



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E  
INVESTIGACIÓN  
SECRETARIA DE SALUD  
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN Luis  
Guillermo Ibarra Ibarra ESPECIALIDAD EN:  
**ORTOPEDIA**

**Incidencia de fractura de eminencia tibial y lesión del ligamento cruzado anterior en población pediátrica en el Instituto Nacional de Rehabilitación; dentro del periodo comprendido marzo 2016- marzo 2022. Un estudio retrospectivo a 6 años**

**T E S I S**  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MÉDICO ESPECIALISTA EN:  
**ORTOPEDIA**

**P R E S E N T A:**  
*M. en C. MEJIA RAMOS SEBASTIAN*

PROFESOR TITULAR  
*JUAN ANTONIO MADINAVEITIA VILLANUEVA*

DIRECTOR DE TESIS  
*RAMIRO CUEVAS OLIVO*



Ciudad de México

Febrero 2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Incidencia de fractura de eminencia tibial y lesión del ligamento cruzado anterior en población pediátrica en el Instituto Nacional de Rehabilitación; dentro del periodo comprendido marzo 2016- marzo 2022. Un estudio retrospectivo a 6 años**

---

**DR. JUAN ANTONIO MADINAVEITIA VILLANUEVA**  
**PROFESOR TITULAR**

---

**DR. RAMIRO CUEVAS OLIVO**  
**DIRECTOR DE TESIS**

---

**DR. ARTURO ALMAZAN DIAZ**  
**ASESOR DE TESIS**

**Incidencia de fractura de eminencia tibial y lesión del ligamento cruzado anterior en población pediátrica en el Instituto Nacional de Rehabilitación; dentro del periodo comprendido marzo 2016- marzo 2022. Un estudio retrospectivo a 6 años**

---

**DRA. MATILDE L. ENRÍQUEZ SANDOVAL  
DIRECTORA DE EDUCACIÓN EN SALUD**

---

**DR. HUMBERTO VARGAS FLORES  
SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN MÉDICA**

---

**DR. ROGELIO SANDOVAL VEGA GIL  
JEFE DEL SERVICIO DE EDUCACIÓN MÉDICA DE POSGRADO**

## DEDICATORIAS

A MI MADRE QUE ES MI INSPIRACION DE ÉXITO EN LA VIDA; A MI HERMANA QUE CON SU AMOR ME LLENA DE ALEGRIA Y MOTIVO DE SEGUIR EN EL DIA A DIA.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre por todo su esfuerzo para darme las herramientas necesarias para triunfar en la vida. Porque con su amor y cariño me impulsa a seguir adelante por más difícil que parezca el camino.

A mis hermanos de guardia Elmy, Alonso y Toño que debido a su compañerismo, así como su amistad aprendí en todos los aspectos de la vida.

A los Residentes de mayor jerarquía quienes se dieron a la tarea de enseñarme hábitos de trabajo, así como aportes académicos para mi formación profesional.

Al Dr. Ramiro Cuevas Olivo por guiarme en la elaboración de mi tesis, así como las enseñanzas académicas y el gusto por la ortopedia pediátrica.

Al Dr. Arturo Almazán Díaz quien me apoyo en un difícil momento de mi vida.

Al Dr. Patricio por quien pude salir delante y entendí el porqué de las cosas.

# ÍNDICE

	PAGINA
• Resumen.....	7
• Introducción.....	8
• Objetivos.....	9
• Hipótesis.....	9
• Marco Teórico.....	10
• Justificación.....	19
• Planteamiento del Problema.....	19
• Material y Métodos.....	19
• Metodología.....	19
• Resultados.....	20
• Discusión.....	26
• Conclusión.....	28
• Bibliografía.....	29
• Anexos.....	36

## RESUMEN

La incidencia de lesiones de ligamento cruzado anterior y fracturas de eminencia tibial en la edad pediátrica son entidades poco estudiadas en este grupo de población, comúnmente se asocian a actividades deportivas mediante un mecanismo clásico de lesión que se describe como pivoteo más valgo forzado de rodilla. Se utilizaron motores de búsqueda para localizar pacientes menores de 15 años que presentaran fractura de eminencia tibial o lesión de ligamento cruzado anterior y que hayan precisado de manejo quirúrgico. Estos se clasificaron acorde a edad por madurez esquelética según Tanner, género, tipo y mecanismo de lesión, actividad durante la lesión y secuela secundaria al manejo definitivo. Una vez clasificados se realizó el análisis estadístico para determinar los parámetros que se desearon estudiar obteniendo que la prevalencia de estos dos padecimientos traumáticos es en mayor medida en el género masculino, de igual forma fue mayor el número de casos de lesión de ligamento cruzado anterior en comparación a las fracturas de eminencia tibial. Por otra parte, el grupo de edad con mayor afección fue el de tipo II según la escala de Tanner, mientras que el tipo de mecanismo de lesión fue el indirecto (el clásico pivoteo con valgo forzado de rodilla), así mismo se observó que las actividades deportivas fueron las principales desencadenantes de estos padecimientos. En cuanto a lo que las secuelas corresponden hubo varios casos que presentaron alguna de las secuelas ya mencionadas en la literatura médica tales como deformidades en varo o valgo, re-rupturas o inestabilidad de rodilla. Por lo que se concluye que, si existe predominio en edad y género para este tipo de lesiones, así como que las actividades deportivas desempeñan un rol fundamental en la producción de patologías traumáticas ligamentarias y/o de tipo traumático dentro de la población infantil.

## INTRODUCCION

La lesión del LCA y fractura de eminencia tibial son lesiones de rodilla común en personas físicamente adolescentes activos o involucradas en algún accidente de tránsito principalmente en este último tipo de lesión. Sin embargo, se desconoce en la actualidad la verdadera incidencia basada en la población de adolescentes en comparación a la población adulta, así como su distribución por grupo etario, género y otros factores determinantes.

Los hallazgos de un estudio de cohorte anterior de Finlandia mostraron que la incidencia de lesión del LCA fue de 60,9 por 100 000 años-persona entre adultos de 22 años. Por otra parte, se observa que en algunos informes recientes han sugerido que la incidencia de la lesión del LCA pediátrica y adolescente está aumentando esto debido a que se practican deportes de contacto o se ven involucrados los integrantes de este grupo etario a menor edad a comparación de años pasados

Aunque las verdaderas tasas de incidencia a nivel nacional siguen sin conocerse, varios estudios han informado altas tasas de lesiones del LCA en poblaciones esqueléticamente inmaduras seleccionadas. El mayor riesgo individual de lesión del LCA ha sido informado entre atletas de 15 a 24 años que participan en deportes que requieren una desaceleración repentina, aterrizaje y movimientos de pivote. Un estudio reciente en estados unidos determino mediante la base de datos un aumento significativo en lesiones de ligamento cruzado en la edad pediátrica y del adolescente, así como en sus reconstrucciones.

El tratamiento de las lesiones pediátricas del LCA se ha mantenido en controversia principalmente debido a las exigentes técnicas quirúrgicas involucradas y el riesgo potencial de complicaciones quirúrgicas, como la alteración del crecimiento y deformidades angulares. Hasta la fecha, varias técnicas quirúrgicas para la reconstrucción pediátrica del LCA han sido descritas en la literatura. En algunos pacientes el manejo conservador se ha demostrado que es una opción, sin embargo, existen algunos estudios que han informado malos resultados en pacientes pediátricos y adolescentes tratados no quirúrgicamente en lesiones de ligamento cruzado anterior; por ejemplo un estudio realizado por Aichroth et al. intentó manejar a pacientes con lesión de ligamento cruzado anterior con fisis abierta mediante terapia de rehabilitación, modificación de la actividad física y ortesis, observando que a los 72 meses seguimiento posterior al manejo conservador de lesión del LCA resultó en una disminución significativa en la puntuación de Lysholm y signos de osteoartritis temprana.

Dado que se desconoce la incidencia de lesión del LCA y fracturas de eminencia tibial, así como su distribución por grupo etario, mecanismo de lesión, actividad realizada durante la lesión y las complicaciones que se pueden llegar a presentar según el estadio de madurez esquelética en el que se encuentre el paciente pediátrico al momento de la reparación, el objetivo de este estudio actual fue evaluar la incidencia y las tendencias basadas en la población en pacientes pediátricos y adolescentes.

**OBJETIVO GENERAL:** Determinar la incidencia de fractura de eminencia tibial y lesión del ligamento cruzado anterior en población pediátrica menor de 15 años en el periodo comprendido de Marzo 2016-Marzo 2022 en el Instituto Nacional de Rehabilitación.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Clasificar la Incidencia de fractura de eminencia tibial y lesión del ligamento cruzado anterior según tanner en la población pediátrica.
2. Identificar la prevalencia de Incidencia de fractura de eminencia tibial y lesión del ligamento cruzado anterior según grupo etario, género, mecanismo de lesión y etiología.
3. Determinar las secuelas PO en pacientes manejados quirúrgicamente ante lesiones de LCA y fracturas de eminencia tibial

**HIPÓTESIS:** La lesión de ligamento cruzado anterior o fractura de eminencia tibial en población pediátrica es una patología asociada comúnmente a actividad deportiva, lo que conlleva a que mientras mayor edad tenga el paciente se traduce a mayor frecuencia. Siendo así el género masculino el predominante en esta patología.

