción anatómica bajo artroscopia.

2.Marco Teórico

Los ligamentos cruzados de la rodilla son los encargados de regular la cinemática articular y los «órganos sensores» que informan de la musculatura periarticular influyendo sobre la posición de las superficies articulares, la dirección y la magnitud de las fuerzas y, también, de forma indirecta, sobre la distribución de las tensiones articulares. Sin embargo, la primera obligación del ligamento cruzado anterior (LCA) es impedir el desplazamiento anterior de la tibia con relación al fémur y, en menor medida, controlar en carga la laxitud en varo, en valgo y la rotación; de hecho es una estructura estabilizadora en la rodilla de animales con poca inestabilidad rotacional⁷.

El LCA es una estructura intraarticular y extrasinovial, situada en la escotadura intercondílea de la rodilla, que discurre oblicuamente, desde su inserción a nivel de la región anteromedial del platillo tibial, hacia atrás, arriba y afuera, hasta la porción medial del cóndilo femoral lateral el cual determina la isometricidad del ligamento, En el año 1942 Blair sugería la elección de un punto de anclaje en el fémur que no modificara la distancia respecto al punto tibial a lo largo de todo el arco de flexoextensión de la rodilla. Este autor cita como fuente un trabajo de Testut de 1911. Así mismo Blair, refiriéndose al "injerto", dice que en esta situación éste tendrá el mismo grado de tensión a lo largo de todo el recorrido de flexo-extensión de la rodilla. De forma implícita estaba expresando que la "isometricidad" en el anclaje supone una "isotonicidad" del implante, con lo que éste estará sometido a un "stress tensil" uniforme a lo largo de todo el arco de movimiento de flexo-extensión de la rodilla⁸. Recientemente y ante el advenimiento de los estudios de análisis de reconstrucción del ligamento cruzado anterior ha conllevado al análisis de la huella de inserción femoral del LCA y como lo encuentra Suruga⁹, el Ligamento Cruzado anterior presenta en sus fibras

La reconstrucción de Ligamento cruzado anterior es una cirugía ampliamente realizada en nuestro medio, con el desarrollo de técnicas para la reconstrucción quirúrgica de este ligamento, menos agresivas como la artroscopia, asociada a una rehabilitación acelerada y segura, puede propiciar estabilidad articular y retorno más rápido, no solamente al deporte competitivo sino también al trabajo y a las actividades escolares aumentando considerablemente las indicaciones de reconstrucción lo que, a su vez, comporta un elevado porcentaje de casos de fracaso de la cirugía primaria la cual varía entre 3-22%².

Lo cual 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 paciente, hallazgos al examen físico, test de stress usando el KT-1000, porcentaje de re-ruptura, porcentaje de re-operación³.

anteromediales y posterolaterales la presencia de fibras de extensión en forma de abanico

con lo cual la huella de inserción se puede dividir en 4 partes.

En la literatura se encuentran varios artículos describiendo la incidencia de lesiones del LCA, la cual se reporta en 0,30 lesiones de LCA por 1.000 habitantes, de ellas 61% estaban relacionadas con actividades deportivas (fútbol americano, básquet, esquí y béisbol). Así mismo, Hewson describe 42 lesiones de LCA por jugadores de fútbol americano por año. Adicionalmente, Feagin hace referencia a 1,2 lesiones de LCA por cada 1.000 esquiadores por año (proyectando 100.000 lesiones de LCA por año solamente en esquí de nieve)².

La reconstrucción de Ligamento cruzado anterior es una cirugía ampliamente realizada en nuestro medio, con el desarrollo de técnicas para la reconstrucción quirúrgica de este ligamento, menos agresivas como la artroscopia, asociada a una rehabilitación acelerada y segura, puede propiciar estabilidad articular y retorno más rápido, no solamente al deporte competitivo sino también al trabajo y a las actividades escolares aumentando considerablemente las indicaciones de reconstrucción lo que, a su vez, comporta un elevado porcentaje de casos de fracaso de la cirugía primaria la cual varía entre 3-22%².

Lo cual 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 paciente, hallazgos al examen físico, test de stress usando el KT-1000, porcentaje de re-ruptura, porcentaje de reoperación³.

