



RIDUNAJ
Repositorio Institucional
Digital UNAJ



Universidad Nacional
ARTURO JAURETCHE

Tesinas de Grado

Schlottauer, Julian Eugenio

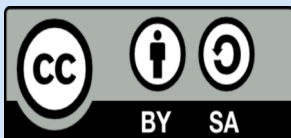
Prevención de lesiones de ligamento cruzado anterior en Handball

2023

Instituto de Ciencias de la Salud

Carrera: Licenciatura en Kinesiología y

Fisiatría



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.

Atribución – Compartir igual 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Schlottauer, JE. Prevención de lesiones de ligamento cruzado anterior en Handball [Tesis de grado]. Florencio Varela: Universidad Nacional Arturo Jauretche; 2023. 56 p. Disponible en:

<https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/3007>



**Instituto de Ciencias de la Salud
PLAN DE TESINA**

**presentado para solicitar su inscripción en el marco
normativo vigente de la carrera de**

LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

Título:

**“PREVENCIÓN DE LESIONES DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR
EN HANDBALL”**

Autor:

Schlottauer, Julian Eugenio. Legajo N°: 18.713

Director:

Lic. Fernandez Novoa, Claudio

Fecha de entrega:

25/02/2023

Firma de autores:

Índice

I.	Introducción.....	5
II.	Objetivos de la investigación.....	7
III.	Justificación.....	7
IV.	Materiales y métodos.....	8
V.	Marco teórico.....	9
	V.1 Anatomía de rodilla.....	9
	V.2 Complejo articular de la rodilla.....	11
	V.2.1 Capsula articular.....	11
	V.2.2 Ligamentos.....	12
	V.2.3 Sinovial.....	13
	V.3 Biomecánica de rodilla.....	13
	V.3.1 Estabilidad de rodilla.....	14
	V.4 Handball.....	17
	V.4.1 Lesiones en el Handball.....	18
	V.5 Ligamento cruzado anterior y ligamento cruzado posterior.....	20
	V.5.1 Función mecánica de los ligamentos.....	21
	V.5.2 Lesiones ligamentarias.....	22
	V.5.3 Lesión del ligamento cruzado anterior.....	23
	V.5.4 Mecanismo de lesión.....	24
	V.5.5 Factores de riesgo.....	25
	V.5.6 Patrón lesional en jugadores de handball.....	27
	V.5.7 Diagnostico.....	29
	V.6 Prevención de lesiones de rodilla en jugadores de handball.....	30
	V.6.1 Programas preventivos.....	32
	V.6.2 Eficacia.....	35
VI.	Programas de prevención de lesión de LCA aplicados en handball..	37
	VI.1 Programa 1. Achenbach.....	37
	VI.2 Programa 2. Knee Control.....	39
	VI.3 Programa 3. HWP.....	41
VII.	Programas de prevención de lesión LCA que podrían ser aplicables en handball.....	44
	VII.1 Programa 4. Injury Enhance Performance (PEP).....	44
	VII.2 Programa 5. Sportsmetrics.....	45
VIII.	Resultados.....	47
IX.	Conclusión.....	50
X.	Referencias bibliográficas.....	52

Índice de figuras

Figura 1. Huesos de la articulación de la rodilla.....	10
Figura 2. Rodilla derecha en flexión.....	13
Figura 3. Anatomía de la rodilla.....	16
Figura 4. Disposición de los ligamentos cruzados.....	21
Figura 5. Situación de lesión típica del LCA en los deportes de pelota.....	25

Índice de tablas

Tabla 1. Huesos de la articulación de la rodilla.....	10
Tabla 2. Clasificación de lesiones ligamentarias.....	23
Tabla 3. Factores de riesgo de lesiones de rodilla y/o LCA.....	27
Tabla 4. Ejercicios generales para prevención de lesión de LCA.....	34
Tabla 5. Intervención y ejercicios.....	38
Tabla 6. Estructura de ejercicios del HWP.....	43

Abreviaturas

Ligamento cruzado anterior ----- LCA
Fascículo posterolateral ----- PL
Fascículo antero medial ----- AM
Ligamento cruzado posterior ----- LCP
Osteoartritis premature ----- OA
Handball Warm-Up Program ----- HWP
sistema de equilibrio Biodex ----- BBS
Prevent Injury Enhance Performance ----- PEP
Eventos adversos -----EA

I. Introducción

El Handball es un deporte de conjunto técnico táctico muy complejo, físico y dinámico. Se lo ubica dentro de los deportes de contacto (1). Se lleva a cabo en un rectángulo de 40 x 20 metros, donde el objetivo del juego es desplazar una pelota a través del campo, utilizando las manos, para intentar introducirla dentro del arco contrario, acción que se denomina gol. Se juega con un total de siete jugadores en cancha por cada equipo, y nueve jugadores suplentes. Un partido se compone de dos tiempos de treinta minutos, con un descanso intermedio de diez minutos (2)(3).

El juego fue evolucionando a lo largo de la historia, convirtiéndose en una disciplina de mucha estrategia, contacto físico y gran velocidad de ejecución de las técnicas. Contando con acciones de carrera, sprint, salto, cambios de dirección y lanzamientos (3)(4). El jugador debe ser capaz de realizar diferentes movimientos en un breve espacio de tiempo. Las características del juego, el alto impacto y el contacto físico a gran velocidad exponen al jugador a gran variedad de lesiones.