**HIPOTESIS NULA:** No existe predominio de género, mecanismo de lesión, ni grupo etario en la lesión de LCA o Fractura de eminencia tibial

## MARCO TEÓRICO

### Ligamento cruzado anterior

El ligamento cruzado anterior (LCA) se encuentra intraarticular y extrasinovial. Se inserta proximalmente en la porción más posterior de la cara interna del cóndilo femoral externo y se dirige hacia la región distal-anterior-interna, disponiéndose en abanico hacia su inserción distal en la región anterointerna de la meseta tibial entre las espinas tibiales (1); estructuralmente está compuesto por fibras de colágeno rodeadas de tejido conjuntivo laxo y tejido sinovial. (2)

La vascularización del LCA es escasa y depende fundamentalmente de la arteria geniculada media. Mientras que la inervación depende de ramificaciones del nervio tibial; tiene una escasa capacidad de cicatrización tras su lesión o reparación quirúrgica, por lo que es imprescindible realizar técnicas de reconstrucción sustitución ligamentosa. (3)

La longitud media del LCA, tomada desde su tercio medio, oscila entre 31 y 38 mm y su anchura media es de 11 mm.(4,5,6) Por otra parte el ligamento cruzado anterior (LCA) es una estructura fibrosa que se divide en varios fascículos o bandas, el número y función de estas bandas se sigue discutiendo en la actualidad, ya que en ocasiones es difícil distinguirlas tanto macro como microscópicamente. (5)

Generalmente se identifican dos fascículos:

- 1) El fascículo posterolateral (PL) el más posterior y externo en la tibia, así como posterior y distal en el fémur.
- 2) El fascículo anteromedial (AM) el más anterior e interno en la tibia y el más proximal y anterior en el fémur. Es la parte estructural más anterior y expuesta a traumatismos. Cuando se flexiona, la rodilla tensa este fascículo y el ligamento rota 90° sobre sí mismo. Cuando se extiende la rodilla, se tensa la banda PL, por lo que el ligamento se aplana y ensancha. (4)

Aunque la disposición anatómica de ambos fascículos no está clara, sí parece que al flexionar la rodilla 90° hay estructuras fibrilares que se tensan a medida que se va flexionando la rodilla. Es por este motivo por el que algunos autores hablan de las «zonas funcionales» del LCA más que de las «estructuras anatómicas» (5)

La inserción femoral del LCA comienza en la parte más alta de la escotadura en la zona de transición entre el techo de la escotadura y la pared medial del cóndilo femoral externo. Luego se extiende ocupando toda la altura de la escotadura lateral para terminar en la parte más inferior en el límite entre el hueso y el cartílago, que suele coincidir con el borde medial del cóndilo externo.

El LCA normal presenta una inserción tibial muy ensanchada, cerca del doble que en su origen femoral. Se ha considerado que la pendiente medial de la espina intercondílea medial representa el origen del margen medial del LCA nativo. (5)

Es importante señalar que El grosor del ligamento son directamente proporcionales a su resistencia e inversamente proporcionales a sus posibilidades de alargamiento.

La resistencia media del LCA medida en especímenes jóvenes es de 2,160 N y la rigidez media es de 242 N/ mm. 9 El LCA soporta cargas dependiendo del tipo de actividad que desarrollemos. (**tabla 1**).

Tabla 1. Resistencia del LCA según el tipo de actividad.	
Actividad	LCA (N)
Deambulación en llano	169
Subir escaleras	67
Bajar escaleras	445
Bajar rampa	93
Subir rampa	27

LCA = ligamento cruzado anterior.

**TABLA 1** RESISTENCIA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR SEGÚN TIPO DE ACTIVIDAD. (Ayala-Mejías JD y cols 2014).

## Lesiones del LCA

El mecanismo de lesión puede ser por contacto o sin contacto. Más comúnmente, los desgarros del LCA son lesiones sin contacto causadas por un mecanismo pivotante con la rodilla parcialmente flexionada y el pie plantado. (10) Otro mecanismo de lesión es una hiperextensión de la rodilla con un valgo o fuerza rotacional. (11,12)

En cuanto a los mecanismos directos se describe generalmente la fractura de espina tibial el cual produce ruptura en mayor predominio que el desgarro.

La mayor incidencia de lesiones del LCA son a consecuencia de traumatismos indirectos sobre la rodilla en actividades deportivas predominantemente en pacientes jóvenes, las cuales frecuentemente no son diagnosticadas en el momento inicial. (7)

Se ha observado que existe cierta deformación con elongación permanente de las fibras del LCA antes de la ocurrencia de la fractura, lo que puede causar la laxitud clínica que puede acompañar a estas lesiones a pesar de la reducción anatómica de fracturas. (13,14,15)

Los síntomas más frecuentes posterior a lesión del LCA son dolor, tumefacción articular leve y sensación de inestabilidad de rodilla, fundamentalmente en actividades de torsión-recorte-desaceleración. A través de la exploración física (EF) se identifica laxitud articular anteroposterior y anteroexterna (8); siendo las maniobras exploratorias clínicas más importantes el test de Lachman y la maniobra de pivot-shift o desplazamiento del pivote.

En la actualidad se ha determinado que no siempre se recupera la inestabilidad rotacional con la ligamentoplastia del LCA, por ello el test de pivot-shift es útil para valorar la inestabilidad combinada, tanto rotacional como anteroposterior. (9) A través del tiempo se está predispuesto a sufrir episodios repetidos de fallo articular, con subluxación femorotibial, especialmente cuando existen movimientos de

recorte-salto-desaceleración. Estas subluxaciones, aunado al peso corporal, provocarán daños articulares secundarios (tales como lesiones meniscales, condrales y cápsulo-ligamentosas), aumentando así el grado de laxitud articular y generando deterioro articular progresivo, que es visible en los estudios radiográficos (aplanamiento del cóndilo, esclerosis subcondral, pinzamiento articular y formación de osteofitos), sin embargo los cambios radiográficos suelen estar «retrasados» respecto a la sintomatología y a los hallazgos artroscópicos. (8)

### Lesión de ligamento cruzado anterior en población pediátrica

Los pacientes generalmente informan un "chasquido" audible en la rodilla, seguido de un desarrollo relativamente rápido (12 a 16 horas) de hemartrosis e incapacidad para la actividad física. La carga de peso puede ser un desafío al principio, pero por lo general se recupera poco después de la lesión. Sin embargo, en niños y adolescentes, este período de incapacidad para soportar peso puede ser más largo que en adultos.

### Clasificación de lesión LCA según tanner

En un intento por determinar la edad en la cual es factible realizar un procedimiento de reconstrucción de LCA transfisario, diversos autores han catalogado a los pacientes en diferentes grupos acorde al estadio de Tanner y el crecimiento residual, para así a su vez reunirlos en diferentes grupos de riesgo tal y como lo muestra Gunzati. (16,17,18)

- Grupo 1 (riesgo alto): Pacientes preadolescentes con un potencial de crecimiento de más de 7 cm. Tanner I. Edad ósea en mujeres de menos de once años y hombres de doce años.
- Grupo 2 (riesgo intermedio): Pacientes con potencial de crecimiento entre 5 y 7 cm, reuniendo así Tanner II y III con edad ósea en sexo femenino entre once y trece años y de sexo masculino entre los doce y quince años.
- Grupo 3 (riesgo bajo): Pacientes con potencial de crecimiento menor de 5 cm catalogados como Tanner IV y V, con edad ósea mayor de catorce años en mujeres y de dieciséis en hombres.

### Diagnóstico de las lesiones de ligamento cruzado anterior

El diagnóstico de los desgarros del LCA se puede basar casi por completo por la historia clínica y el examen físico. Se ha observado que más del 70 % de los pacientes con LCA cursan con hemartrosis traumática de la rodilla. (19) Sin embargo, los estudios de gabinete generalmente aumentan la sensibilidad y especificidad mayor al 90% para diagnosticar una LCA completa. (20,21)

El abordaje diagnóstico en un evento agudo puede ser difícil por lo que la resonancia magnética puede tener un papel fundamental en un niño o adolescente con hemartrosis traumática. Si bien la resonancia magnética puede ser un complemento útil para hacer un diagnóstico preciso con un desgarramiento completo del LCA, se ha mostrado poca sensibilidad en la detección de desgarramientos parciales del LCA. (26,27)

La RM muestra la fisis con gran detalle tanto en el fémur distal como en la tibia proximal, por lo que se considera el mejor método para su evaluación; sin embargo, la presencia de las fisis puede dificultar el diagnóstico de lesiones ligamentosas en pacientes inmaduros. (28, 29)

La RM permite valorar el estado fisario con precisión. Determinando que el cierre fisario es directamente proporcional a la edad, aunque existen diferencias según el sexo; la tasa de cierre fisario es del 0% hasta los 11 años, del 5% a los 12 años, del 34% a los 13 años, del 53% a los 14 años, del 94% a los 15 años y del 100% a partir de los 16 años; esto indica que el crecimiento es completo en niñas alrededor de los 14 años y alrededor de los 16 años en niños. Además, la porción central de la fisis de la tibia proximal se cierra antes que la porción periférica, hecho importante para la ubicación del túnel tibial en la reconstrucción del LCA. (30, 31)

Por otra parte, la ecografía no se ha estandarizado como prueba diagnóstica en las lesiones del LCA y no hay datos aún en pacientes esqueléticamente inmaduros. Sin embargo, el desarrollo de esta y su capacidad en el diagnóstico de lesiones asociadas a las de LCA, estiman que puede ser de mayor importancia en un futuro próximo. (32, 33,34)

## Manejo de las lesiones de ligamento cruzado anterior

### Conservador

Antiguamente las lesiones del LCA en niños manejaban de forma conservadora (fisioterapia, ortesis y restricción de actividad) hasta contarse con adecuada madurez esquelética para someterse a la reconstrucción del LCA mediante técnicas descritas para adultos (35, 36,37). Ya que al retrasar la cirugía se evita la alteración iatrogénica de la fisis y con ello se permite alcanzar la madurez psicológica necesaria para el cumplimiento de la terapia postoperatoria. (38). Sin embargo, estudios recientes han demostrado que existen resultados pobres e inaceptables al otorgar tratamiento conservador, ya que debido a este manejo persiste una inestabilidad recurrente que favorece el daño meniscal y condral, así como cambios degenerativos tempranos y altas tasas de abandono deportivo. (39)