El uso de imágenes diagnósticas en particular el uso de RMN para la evaluación del ligamento cruzado anterior reconstruido ha llevado a encontrar que la reconstrucción no anatómica del ligamento se asocia con mayor riesgo de falla de la cirugía primaria^(4,5). Los estudios realizados en cuanto a la angulación del LCA reportan un rango en el plano coronal de 63°-76° y en el plano sagital entre 43°-57° en resonancia^(4,6-10) en paciente sanos y postquirúrgicos y en algunos estudios cadavéricos.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

- Medir el ángulo en el plano coronal del Ligamento Cruzado Anterior bajo artroscopia en pacientes sin lesión de este.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar medición del Ligamento cruzado anterior bajo artroscopia en el plano coronal a través de portal transpatelar con lente de 0° sin lesión previa.
- Realizar medición del Ligamento cruzado anterior bajo artroscopia en el plano coronal a través de portal anterolateral con lente de 30° sin lesión previa.
- Describir la anatomía del ligamento cruzado anterior bajo artroscopia.

4. Materiales y Métodos

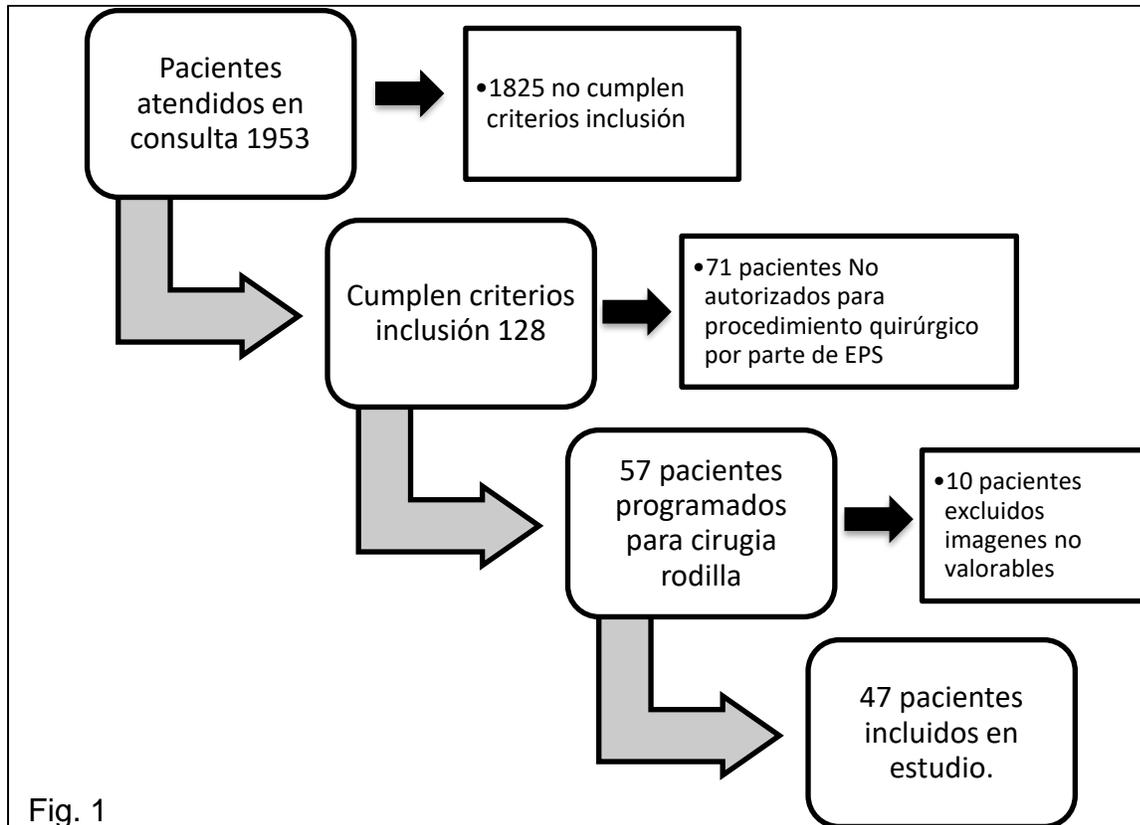
4.1 Tipo de estudio

Se llevo a cabo un estudio descriptivo individual tipo serie de casos prospectivo en Bogotá en el Hospital Universitario Nacional de Colombia, donde se incluyeron 47 pacientes.

4.2 Población y tiempo de ejecución

Se incluyeron 47 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión.

De los 1953 pacientes que asistieron a la consulta externa de cirugía de rodilla en el Hospital Universitario Nacional de Colombia entre octubre de 2018 y julio de 2019, 1825 pacientes no cumplían criterios inclusión, a los 128 restantes se les entregó documentación para programación de cirugía, de estos 71 pacientes no fueron autorización para el procedimiento quirúrgico en el Hospital Universitario Nacional de Colombia, y de los 57 pacientes programados para cirugía artroscópica a 57 pacientes se les realizo toma de imagen intraquirúrgica y fueron excluidos 10 pacientes por no observase una imagen adecuada para valoración (Figura 1).