El tratamiento conservador puede considerarse como una opción razonable en lesiones parciales del LCA en pacientes menores de 14 años, con desgarros que afecten solo al fascículo anteromedial y con test de Lachman y pivot shift de bajo grado en la exploración. (40) Además, de cumplir con una restricción de actividad significativa o completa, con el entendimiento mutuo de que los síntomas recurrentes de inestabilidad pueden requerir inevitablemente la reconstrucción del LCA. (41)

Se establece que no se recomienda el tratamiento conservador en pacientes con inestabilidad funcional clara ni en aquellos que presenten lesiones intraarticulares concomitantes que precisen tratamiento quirúrgico. (42)

Es de suma importancia establecer tanto al paciente pediátrico como a los padres información detallada sobre las opciones de tratamiento quirúrgico y conservador, sus riesgos y sus beneficios, y con ello tener en cuenta las aspiraciones deportivas del niño a la hora de optar por un tratamiento u otro. (37)

Es así que se debe controlar de manera estrecha y con frecuencia al niño mediante RM repetidas y exámenes clínicos hasta la maduración esquelética, además de estar alerta ante episodios de inestabilidad y lesiones intraarticulares secundarias que condicionen un tratamiento quirúrgico inmediato. (43)

## Quirúrgico

Para realizar el manejo quirúrgico de las lesiones de ligamento cruzado anterior se deben tomar en cuenta diversos factores los cuales dan la pauta para la toma de decisiones; estos factores determinaran el riesgo-beneficio, así como el mejor tiempo en el cual se debe realizar el manejo de estas lesiones.

En primera instancia se debe tomar en cuenta el tamaño de la lesión teniendo así que en lesiones parciales pueden considerarse el manejo conservador a diferencia de las lesiones completas en donde siempre se optara por un manejo quirúrgico. En el caso de lesiones parciales se puede considerar en primera instancia dar un manejo conservador sin embargo cuando esta falla y el paciente inicia con sintomatología de inestabilidad o bien con examen físico bajo anestesia que demuestra esta condición tales como pivot shift mayor a dos + (44), así como pruebas positivas de esfuerzo en varo y valgo a 0 y 30° de flexión, además de pruebas de cuadrante a 0 y 90° se debe considerar manejo quirúrgico.

Una vez realizada la intervención quirúrgica si en el transcurso de esta se observa que solo un fascículo está lesionado, se ha reportado por diversos autores que solo reparando este fascículo contrae excelentes resultados (45,46), sin embargo otros autores refieren que al solo reparar este grupo condiciona a límite de movilidad por tejido que interfiere en la flexión por interposición (47); de igual forma otra teoría que trata de explicar este fenómeno de inestabilidad es la hiperlaxitud condicionada hacia los fascículos tras el mecanismo de lesión sufrido en el accidente. (48)

Otro factor que se debe tomar en cuenta son lesiones asociadas tales como las lesiones meniscales, en donde las lesiones en asa de balde son indicativos de manejo quirúrgico.

Así mismo un tema a considerar en la toma de decisiones es el tiempo de evolución de la lesión, en donde se aconseja dar manejo quirúrgico dentro de los primeros 12 meses de la lesión.

Por último, se debe de tomar en cuenta el estadio del cierre fisaria para poder elegir la técnica a utilizar como manejo en la reconstrucción de ligamento cruzado anterior

## Técnicas

La técnica para utilizar se basa principalmente en el estadio de cierre de la fisis para ello se adoptó la clasificación de madurez de tanner (49) en donde se toma como correlación en mujeres la presencia de la primera menstruación como indicativo de inicio del cierre fisario y con ello disminución en el riesgo del daño a esta durante la reconstrucción de ligamento cruzado anterior. Otra manera es observando el signo de Risser en la apófisis iliaca midiendo su osificación progresiva de anterolateral a posteromedial (50,51). También la altura de los padres, así como una radiografía de mano puede predecir la finalización de la madurez esquelética para asignar al paciente una edad ósea y con ello predecir el número de años de crecimiento restantes. (52)

Se ha demostrado que el fémur distal crece 10 mm por año y la tibia proximal 6 mm por año, lo que permite al cirujano calcular una perturbación de crecimiento potencial. La preocupación que muchos tienen es que la ruptura de la fisis en un área localizada puede conducir a angulación o deformidad, así como acortamiento puro de la extremidad.

Existen múltiples técnicas descritas, que van desde reconstrucciones extraarticulares hasta reconstrucciones totalmente fisarias y reconstrucciones transfisarias con diversas técnicas híbridas descritas. Actualmente existe un algoritmo descrito por Milewski et al. para el manejo de estas lesiones, el cual se basa según la edad ósea. Este algoritmo recomienda la técnica de Micheli Kocher para pacientes con una edad esquelética de 6 años, la técnica modificada de Anderson para la edad esquelética de 8 años, la técnica Ganley Lawrence All-Epiphyseal para la edad esquelética de 10 años, una técnica híbrida para la edad esquelética de 12 años y una técnica transfisaria para aquellos con edad esquelética de 14 años o más.

A continuación, se describen las diversas técnicas utilizadas en la reconstrucción de ligamento cruzado anterior basadas en el estadio de madurez esquelética-cierre fisario:

1) Técnica de reconstrucción LCA en Estadio Tanner 0 y I

Las técnicas de reconstrucción que respetan la fisis se han descrito para ser utilizadas de preferencia en pacientes con esqueletos inmaduros, en los cuales por lesión meniscal asociada a la rotura de LCA se prefiere una resolución quirúrgica precoz.

2) Técnica de reconstrucción LCA en Estadio Tanner II

Aquí se plantean las técnicas transfisarias parciales empleando el uso de un túnel tibial transfisario y la fijación femoral sobre el cóndilo

3) Técnica de reconstrucción LCA en Estadio Tanner III

Las técnicas transfisarias convencionales son la que mejor restablecen la estabilidad de la rodilla logrando una colocación anatómica de los túneles. El uso de estas técnicas transfisarias se prefiere en paciente en estadio III de Tanner en adelante ya que el crecimiento restante de la fisis tibial y femoral es limitado.

Eminencia tibial

Fracturas de eminencia tibial

Se cree que las fracturas de eminencia tibial ocurren con mayor frecuencia entre los 8 y los 14 años. Con incidencia de 3:100 000 niños por año. (22)

Generalmente las fracturas de eminencia tibial se producen secundario a trauma directo que general lesión de estructuras óseas; sin embargo, en algunas otras ocasiones se generan secundario a traumatismos indirectos que someten a estrés diversas estructuras aledañas que generan avulsión de esta región.

Diagnóstico y clasificación de fracturas de eminencia tibial

Las fracturas de eminencia tibial se clasifican según el desplazamiento esto descrito por Meyers y McKeever; sin embargo, el tratamiento se basa en el grado de desplazamiento y diferenciando entre un

tipo I, II y III, que son todas partes de la clasificación original esquema. La mayoría de las avulsiones de eminencia incompletas involucraron la ruptura del haz anteromedial. (23-25)

Las radiografías AP y lateral deben obtenerse con peso teniendo si es posible. Se debe prestar especial atención a asegurar una radiografía lateral perfecta, ya que a menudo es la mejor forma de evaluar y clasificar las fracturas de eminencia tibial, resonancia magnética

De igual forma la RMN puede ser útil en el diagnóstico de fracturas de eminencia tibial, especialmente las fracturas tipo I no desplazadas.

### Manejo de fracturas de eminencia tibial en población pediátrica

Actualmente se han descrito diversas opciones de tratamiento quirúrgico para estas fracturas, incluidas las abiertas (53,54) o artroscópicas (55,56), así como la de reducción + yeso, reducción + fijación abierta (57,58,59), o artroscópica. (60,61)

Esta fijación puede ser realizada con diversos materiales ya sean suturas (61-64), tornillos metálicos (65-68), clavos bioabsorbibles (69), agujas de Kirschner o anclajes de sutura (70,71). Sin embargo, varios informes han encontrado que los tornillos pueden debilitar el pequeño fragmento o causar su conminución, por lo tanto recomendaron la fijación con sutura, que a su vez ha demostrado una resistencia similar o mejorada. (72-74)

En la mayoría de los casos se recomienda algún tipo de visualización para reducir el fragmento de fractura ya que hay un alto índice de atrapamiento del ligamento intermeniscal o el cuerno anterior del menisco medial o lateral. Sin embargo, la mayoría de los estudios no han podido determinar un método de fijación superior para estas lesiones y por lo tanto, el cirujano debe usar su juicio basado en tamaño del fragmento.

## ANTECEDENTES

La lesión de ligamento cruzado anterior y la fractura de eminencia tibial actualmente va en aumento en cuanto a su incidencia.

Un estudio reciente identificó más de 800 casos de TSF de una base de datos de pacientes con seguro privado y mostró que la lesión era más común en hombres que pacientes femeninas. (83)

De Francesco et al en 2021 y 2022 determinaron que la edad común en lesiones de ligamento cruzado anterior y de fractura de eminencia tibial fue de 13 años a 14 años (36,4% de los casos masculinos). Para pacientes mujeres, la edad más frecuente fue de 9 a 10 años (30,4% de casos femeninos). El punto máximo de edad en pacientes masculino fue de 14 años. Para pacientes mujeres, la incidencia alcanzó su punto máximo en una magnitud más baja y una edad más temprana a los 9 años. Esta incidencia fue casi igualada en 12 años, lo que sugiere que la incidencia en pacientes femeninas puede estabilizarse con el paso del tiempo de 9 a 12 años. (84,85)

Axibal et al en 2019 demostró en su estudio que el 24% de los casos fueron causados por accidentes de bicicleta y el 20% fueron causados por lesiones de fútbol al estilo americano. Los autores señalaron que una edad más joven se asoció con una fractura más grave desplazamiento, pero no detallaron qué proporción de los pacientes fueron intervenidos quirúrgicamente. Los pacientes masculinos de esta serie

tenían una edad media de 11,6 años al momento de la lesión, en comparación con una edad promedio de 9.8 años en el momento de la lesión para las pacientes femeninas. (86)

Lavalva en 2019 observó en su estudio que la edad media en el momento de la lesión fue de 12 +/- 3 años (rango 7-17) y el 75% de los pacientes tenían 14 años o menos. La mayoría de los pacientes eran masculinos (63%). La mayoría (51%) de los pacientes con registro mecanismos de lesión reportaron una lesión por contacto, mientras que el 39% informó una torsión sin contacto mecanismo. Solo el 10% reportó rodilla hiperextensión. Con respecto a la actividad en el momento de la lesión, más de la mitad (53%) de los pacientes estaban involucrados en deportes y el 21% de los pacientes andaba en bicicleta. Las causas menos comunes incluyeron una caída de altura (8%), andar en scooter (8%), motor accidente vehicular (3%), mientras que de los lesionados practicando deportes, fútbol (36%), esquí (24%), el baloncesto (18%) y el fútbol americano (9%) concentraron casi el 90% de las lesiones en esta cohorte. Lucha (3%), lacrosse (3%) y una lesión de trampolín (3%). (87)

La historia natural de las lesiones de LCA en niños fue publicada por Aichroth en 2002 teniendo una serie de 23 pacientes con seguimiento de 72 meses, demostrando inestabilidad clínica persistente en todos los pacientes, deterioro significativo de los scores funcionales y cambios degenerativos radiográficos (osteofitos) en 10 pacientes. (80)

Mc Carroll et al estudió un grupo de 16 adolescentes con esqueleto inmaduro tratados en forma conservadora. Sólo 7 pacientes lograron el retorno deportivo, describiendo episodios recurrentes de inestabilidad, derrame articular y dolor. (81) El mismo Mc Carroll presentó más tarde los resultados de 14 pacientes a quienes se les realizó una reconstrucción transfisiaria femoral y tibial con tendón patelar. Refiere resultados excelentes, sin discrepancias de longitud de extremidades inferiores al final del crecimiento. (82)

Ramski et al.(51) observaron que los pacientes tratados conservadoramente presentaron 33,7 veces más probabilidades de tener inestabilidad clínica y 12 veces más probabilidades de desarrollar rotura del menisco medial. La probabilidad de regresar al deporte fue 91,2 veces mayor en el grupo de reconstrucción precoz del LCA. Los posibles factores que contribuyen a estos malos resultados incluyen tanto los niveles de actividad significativamente más altos observados en la población pediátrica como el incumplimiento de la modificación de sus niveles de actividad después de la lesión(47,48).

En el estudio de Kocher et al. un 31% de los pacientes sometidos a tratamiento conservador precisaron reconstrucción quirúrgica por síntomas persistentes de inestabilidad durante el deporte. (52)

En cuanto a las técnicas de reparación, las reparaciones primarias intrasustancia (75) han reportado malos resultados y en la actualidad no se utilizan.

Parker et al reportaron una serie de 6 pacientes en donde se realizó la reconstrucción del LCA a través de un túnel tibial en la epífisis proximal anterior, pasando el injerto isquiotibial y fijándolo en la porción femoral sobre el cóndilo en una zona de inserción que no dañe la periferia de la fisis femoral. Los resultados fueron favorables a 2 años de seguimiento. (76)

Brief describió otra técnica de reconstrucción del LCA en que se hace pasar un injerto de tendón isquiotibial desde la parte anterior de la tibia por debajo del ligamento coronario meniscal hacia el fémur,

fijándolo también sobre el cóndilo. Sin embargo el autor no ofrece datos objetivos respecto al resultado funcional de esta técnica. (77)

La reconstrucción extraarticular con tenodesis de la banda iliotibial también ha sido utilizada. Consideramos esta técnica como una buena alternativa de reconstrucción en pacientes que por su edad no son candidatos a técnicas transfisiarias, aunque sabemos que mejora sólo parcialmente la estabilidad de la rodilla lesionada y su indicación es motivo de discusión. (78,79)

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN:** La lesión de LCA y fractura de eminencia tibial en edad pediátrica está muy poco descrita en población mexicana, ya que se considera de baja incidencia generando retraso en el diagnóstico oportuno, lo que condiciona lesiones meniscales, condrales y cápsulo-ligamentosas que a futuro impactara con problemas socioeconómicos al sector salud; por lo que identificar de forma oportuna estas lesiones evitará la afección al paciente en su función, dolor y calidad de vida.

### **IDENTIFICACIÓN Y/O OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:**

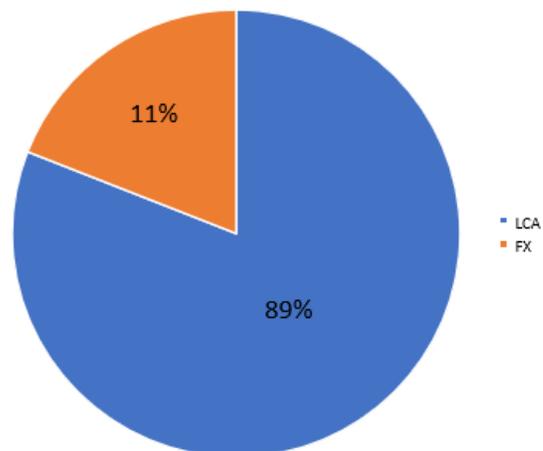
El determinar la incidencia de lesión de LCA o fractura de eminencia tibial en edad pediátrica permitirá un diagnóstico oportuno para así prevenir lesiones relacionadas a largo plazo. Por lo que identificar grupo etario, género, mecanismo de lesión, actividad durante la lesión y secuelas posteriores al manejo definitivo ayudara a un mejor manejo de estas lesiones.

### **MATERIAL Y METODOS**

- A) Diseño de estudio.
- Se utilizaron motores de búsqueda de marzo 2016-marzo 2022
  - Se identificaron a los pacientes con lesión de LCA o fractura de eminencia tibial con edad menor a 15 años al momento de la lesión
  - Posteriormente se registraron por género, grupo etario según tanner, mecanismo de lesión y etiología.
- B) La población de estudio fueron pacientes con lesión de ligamento cruzado anterior o fractura de eminencia tibial del servicio de ortopedia del deporte y artroscopia menores a 15 años con fecha de lesión entre marzo 2016 a marzo 2022 en el Instituto Nacional de Rehabilitación.
- C) Tamaño muestral: 42 pacientes los cuales fueron registrados en la base de datos y clasificados según edad, clasificación según tanner, mecanismo de lesión, actividad durante la lesión, género y secuelas post manejo definitivo
- D) Análisis y métodos estadísticos de los datos: Los datos obtenidos se presentarán como la  $X \pm DE$ . Mientras que la comparación entre dos grupos se realizara con la prueba chi cuadrada y sus derivados. Los valores considerados estadísticamente significativos serán aquellos con un valor de  $p \leq 0.05$ . para el análisis estadístico.

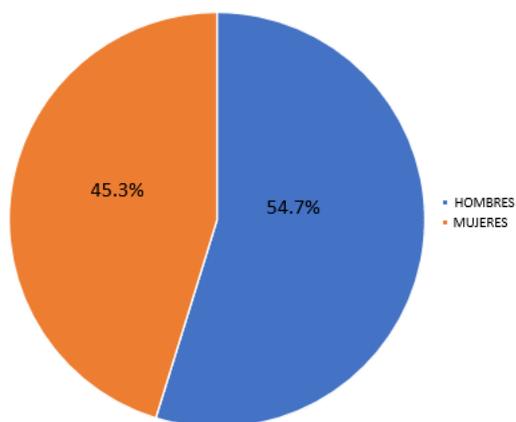
## RESULTADOS

La primera variable a determinar fue el tipo de lesión que se presentó teniendo como resultado que de los 42 pacientes totales en estudio, 34 pacientes (89%) presentaban lesión de ligamento cruzado anterior de rodilla ( $P=.006$ ) en comparación de 8 pacientes (11%) los cuales eran lesiones secundario a fracturas de eminencia tibial.



**GRAFICA 1** “LA INCIDENCIA SEGÚN EL TIPO DE LESION EN POBLACION PEDIATRICA, , FUE MAYOR EN EL GRUPO DE LESION DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR ( $P=.006$ ) VERSUS FRACTURA DE EMINENCIA TIBIAL”

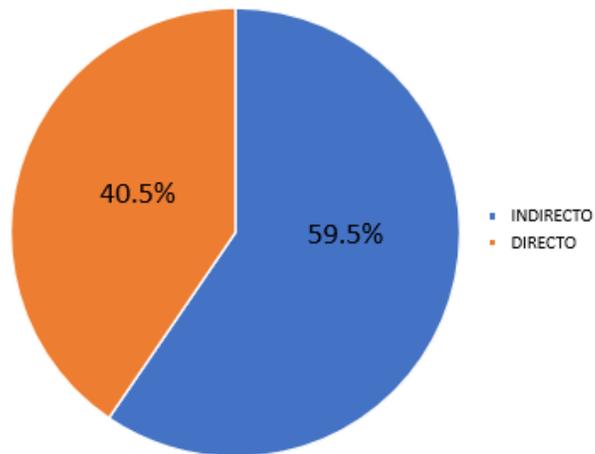
Dentro del propósito de estudio fue determinar si existe predominio de género en la lesión de ligamento cruzado anterior o fractura de eminencia tibial, encontrándose que de los 42 pacientes totales; 23 de ellos fueron hombres (54.7%) y 19 fueron mujeres (45.3%), teniendo como resultado predominante el género masculino en comparación del femenino ( $P=.044$ ).