4.2.1 Criterios de inclusión

- Pacientes mayores de edad que asistieron a consulta de cirugía de Rodilla en el Hospital Universitario Nacional de Colombia y en quienes se identificó en RMN ausencia de lesión de LCA.
- Pacientes programados para cirugía de rodilla bajo artroscopia en el Hospital Universitario Nacional de Colombia con ausencia lesión de LCA.

4.2.2 Criterios exclusión

- Pacientes con RMN de rodilla que asistieron a consulta de cirugía de rodilla en el Hospital Universitario de Colombia con diagnóstico de lesión de ligamento cruzado Posterior
- Pacientes mayores de edad con evidencia intraquirúrgica de lesión de LCA

-
- Imágenes obtenidas bajo artroscopia que no permitan una adecuada medición con el programa propuesto.

4.2.3 Tamaño de muestra

No se requirió cálculo de tamaño de muestra debido al diseño del estudio (serie de casos prospectivo),

VARIABLES DEL ESTUDIO

Datos de identificación:

1. Nombres
2. Apellidos.
3. Tipo de documento.
4. Documento de identidad.
5. Historia clínica.

Las siguientes son las variables a evaluar para cada paciente:

1. Edad. *Variable cuantitativa continúa.*
2. Sexo. *Variable cualitativa nominal.*
3. Diagnostico prequirúrgico *Variable cualitativa ordinal*
4. Lateralidad. *Variable Cualitativa Nominal*
5. Medición ángulo con lente de artroscopia de 0°. *Variable Cuantitativa continua*
6. Medición ángulo con lente de artroscopia de 30°. *Variable Cuantitativa continua*
7. Otros

4.3 Procedimientos y recolección de información del estudio

Una vez aprobado el proyecto por el comité de ética de la universidad nacional de Colombia así como el comité de ética del Hospital Universitario Nacional de Colombia, se identificó a los pacientes que fueron llevados a artroscopia de rodilla en el Hospital Universitario Nacional de Colombia de forma programada, durante ingreso de paciente a preparación prequirúrgica se realizó entrevista con cirujano se explicó naturaleza de trabajo de investigación y se solicitó consentimiento informado para realizar toma de imagen intraquirúrgica con posición de rodilla en 90° de flexión y abducción de cadera de 30°, se estandarizó portal anterolateral a 1 cm del borde lateral del tendón patelar sobre la línea interarticular, el portal trans-patelar se estandarizó sobre línea articular en punto medio de tendón patelar de 0.5 cm en dirección de fibras de tendón, una vez en salas de cirugía durante procedimiento quirúrgico se realizó toma de imagen de Ligamento cruzado anterior nativo la cual se guardó en archivo digital tomado de artroscopio de forma intraquirúrgica en memoria USB.

Posteriormente se enumeró consecutivamente y se guardaron las imágenes en base de datos en disco duro de computador y con copia de seguridad en archivo digital en la nube (Google drive) del investigador principal, con lo cual se utilizó programa Measures™ 2.0 (Licencia pública general de GNU) para realizar medición de angulación coronal de LCA de las imágenes tomadas bajo artroscopia en portales artroscópicos trans-patelar con lente de 0° de angulación y por portal anterolateral con lente de 30° de angulación, se estandarizó medición línea de base sobre borde inferior de cóndilos femorales y para medición del ángulo se utilizó línea media sobre ancho del LCA.

4.4 Análisis de información

La información se recolectó en una base de datos en ACCES y EXCEL, se realizaron medidas de frecuencia para la descripción demográfica y se realizaron promedios para las variables cuantitativas con relación al ángulo del ligamento cruzado anterior en el plano coronal.

Se presentan los datos definitivos en promedios estandarizados que permitieron evaluar las medidas propuestas

5. Resultados

De los 47 pacientes el 68.1% corresponden a género femenino y el 31.9% corresponden al género masculino con un promedio de edad de 44.19 años (22 – 63)

TABLA GENERAL DATOS		
VARIABLE	PROMEDIO	%
EDAD	44.19 AÑOS	
HOMBRES	15	31.9%
MUJERES	32	68.1%
LATERALIDAD DERECHA	28	59.57%
LATERALIDAD IZQUIERDA	19	40.43%

El motivo por el cual los pacientes requirieron cirugía artroscópica fue lesión meniscal en el 63,82% de los casos.