**GRAFICA 2** “LA INCIDENCIA DE LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIA EN POBLACION PEDIATRICA SEGÚN GENERO FUE PREDOMINANTE EN EL MASCULINO RESPECTO AL FEMENINO ( $P=.044$ )”

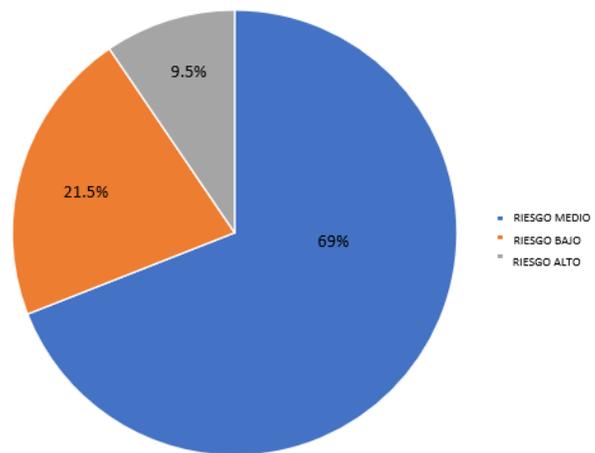
Por otra parte determinar el mecanismo de lesión en cualquiera de las dos lesiones es imprescindible para poder compararlo con la literatura mundial; en nuestro estudio se observó que 25 pacientes de los 42 fueron por un mecanismo indirecto, mientras que los 17 pacientes restantes fueron por un mecanismo

directo teniendo así una comparación del 59.5% como método indirecto versus 40.5% como método directo.



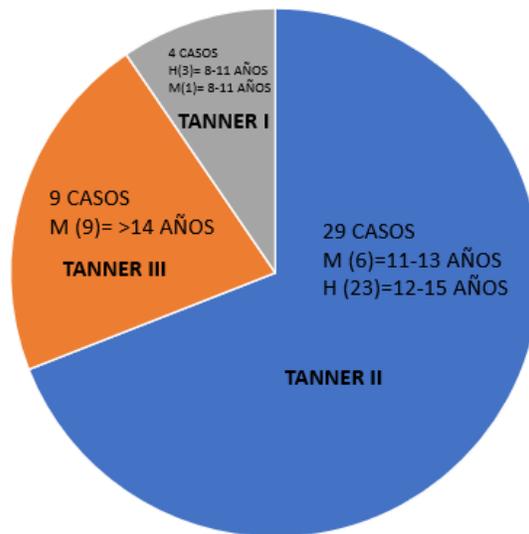
**GRAFICA 3** "INCIDENCIA DE LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIA SEGÚN MECANISMO DE LESION"

Un factor importante a determinar en el estudio fue la inclusión del riesgo de manejo quirúrgico según la escala de tanner para madurez esquelética, por lo que al clasificar la población de nuestro estudio según la edad esquelética en relación con su afección debido a manejo quirúrgico se identificó que 4 pacientes (9.5%) se encontraban con riesgo alto ante la intervención quirúrgica en relación a la madurez esquelética, mientras que 29 pacientes (69%) se encontraban en riesgo intermedio y 9 (21.5%) con riesgo bajo.



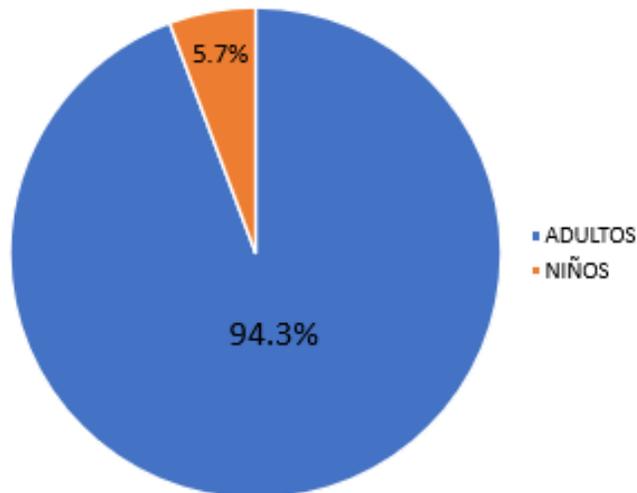
**GRAFICA 4** "RIESGO DEL MANEJO QUIRURGICO DE LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIA SEGÚN ESCALA DE TANNER (MADUREZ ESQUELETICA)"

La distribución de casos por edad en pacientes con fractura de eminencia tibial y LCA en relación con madurez esquelética, observamos que 4 casos se encontraban con tanner I con edad de 8-11 años, 29 casos con tanner II con edad para hombres de 12-15 años y mujeres de 11-13 años y 9 casos con tanner III con edad de mayor a 14 años.



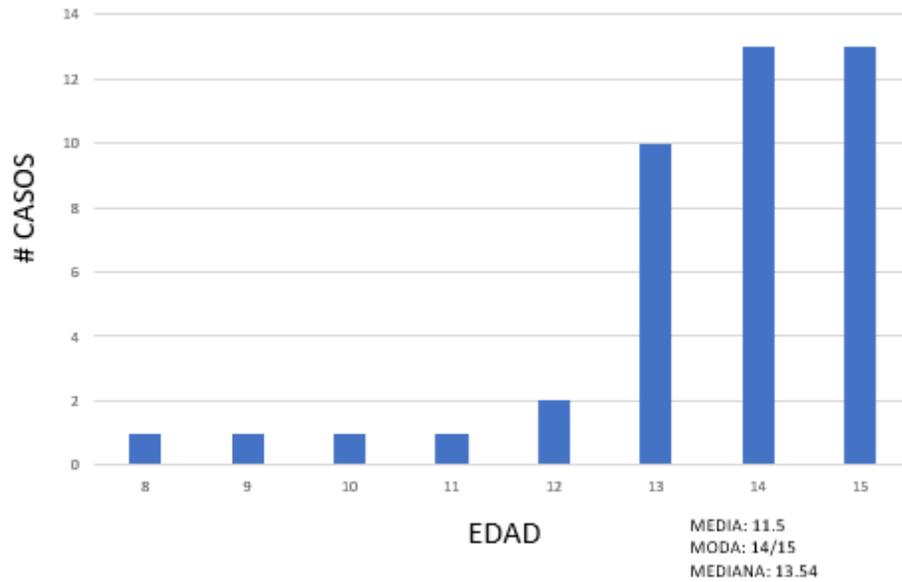
**GRAFICA 5** “DISTRIBUCIÓN DE CASOS DE LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIAL SEGÚN EDAD EN CORRELACIÓN A MADUREZ ESQUELETICA”

La incidencia de fracturas de eminencia tibial y lesión de ligamento cruzado anterior de rodilla en población pediátrica versus población adulta, tuvo como resultado en los 6 años, un total de 696 casos en población adulta mientras que en población pediátrica 42 casos. Dando así como resultado un 94.3% versus 5.7%



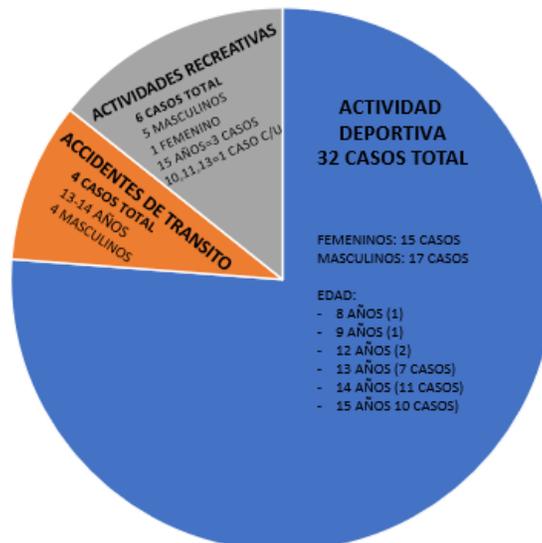
**GRAFICA 6** “INCIDENCIA DE LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIAL PACIENTES ADULTOS VS PEDIATRICOS”.

En cuanto a la edad media del grupo etario fue de 11.5 años, la moda se estableció en 14-15 años mientras que la mediana fue de 13.5 años.



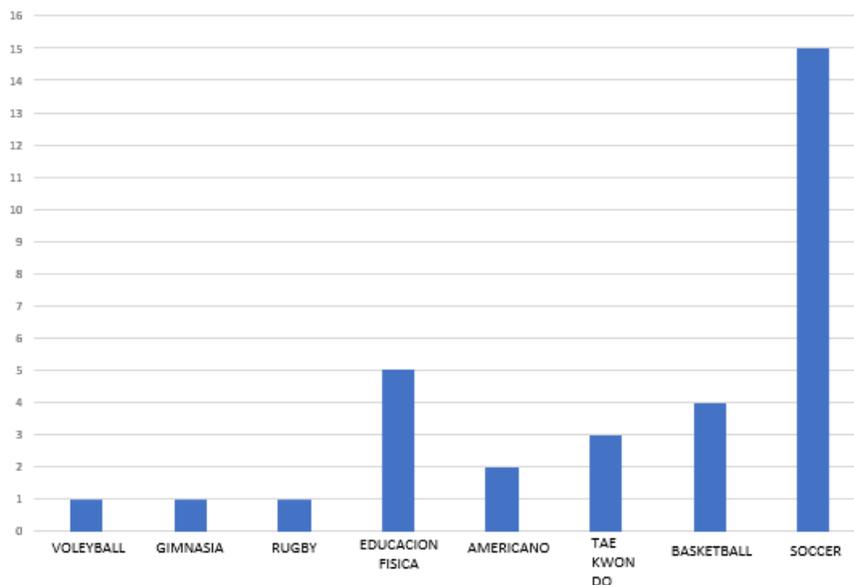
**GRAFICA 7** “EDAD MEDIA, MEDIANA Y MODA CON LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIAL EN POBLACION PEDIATRICA EN EL INR 2016-2022”

Otra variable para determinar fue la actividad realizada al momento de la lesión, observándose que 4 casos se presentaron en accidentes de tránsito, 6 casos en actividades recreativas como paseos en bicicleta, caídas de juegos infantiles, mientras que 32 casos fueron por actividades deportivas como futbol soccer, americano, tae kwon do, gimnasia, entre otras. En accidentes de transito todos fueron hombres, en las actividades recreativas 5 fueron masculinos y 1 femenino; mientras que en las actividades deportivas casi fueron equiparables teniendo como resultado 17 casos masculinos y 15 femeninos.