Tabla Indicación Artroscopia Rodilla

LESION MENISCAL	30
MALALINEAMIENTO PATELOFEMORAL	5
LESION CONDRAL	3
GENU VALGO	3
LUXACION RECIDIVANTE ROTULA	2
DOLOR CRONICO RODILLA	2
GENU VARO	1
CONDROMALACIA	1

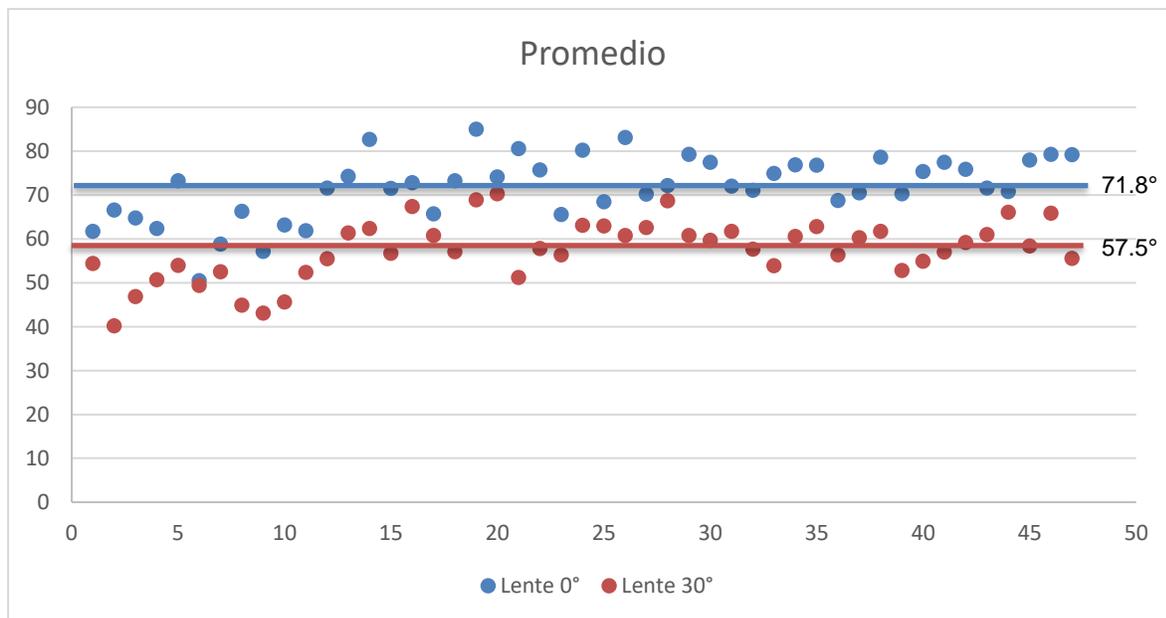
Total	47
--------------	-----------

Del total de los pacientes analizados el 59.57% corresponde a rodillas derechas y el 40.43% corresponde a rodillas izquierdas.

En la medición del ángulo del LCA bajo artroscopia con lente de 30° se evidencia una media de 57.54°, una desviación estándar de 6.78° y un coeficiente de asimetría de -0.47, encontramos que la mediana media y moda son valores casi iguales por lo cual se considera que la población sigue una distribución normal lo que nos indica que el 95% de los pacientes se encuentran en el rango de 43 – 71 grados.