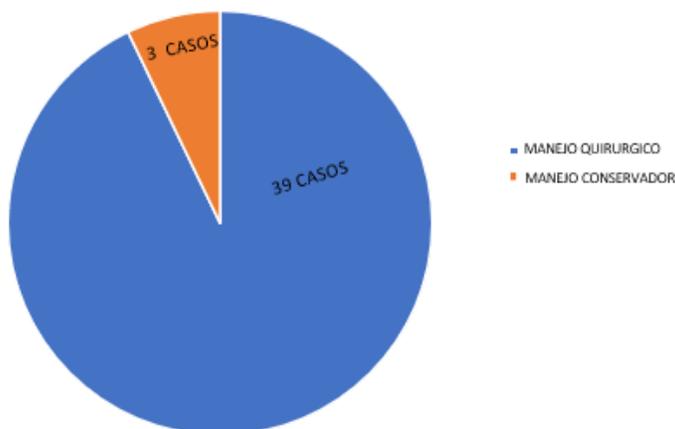
**GRAFICA 8** “LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIAL SEGÚN TIPO DE MECANISMO DE LESION Y SU CORRELACION POR EDAD, DENOTO QUE LA MAYORIA DE LOS PACIENTES SE ENCONTRABAJN EN ACTVIIDAD DEPORTIVA (P=.028) Y EN SEGUNDO LUGAR ACTIVIDADES RECREATIVAS”

En la distribución de las actividades deportivas realizadas durante la lesión, predominó el fútbol soccer en primer lugar con 15 casos, en segundo lugar fueron actividades de educación física con 5 casos, en 3er lugar fue básquet ball con 4 casos. En cuarto lugar fue tae kwon do con 3 casos, mientras que el fútbol americano se encontró en el quinto lugar de incidencia con 2 casos. Por último el voleibol, rugby y gimnasia quedaron en 6to lugar con un caso cada uno.



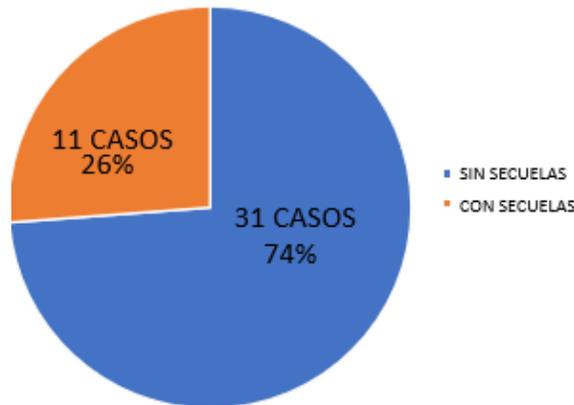
**GRAFICA 9** “LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIAL RODILLA SEGÚN ACTIVIDAD DEPORTIVA REALIZADA DURANTE LA LESION”

Recordando que la artroscopia es un método diagnóstico- terapéutico; de los 42 casos con alguna de estos dos tipos de lesiones, se encontró que 3 casos no fue preciso realizar manejo quirúrgico debido a los hallazgos obtenidos al momento de realizar el paseo artroscópico, dándoles así un manejo conservador como manejo ideal para estas lesiones en esos pacientes.



**GRAFICA 10** “MANEJO OTORGADO A PACIENTES PEDIATRICOS CON LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIAL ANTE DIAGNOSTICO ARTROSCOPICO”

Por último se determinó las secuelas a mediano plazo presentadas en los pacientes con LCA o fractura de eminencia tibial, teniendo como resultado que de los 42 pacientes 11 de ellos (26%) presentaron alguna secuela teniendo así deformidades angulares en varo o valgo, Re rupturas (principal secuela que presentaron los pacientes), dolor post actividad física, ruptura de ligamento cruzado anterior contra lateral o sensación de inestabilidad de rodilla como las secuelas presentadas en estos pacientes.



**GRAFICA 11** “EL INDICE DE SECUELAS A LARGO PLAZO POSTERIOR A MANEJO DE LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIAL, DENOTO QUE 11 CASOS DE LOS 42 EN TOTAL PRESENTARON ALGUNA SECUELA POSTERIOR AL MANEJO QUIRRUGICO DEFINITIVO (P=.655)”

Dentro del análisis estadístico realizado se determinó mediante la prueba estadística exacta de Fisher que a menor edad dentro de la población pediátrica es mayor el riesgo-incidencia de presentar fractura de eminencia tibial en comparación a lesión de ligamento cruzado anterior. Determinando que en nuestro grupo de estudio hubo una significancia del  $P=.004$ .

## DISCUSION

En el presente estudio se analizó la incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior o fractura de eminencia tibial en población pediátrica en el periodo comprendido de Marzo 2016- Marzo 2022 en el Instituto Nacional de Rehabilitación; utilizando motores de búsqueda para obtener los datos de pacientes que cumplieran con estas condiciones y este periodo de tiempo. Una vez obtenidos se compararon con lo antes reportado en la literatura médica para así determinar si la distribución de diversas variables correspondía a lo ya descrito anteriormente obteniendo que nuestros resultados señalan un índice mayor de lesión de ligamento cruzado anterior o fractura de eminencia tibial en el género masculino lo que concuerda con lo reportado en 2021 por De Francesco y cols. en su estudio realizado en la ciudad de Nueva York. (83)

En cuanto al mecanismo de lesión que genero la lesión de ligamento cruzado anterior o fractura de eminencia tibial se observó que en mayor medida fue un mecanismo de tipo indirecto lo cual comprueba lo descrito en la literatura mundial que señala un mecanismo de pivote con valgo forzado de rodilla como este tipo de mecanismo lo cual genera lesiones de ligamento cruzado anterior o a nivel de la eminencia tibial. (7)

En cuanto a la edad de los pacientes los pacientes al momento de la lesión determinamos que la mayor cantidad de pacientes se encontraban en el grupo etario de 11-13 años en el género femenino y de 12-15 años en el género masculino, así como la incidencia de fracturas de eminencia tibial contaban con edad menor a 11 años teniendo como mínimo el grupo etario de 8 años lo que es similar a lo publicado con De Francesco en 2021 y 2022 en donde señalo que su población de estudio se encontraba con edad que oscilaban entre 13-14 años para hombres y 9-12 años para mujeres, de igual forma La valva en 2019 reporto que la incidencia de fracturas de eminencia tibial o lesión de ligamento cruzado anterior ocurría en población con edades de 12 años +/- . Como ya se mencionó anteriormente en el caso de la población con madurez esquelética tipo I según la escala de tanner (menores a 11 años) observamos que su lesión era puramente por fractura de eminencia tibial lo cual concuerda con lo publicado por Axibal en 2019 quien reporto que la población con edades entre 9.8 años para género femenino y 11.6 para masculinos padecían este tipo de lesión al momento del accidente. (84,85,86,87)

Por otra parte la actividad física realizada al momento de la lesión también fue objeto de estudio determinando así que la mayor concentración de pacientes se encontraban realizando actividades deportivas, lo que se relaciona directamente a lo reportado por La valva en 2019 quien señala que su población de estudio se encontraba practicando alguna actividad deportiva al momento de la lesión siendo el futbol soccer la primer actividad condicionante así como las lesiones en baloncesto como segundo factor; por lo que sus resultados son semejantes a lo obtenido en nuestro estudio en donde dichas actividades fueron las que generaron estas lesiones como primero y segundo lugar. (87)

Las secuelas producidas secundario al manejo otorgado para este tipo de lesiones mencionan en la literatura que frecuentemente se relacionan con la madurez esquelética, teniendo así que a menor edad/ menor madurez esquelética se corre riesgo de presentar secuelas a largo plazo por riesgo de lesión a la fisis de crecimiento; tales lesiones son deformidades angulares en varo-valgo, discrepancia de miembros pélvicos antes el crecimiento, inestabilidad de rodilla así como re-rupturas de las reconstrucciones ligamentarias. Estos datos se confirmaron debido a que 8 de los pacientes incluidos en nuestro estudio experimentaron alguna de estas secuelas posteriores al manejo ortopédico definitivo por lo que se

confirma lo antes mencionado por Aichroth en 2002, Mc Carroll en 1988 y 1994 así como Ramski y Kocher todos ellos reportaron que posteriores al manejo otorgado los pacientes estos experimentaron inestabilidad de rodilla lo cual les impidió regresar de manera oportuna o incluso en algunos de forma definitiva a sus actividades deportivas. ( 80, 81, 82, 51, 52)

## CONCLUSIONES

- ✓ El pico de incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior o fractura de eminencia tibial en población pediátrica es entre los 11-13 años en género femenino y 12-15 años en género masculino (ambos Tanner II); lo que conlleva a un riesgo intermedio de secuelas por lesión física según la escala de Tanner.
- ✓ El género con mayor incidencia de afección es el masculino respecto al femenino, con predominio del mecanismo de lesión indirecto en ambos géneros y de etiología traumática por actividad física deportiva, teniendo como mayor exponente el fútbol soccer.
- ✓ Las principales secuelas presentadas fueron deformidades en varo o valgo, sensación de inestabilidad, así como re-ruptura de ligamento cruzado anterior este último como el de mayor incidencia.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Fineberg MS, Zarins B, Sherman O: Practical considerations in anterior cruciate ligament replacement surgery. *Arthroscopy*. 2000; 16(7): 715-24.
- 2) Ayala-Mejías JD y cols.; Lesiones del ligamento cruzado anterior. *Acta Ortopédica Mexicana* 2014; 28(1): Ene.-Feb: 57-67.
- 3) Fu FH, Bennett CH, Lattermann C, Ma CB: Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part I: Biology and biomechanics of reconstruction. *Am J Sports Med*. 1999; 27: 821-30.
- 4) Girgis FG, Marshall JL, Al Monajem A: The cruciate ligaments of the knee joint. *Clin Orthop*. 1975; 106: 216-31. 6.
- 5) Odensten M, Gillquist J: Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg*. 1985; 67A: 257. 7.
- 6) Penner DA, Daniel DM, Wood P, Mishra D: An in vitro study of anterior cruciate ligament graft placement and isometry. *Am J Sports Med*. 1988; 16(3): 238-43.
- 7) Noyes FR, Matthews DS, Mooar PA, Grood ES: The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part II: The results of rehabilitation, activity modification and counseling of functional disability. *J Bone And Joint Surg*. 1983; 65-A: 163-74.
- 8) Caborn DNM, Johnson BM: Historia natural de la rodilla con insuficiencia del ligamento cruzado anterior. Revisión. *Clínicas de Medicina Deportiva*. 1993; 12: 623-34.
- 9) Lane CG, Warren R, Pearle AD: The pivot shift. *J Am Acad Orthop Surg*. 2008; 16(12): 679-88.
- 10) Tjoumakaris FP, Donegan DJ, Sekiya JK. Partial tears of the anterior cruciate ligament: diagnosis and treatment. *Am J Orthop*. 2011;40:92–7.
- 11) Noyes FR, DeLucas JL, Torvik PJ. Biomechanics of anterior cruciate ligament failure: an analysis of strain-rate sensitivity and mechanisms of failure in primates. *J Bone Joint Surg Am*. 1974;56:236–53.
- 12) Noyes FR, Torvik PJ, Hyde WB, DeLucas JL. Biomechanics of ligament failure. II. An analysis of immobilization, exercise, and reconditioning effects in primates. *J Bone Joint Surg Am*. 1974;56:1406–18
- 13) Perugia D, Basigliani L, Vadalà A, Ferretti A. Clinical and radiological results of arthroscopically treated tibial spine fractures in childhood. *Int Orthop*. 2009;33:243–8.

- 14) . Kocher MS, Micheli LJ, Gerbino P, Hresko MT. Tibial eminence fractures in children: prevalence of meniscal entrapment. *Am J Sports Med.* 2003;31:404–7.
- 15) . Tudisco C, Giovarruscio R, Febo A, Savarese E, Bisicchia S. Intercondylar eminence avulsion fracture in children: long-term follow-up of 14 cases at the end of skeletal growth. *J Pediatr Orthop B.* 2010;19:403–8.
- 16) Perkins AC; Willimon SC. Pediatric anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop Clin North Am,* 2020; 51(1): 55-63.
- 17) Chicorell AM; Nasreddine AY; Kocher MS. Physseal-sparing anterior cruciate ligament reconstruction with iliotibial band. *Clin Sports Med,* 2011; 30(4): 767-77.
- 18) Kelly PM; Dimeglio A. Lower–limb growth: How predictable are predictions. *J Child Orthop,* 2008; 2: 407-15.
- 19) Noyes FR, Bassett RW, Grood ES, Butler DL. Arthroscopy in acute traumatic hemarthrosis of the knee. Incidence of anterior cruciate tears and other injuries. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62:687–95. 757.
- 20) Guenoun D, Le Corroller T, Amous Z, Pauly V, Sbihi A, Champsaur P. The contribution of MRI to the diagnosis of traumatic tears of the anterior cruciate ligament. *Diagn Interv Imaging.* 2012;93:331–41.
- 21) Moore SL. Imaging the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin N Am.* 2002;33:663–74.
- 22) Zionts L. Fractures and dislocations about the knee. In: Green NE, Swiontkowski MR, editors. *Skeletal trauma in children.* Philadelphia: WB Saunders; 2009. p. 452–5.
- 23) Meyers MH, McKeever FM. Fracture of the intercondylar eminence of the tibia. *J Bone Joint Surg Am.* 1959;41-A:209–20. discussion 220–2
- 24) Zaricznyj B. Avulsion fracture of the tibial eminence: treatment by open reduction and pinning. *J Bone Joint Surg Am.* 1977;59:1111–4.
- 25) Griffith JF, Antonio GE, Tong CWC, Ming CK. Cruciate ligament avulsion fractures. *Arthroscopy.* 2004;20:803–12.
- 26) Umans H, Wimpfheimer O, Haramati N, Applbaum YH, Adler M, Bosco J. Diagnosis of partial tears of the anterior cruciate ligament of the knee: value of MR imaging. *Am J Roentgenol.* 1995;165:893–7.
- 27) Lawrance JA, Ostlere SJ, Dodd CA. MRI diagnosis of partial tears of the anterior cruciate ligament. *Injury.* 1996;27:153–5.

- 28) Laor T, Jaramillo D. MR imaging insights into skeletal maturation: What is normal? *Radiology*. 2009;250(1):28-38.
- 29) Bales CR, Guettler JH, Moorman CT. Anterior cruciate ligament injuries in children with open physes: Evolving strategies of treatment. *Am J Sports Med*. 2004;32(8):1978-85.
- 30) Aly SM, Shrestha B, Hong DJ, Omran A, Wang W. Identification of age and sex based on knee radiography. *Forensic Sci Int*. 2016;267:231.e1-231.e7.
- 31) Sasaki T, Ishibashi Y, Okamura Y, Toh S, Sasaki T. MRI Evaluation of Growth Plate Closure Rate and Pattern in the Normal Knee Joint. *J Knee Surg*. 2002;15(2):72-6.
- 32) Wang J, Wu H, Dong F, Li B, Wei Z, Peng Q, et al. The role of ultrasonography in the diagnosis of anterior cruciate ligament injury: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Sport Sci*. 2018;18(4):579-86.
- 33) Grzelak P, Podgórski MT, Stefańczyk L, Domlalski M. Ultrasonographic test for complete anterior cruciate ligament injury. *Indian J Orthop*. 2015;49(2):143-9.
- 34) Cavaignac E, Wytrykowski K, Reina N, Pailhé R, Murgier J, Faruch M, Chiron P. Ultrasonographic identification of the anterolateral ligament of the knee. *Arthroscopy*. 2016 Jan;32(1):120-6.
- 35) Fabricant PD, Kocher MS. Management of ACL injuries in children and adolescents. *J Bone Joint Surg Am*. 2017;99(7):600-12.
- 36) Fabricant PD, Kocher MS. Anterior Cruciate Ligament Injuries in Children and Adolescents. *Orthop Clin North Am*. 2016;47(4):777-88.
- 37) Defrancesco CJ, Storey EP, Shea KG, Kocher MS, Ganley TJ. Challenges in the Management of Anterior Cruciate Ligament Ruptures in Skeletally Immature Patients. *J Am Acad Orthop Surg*. 2018;26(3):e50-e61.
- 38) Anderson CN, Anderson AF. Management of the Anterior Cruciate Ligament–Injured Knee in the Skeletally Immature Athlete. *Clin Sports Med*. 2017;36(1):35-52.
- 39) Anderson AF, Anderson CN. Correlation of meniscal and articular cartilage injuries in children and adolescents with timing of anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2015;43(2):275-81.
- 40) Kocher MS, Micheli LJ, Zurakowski D, Luke A. Partial Tears of the Anterior Cruciate Ligament in Children and Adolescents. *Am J Sports Med*. 2002;30(5):697-703

- 41) Dingel A, Aoyama J, Ganley T, Shea K. Pediatric ACL Tears: Natural History. *J Pediatr Orthop.* 2019;39(6):S47-S49.
- 42) Ziebarth K, Kolp D, Kohl S, Slongo T. Anterior Cruciate Ligament Injuries in Children and Adolescents: A Review of the Recent Literature. *Eur J Pediatr Surg.* 2013;23(6):464-9.
- 43) Madelaine A, Fournier G, Sappey-Marini r E, Madelaine T, Seil R, Lefevre N, et al. Conservative management of anterior cruciate ligament injury in paediatric population: about 53 patients. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2018;104(8):S169-S173
- 44) . DeFranco MJ, Bach BR. A comprehensive review of partial anterior cruciate ligament tears. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91:198– 208.
- 45) . Buda R, Ferruzzi A, Vannini F, Zambelli L, Di Caprio F. Augmentation technique with semitendinosus and gracilis tendons in chronic partial lesions of the ACL: clinical and arthrometric analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14:1101–7
- 46) Tjoumakaris FP, Donegan DJ, Sekiya JK. Partial tears of the anterior cruciate ligament: diagnosis and treatment. *Am J Orthop.* 2011;40:92–7
- 47) Busch MT, Fernandez MD, Aarons C. Partial tears of the anterior cruciate ligament in children and adolescents. *Clin Sports Med.* 2011;30:743–50
- 48) Noyes FR, Mooar LA, Moorman CT, McGinniss GH. Partial tears of the anterior cruciate ligament. Progression to complete ligament deficiency. *J Bone Joint Surg Br.* 1989;71:825–33
- 49) Tanner JM, Whitehouse RH. Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Arch Dis Child.* 1976;51:170–9
- 50) Risser JC. The Iliac apophysis; an invaluable sign in the management of scoliosis. *Clin Orthop.* 1958;11:111–9.
- 51) Scoles PV, Salvagno R, Villalba K, Riew D. Relationship of iliac crest maturation to skeletal and chronologic age. *J Pediatr Orthop.* 1988;8:639–44
- 52) Gruelich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. 2nd ed. Stanford: Stanford University Press; 1959.
- 53) Janarv PM, Nyström A, Werner S, Hirsch G. Anterior cruciate ligament injuries in skeletally immature patients. *J Pediatr Orthop.* 1996;16:673–7
- 54) Molander ML, Wallin G, Wikstad I. Fracture of the intercondylar eminence of the tibia: a review of 35 patients. *J Bone Joint Surg Br.* 1981;63-B:89–91.