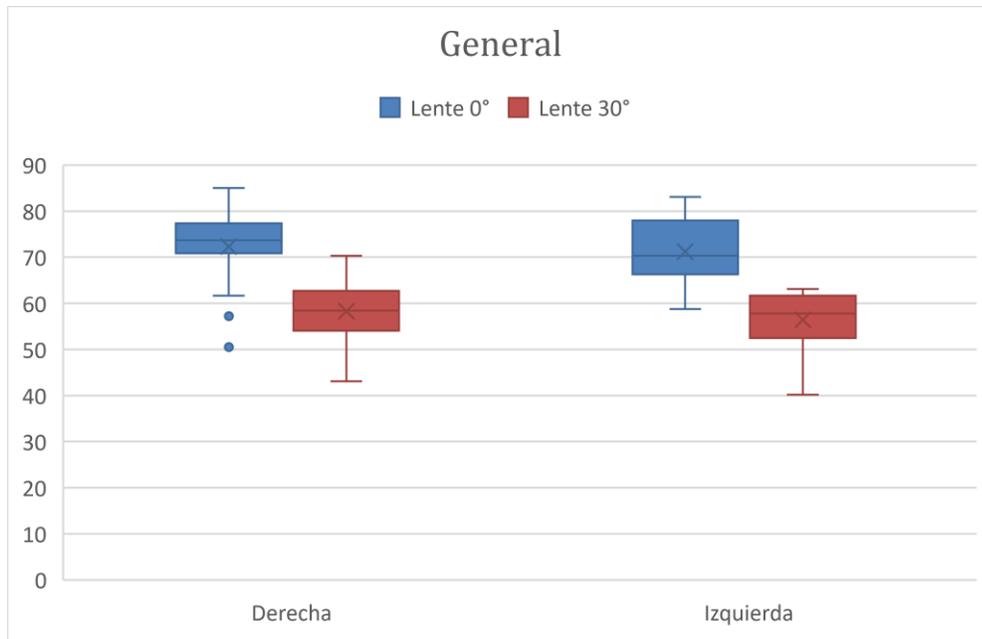
En la medición del ángulo del LCA bajo artroscopia con lente de 0° se evidencia una media de 71°, una desviación estándar de 7.24° y un coeficiente de asimetría de -0.66, encontramos que la mediana media y moda son valores casi iguales por lo cual se considera que la población sigue una distribución normal lo que nos indica que el 95% de los pacientes se encuentran en el rango de 57 – 86 grados.

Fig. 2.



El promedio para ángulo del LCA de la rodilla derecha fue de 72.3° con lente 0° y de 58.31° con lente 30°. Y el promedio del ángulo del LCA de la rodilla izquierda fue de 70.4° con lente de 0° y de 55.43° con lente de 30° (Fig.3).

Fig. 3

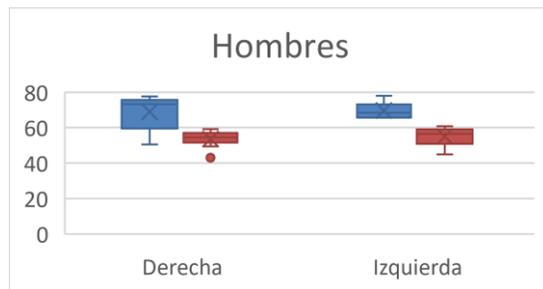


El promedio del ángulo LCA para hombres fue de 54.2° con lente de 30° y de 69.14° con lente de 0° y el promedio del ángulo del LCA en mujeres fue de 59.11° con lente de 30° y de 73.15° con lente de 0° (Fig. 4 y Fig. 5)

Fig.4



Fig.5



Al revisar la anatomía del LCA se evidencia que está rodeado por un tejido sinovial organizado en el área intercondílea, la inserción proximal se encuentra en la fosa en forma de semicírculo posterior a la superficie medial del cóndilo femoral lateral la inserción distal se encuentra en una fosa en frente y lateral a la espina tibial anterior, pasando por debajo del ligamento meniscal transverso, la inserción tibial es más ancha que la femoral.

6. Discusión

Nuestros hallazgos en relación con el Ligamento Cruzado Anterior son consistentes con las características anatómicas descritas en la literatura el cual está sometido a un "stress tensil" uniforme a lo largo de todo el arco de movimiento de flexo-extensión de la rodilla como lo reportado por Forriol⁽¹¹⁾ y por Sancho⁽¹²⁾, así como sus sitios de inserción constantes tanto tibiales como femorales descritos en la literatura⁽¹³⁻¹⁵⁾

El Angulo del plano coronal del LCA presenta un promedio de medición con distribución normal en diferentes edades y en ambas rodillas, lo cual se correlaciona con los hallazgos realizados por Reid⁽⁴⁾, Vermesan⁽⁸⁾, Ayerza⁽⁶⁾ Stanford⁽¹⁰⁾, quienes en RMN y en cadáveres encuentran que el ángulo coronal del LCA tiene un promedio de 72°.

El ángulo del LCA con el lente de 30° es de menor magnitud respecto al portal transpatelar lo cual se puede explicar por la posición del portal y la angulación del lente siendo este portal más frecuentemente utilizado durante procedimientos de artroscopia.

No se evidencian diferencias significativas entre la medición del LCA con el lente de 0° entre rodillas derechas o izquierdas, ni tampoco diferencias significativas con el lente de 30°, lo cual se correlaciona con los hallazgos en los estudios en resonancia magnética realizados por Reid⁽⁴⁾, Vermesan⁽⁸⁾ al evaluar diferentes lateralidades.