- 55) Meyers MH, McKeever FM. Fracture of the intercondylar eminence of the tibia. *J Bone Joint Surg Am.* 1970; 52:1677–84.
- 56) Willis RB, Blokker C, Stoll TM, Paterson DC, Galpin RD. Longterm follow-up of anterior tibial eminence fractures. *J Pediatr Orthop.* 1993;13:361–4
- 57) Janarv PM, Nyström A, Werner S, Hirsch G. Anterior cruciate ligament injuries in skeletally immature patients. *J Pediatr Orthop.* 1996;16:673–7.
- 58) Kendall NS, Hsu SY, Chan KM. Fracture of the tibial spine in adults and children. A review of 31 cases. *J Bone Joint Surg Br.* 1992;74:848–52.
- 59) Wiley JJ, Baxter MP. Tibial spine fractures in children. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;255:54–60
- 60) . Lubowitz JH, Elson WS, Guttman D. Part II: arthroscopic treatment of tibial plateau fractures: intercondylar eminence avulsion fractures. *Arthroscopy.* 2005;21:86–92.
- 61) Berg EE. Comminuted tibial eminence anterior cruciate ligament avulsion fractures: failure of arthroscopic treatment. *Arthroscopy.* 1993;9:446–50.
- 62) Medler RG, Jansson KA. Arthroscopic treatment of fractures of the tibial spine. *Arthroscopy.* 1994;10:292–5.
- 63) Kim Y-M, Kim S-J, Yang J-Y, Kim K-C. Pullout reattachment of tibial avulsion fractures of the anterior cruciate ligament: a firm, effective suture-tying method using a tensioner. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15:847–50.
- 64) Delcogliano A, Chiossi S, Caporaso A, Menghi A, Rinonapoli G. Tibial intercondylar eminence fractures in adults: arthroscopic treatment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2003; 11:255–9.
- 65) Ahmad CS, Stein BE, Jeshuran W, Nercessian OA, Henry JH. Anterior cruciate ligament function after tibial eminence fracture in skeletally mature patients. *Am J Sports Med.* 2001;29:339–45.
- 66) Binnet MS, Gürkan I, Yilmaz C, Karakas A, Cetin C. Arthroscopic fixation of intercondylar eminence fractures using a 4-portal technique. *Arthroscopy.* 2001;17:450–60.
- 67) Senekovic V, Veselko M. Anterograde arthroscopic fixation of avulsion fractures of the tibial eminence with a cannulated screw: 5-year results. *Arthroscopy.* 2003;19:54–61.
- 68) Doral MN, Atay OA, Leblebicioğlu G, Tetik O. Arthroscopic fixation of the fractures of the intercondylar eminence via transquadriceps tendinous portal. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2001;9:346–9.

- 69) Liljeros K, Werner S, Janarv P-M. Arthroscopic fixation of anterior tibial spine fractures with bioabsorbable nails in skeletally immature patients. *Am J Sports Med.* 2009;37:923–8.
- 70) Vega JR, Irribarra LA, Baar AK, Iñiguez M, Salgado M, Gana N. Arthroscopic fixation of displaced tibial eminence fractures: a new growth plate-sparing method. *Arthroscopy.* 2008;24:1239–43.
- 71) Louis M-L, Guillaume J-M, Launay F, Toth C, Jouvre J-L, Bollini G. Surgical management of type II tibial intercondylar eminence fractures in children. *J Pediatr Orthop B.* 2008;17:231–5.
- 72) Mahar AT, Duncan D, Oka R, Lowry A, Gillingham B, Chambers H. Biomechanical comparison of four different fixation techniques for pediatric tibial eminence avulsion fractures. *J Pediatr Orthop.* 2008;28:159–62.
- 73) Eggers AK, Becker C, Weimann A, Herbort M, Zantop T, Raschke MJ, et al. Biomechanical evaluation of different fixation methods for tibial eminence fractures. *Am J Sports Med.* 2007;35:404–10.
- 74) Bong MR, Romero A, Kubiak E, Iesaka K, Heywood CS, Kummer F, et al. Suture vs screw fixation of displaced tibial eminence fractures: a biomechanical comparison. *Arthroscopy.* 2005;21:1172–6.
- 75) Engebretsen L., Svenningsen S., Benum P.: Poor results of anterior cruciate ligament repair in adolescence. *Acta Orthop Scand* 1988;59:684–686
- 76) Parker AW, Drez D Jr, Cooper JL: Anterior cruciate ligament injuries in patients with open physes. *Am J Sports Med* 1994;22:44–47
- 77) Brief LP: Anterior cruciate ligament reconstruction without drilling holes. *Arthroscopy* 1993;9:446.
- 78) Micheli LJ, Rask B, Gerberg L. Anterior cruciate ligament reconstruction in patients who are prepubescent. *Clin Orthop.* 1999;364:40-47
- 79) Amis AA, Scammell BE. Biomechanics of intra-articular and extraarticular reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br.* 1993;75:812-817
- 80) Aicroth PM, Patel DV, Zorrilla. The natural history and treatment of rupture of the anterior cruciate ligament in children and adolescents: a prospective review. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84:38-41
- 81) McCarroll JR, Rettig AC, Shelbourne KD. Anterior cruciate ligament injuries in the young athlete with open physes. *Am J Sports Med.* 1988;16:44-47.

- 82) McCarroll JR, Shelbourne KD, Porter DA, et al: Patellar tendon graft reconstruction for midsubstance anterior cruciate ligament rupture in junior high school athletes: An algorithm for management. *Am J Sports Med* 1994;22: 478–484
- 83) DeFrancesco CJ, Wilson L, Lebrun DG, Memtsoudis SG, Fabricant PD. Pediatric tibial spine fractures: Exploring case burden by age and sex. *Orthop J Sports Med* 2021;9: 23259671211027237.
- 84) . DeFrancesco CJ, Wilson L, Lebrun DG, Memtsoudis SG, Fabricant PD. Pediatric tibial spine fractures: Exploring case burden by age and sex. *Orthop J Sports Med* 2021;9: 23259671211027237. 2. DeFrancesco CJ, Shah
- 85) DeFrancesco CJ, Wilson L, Lebrun DG, Memtsoudis SG, Fabricant PD. Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation, Vol 4, No 2 (April), 2022: pp e639-e643
- 86) Axibal DP, Mitchell JJ, Mayo MH, et al. Epidemiology of anterior tibial spine fractures in young patients: A retrospective cohort study of 122 cases. *J Pediatr Orthop* 2019;39:e87-e90. 13.
- 87) Lavalva et al. tibial spine fractures in children: is there historical and geographic variability in epidemiology?. *university of pennsylvania orthopaedic journal*, volume 29, june 2019.

## ANEXOS

### INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS: PAGINA

- CUADRO 1 “RESISTENCIA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR SEGÚN TIPO DE ACTIVIDAD” ..... 11

GRAFICAS: PAGINA

- GRAFICA 1 “INCIDENCIA SEGÚN EL TIPO DE LESION EN POBLACION PEDIATRICA” ..... 20
- GRAFICA 2 “INCIDENCIA DE LCA O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIA EN POBLACION PEDIATRICA ... 20  
SEGÚN GENERO”
- GRAFICA 3 “INCIDENCIA DE LCA O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIA SEGÚN MECANISMO DE ..... 21  
LESION”
- GRAFICA 4 “RIESGO DEL MANEJO QUIRURGICO DE LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR.... 21  
O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIA SEGÚN ESCALA DE TANNER (MADUREZ ESQUELETICA)”
- GRAFICA 5 “DISTRIBUCIÓN DE CASOS DE LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR O FRACTU-.. 22  
RA DE EMINENCIA TIBIAL SEGÚN EDAD EN CORRELACIÓN A MADUREZ ESQUELETICA”
- GRAFICA 6 “INCIDENCIA DE LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR O FRACTURA DE EMINEN-.. 22  
CIA TIBIAL PACIENTES ADULTOS VS PEDIATRICOS”.
- GRAFICA 7 “EDAD MEDIA, MEDIANA Y MODA CON LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR..... 23  
O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIAL EN POBLACION PEDIATRICA EN EL INR
- GRAFICA 8 “LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIAL SEGÚN 23  
TIPO DE MECANISMO DE LESION Y SU CORRELACION POR EDAD, DENOTO QUE LA MAYORIA DE LOS  
PACIENTES SE ENCONTRABAJN EN ACTVIIDAD DEPORTIVA (P=.028) Y EN SEGUNDO LUGAR ACTIVI-  
DADES RECREATIVAS” ..... 23
- GRAFICA 9 “LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIAL..... 24  
RODILLA SEGÚN ACTIVIDAD DEPORTIVA REALIZADA DURANTE LA LESION”
- GRAFICA 10 “MANEJO OTORGADO A PACIENTES PEDIATRICOS CON LESIÓN DE LIGAMENTO 24  
CRUZADO ANTERIOR O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIAL ANTE DIAGNOSTICO ARTROSCOPICO” .....24
- GRAFICA 11 “EL INDICE DE SECUELAS A LARGO PLAZO POSTERIOR A MANEJO DE LESIÓN DE LIGAMENTO 25  
CRUZADO ANTERIOR O FRACTURA DE EMINENCIA TIBIAL, DENOTO QUE 11 CASOS DE LOS 42 EN TOTAL  
PRESENTARON ALGUNA SECUELA POSTERIOR AL MANEJO QUIRRUGICO DEFINITIVO (P=.655)” .....25