La limitación del trabajo está dada por la muestra pequeña de pacientes.

Este es el primer estudio que evalúa intraquirúrgicamente la angulación del ligamento cruzado anterior nativo en Colombia, por lo cual se considera que esta medida

encontrada es útil para determinar el ángulo correcto para posicionamiento de injerto en cirugía de reconstrucción del LCA.

El ángulo para el posicionamiento es constante independientemente del género y la lateralidad de la rodilla, el cual según los hallazgos de nuestro trabajo debe mantener una angulación ideal de 71.8 con el lente de 0° en el portal trans-patelar o de 57.5° en el portal anterolateral con el lente de 30°.

Al momento de realizar la reconstrucción y como se ha 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^(5,9,16-21) podemos concluir que para nuestro estudio es importante tener en cuenta la angulación del lente y el portal utilizado, dado que el portal anterolateral es más ampliamente utilizado con el lente de 30° se debe posicionar el injerto del LCA a 57° que corresponde al promedio de medición en este portal.

Bibliografía

1. Kraeutler MJ, Wolsky RM, Vidal AF, Bravman JT. Anatomy and Biomechanics of the Native and Reconstructed Anterior Cruciate Ligament. *J Bone Jt Surg [Internet]*. 2017;99(5):438–45. Available from: <http://insights.ovid.com/crossref?an=00004623-201703010-00010>
2. García Gómez S. Causas de fracaso de cirugía primaria del ligamento cruzado anterior en. *Gen José María Córdova*. 2013;11(12):199–214.
3. Granan L, Forssblad M, Lind M, Engebretsen L. The Scandinavian ACL registries 2004 – 2007 : baseline epidemiology. 2009;80(5):563–7.
4. Reid JC, Yonke B, Tompkins M. The angle of inclination of the native ACL in the coronal and sagittal planes. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2017;0(0):0.
5. 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(11):1293–300.
6. Ayerza MA, Mu DL, Makino A. Comparison of Sagittal Obliquity of the Reconstructed Anterior Cruciate Ligament With Native Anterior Cruciate Ligament Using Magnetic Resonance Imaging. 2003;19(3):257–61.
7. 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 Jt Surg - Am Vol*. 2014;97(21):1767–73.
8. 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(3):357–64.

9. Karantanas AH, Malizos AEKN. Differences in graft orientation using the transtibial and anteromedial portal technique in anterior cruciate ligament reconstruction : a magnetic resonance imaging study. 2009;880–6.
10. 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. 2009;114–9.
11. Forriol F, Maestro A, Martin VJ. El Ligamento cruzado anterior: Morfología y función. *Trauma*. 2008;19(1):7–18.
12. Alfonso V, Sancho F. Anatomía descriptiva y funcional del ligamento cruzado anterior. Implicaciones clínico-quirúrgicas. *Rev Española Cirugía Osteoartic*. 1992;27:33–42.
13. Suruga M, Horaguchi T, Iriuchishima T, Yahagi Y, Iwama G, Tokuhashi Y, 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(8):1107–13.
14. Amis AA. The attachments of the anteromedial and posterolateral fibre bundles of the anterior cruciate ligament. 2007;1414–21.
15. Siebold R, Ellert T, Metz S, Metz J. 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. 2008;24(5):585–92.
16. Fujimiya M, Ph D, Fujie H, Ph D. A Biomechanical Comparison of Single-, Double-, and Triple-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstructions Using a Hamstring Tendon Graft. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg* [Internet]. 2019;1–10. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.10.124>
17. Abebe ES, Kim J, Utturkar GM, Taylor DC, Spritzer CE, Moorman CT, et al. The effect of femoral tunnel placement on ACL graft orientation and length during in vivo knee flexion. *J Biomech* [Internet]. 2011;44(10):1914–20. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.04.030>
18. Illingworth KD, Hensler D, Working ZM, Macalena JA, Tashman S, Fu FH, et al. The American Journal of Sports Medicine A Simple Evaluation of Anterior Cruciate Ligament Femoral Tunnel Position. 2011;
19. Robert HE, Bouguennec N, Vogeli D, Berton E, Bowen M. The American

Journal of Sports Medicine Coverage of the Anterior Cruciate Ligament Femoral Footprint Using. 2013;

20. 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(7):1495–501.
21. Han Y, Kurzencwyg D, Hart A, Powell T, Martineau PA. Measuring the anterior cruciate ligament ' s footprints by three-dimensional magnetic resonance imaging. 2012;986–95.