Diversos estudios en los últimos años han demostrado que, dentro de los deportes de pelota, los jugadores de handball tienen un alto riesgo de lesiones. En Alemania, uno de los países donde más se practica, es el segundo deporte que más lesiones provoca después del fútbol, con más del 15% de las lesiones deportivas en el deporte de equipo (1). La evidencia científica ha demostrado una mayor prevalencia de lesiones en los miembros inferiores que en el resto del cuerpo (5). La articulación de la rodilla es la región del cuerpo lesionada con mayor frecuencia, y las roturas del ligamento cruzado anterior (LCA) la lesión más común de la rodilla (6)(1)(5).

Las lesiones de rodilla pueden darse por contacto o sin contacto. Aproximadamente el 80% de todos los desgarros del LCA son lesiones sin contacto (7).

La rodilla es la articulación intermedia del miembro inferior. Es una articulación sinovial, formada por dos articulaciones: la femorotibial (bicondílea) y la femorrotuliana (troclear) (8). Principalmente es una articulación de un solo grado de movimiento: flexo extensión. Trabaja esencialmente en compresión bajo la acción de la gravedad. De manera accesoria, posee un segundo grado de movimiento: la rotación sobre el eje longitudinal de la pierna, que solo

aparece cuando la rodilla esta flexionada. Desde el punto de vista mecánico, la rodilla debe poseer una gran estabilidad y movilidad. Globalmente los ligamentos cruzados aseguran la estabilidad antero posterior de la rodilla (9).

Las lesiones traen como consecuencia porcentajes altos de pérdida de tiempo de entrenamiento y partido (10)(10). En el caso de la lesión del ligamento cruzado anterior, el jugador se ausenta por un mínimo de 6 meses de la actividad deportiva competitiva. La ruptura del LCA trae como consecuencia cirugía reconstructiva, prolongada rehabilitación y ausencia de participación deportiva. A largo plazo, los atletas que se desgarran este ligamento tienen un mayor riesgo de osteoartritis prematura (11).

Por dichos motivos la prevención puede desempeñar un rol muy importante como herramienta necesaria para disminuir los altos niveles de lesiones de este ligamento.

Para evitar daños consecuentes o lesiones recurrentes en la rodilla, es de suma importancia una buena estabilidad funcional de la rodilla. La estabilidad no solo previene lesiones, sino que también es crucial para optimizar los movimientos específicos del handball (6).

Actualmente existen diversos programas de ejercicios para prevenir las lesiones de rodilla y más específicamente del LCA. De esa manera se busca disminuir los riesgos de lesión de dicho ligamento.

Estos programas enfatizan el entrenamiento neuromuscular y propioceptivo para reducir las fuerzas de aterrizaje y los momentos de aducción y abducción. En estas intervenciones se incorporan ejercicios de estiramiento, fortalecimiento y equilibrio, así como ejercicios que promueven la conciencia de las posiciones de alto riesgo, mejoran la agilidad específica del deporte y mejoran la técnica (12)(13). Los mismos incluyen ejercicios de salto, ejercicios de aterrizaje, ejercicios propioceptivos, ejercicios pliométricos y ejercicios de fuerza para cuádriceps, isquiotibiales y músculos del core (14).

Según un estudio sobre eficacia se descubrió que los programas de prevención neuromuscular y propioceptiva pueden reducir las lesiones de rodilla en un 26,9 % y las lesiones del LCA en un 50,7 % (12) (13).

A partir de la información consignada en este trabajo, conocemos la elevada tasa de incidencia de lesiones de LCA en el handball y la importancia de llevar a cabo

programas preventivos, para poder reducir dicha incidencia. Se buscará entonces, analizar las diferentes estrategias de prevención existentes para dar respuesta al interrogante surgido: Que tipo de programas de prevención resultan eficaces para reducir las lesiones del LCA en handball.

II. Objetivos de la investigación:

II.a Objetivo general:

- Identificar y analizar programas de prevención neuromuscular eficaces para lesión del LCA en handball.

II.b Objetivos específicos

- Conocer la incidencia de lesiones de rodilla y específicamente del ligamento cruzado anterior en handball.
- Analizar los distintos programas de prevención para lesiones del LCA.
- Explicar los aportes y beneficios de programas preventivos para el ligamento cruzado anterior.
- Describir como están compuestos los programas preventivos para LCA.

III. Justificación:

Este trabajo pretende analizar los diferentes programas actuales de prevención de lesiones del ligamento cruzado anterior, para poder así identificar y describir aquellos que resultan eficaces para reducir las tasas de lesión de dicho ligamento. De este modo se intenta contribuir a un mayor desarrollo del deporte, mejorando la condición física de los jugadores, y brindando una herramienta útil al kinesiólogo desde el área preventiva.

La alta tasa de lesiones de ligamento cruzado en el handball, y la consecuente pérdida de tiempo de juego y entrenamiento, realzan la importancia de la prevención, buscando así, reducir los riesgos de lesión.

IV. Material y Métodos:

En esta investigación se realizará una revisión bibliográfica de los ejes conceptuales abordados en dicha investigación. Consultando las bases de datos Pubmed, Lilacs, Scielo, Biblioteca virtual en salud (BVS) y la Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología del MinCyT. Se utilizarán artículos científicos con una fecha de publicación con periodo entre el año 2011 y 2023.

Cuadro 1. Términos para la búsqueda en las bases de datos.

Palabra	Termino libre	DeCS	MeSH
#1	Handball		
#2	Prevención	Prevención & control	"prevention and control" [Subheading]
#3	Prevención de lesiones		
#4	Prevención de lesiones de rodilla		
#5	Lesiones en handball		
#6	Lesiones de rodilla	Traumatismos de la Rodilla	knee injuries[MeSH]
#7	Lesiones de LCA	Lesiones del Ligamento Cruzado Anterior	anterior cruciate ligament injuries[MeSH]
#8	Programas preventivos		
#9	Entrenamiento neuromuscular	Ejercicio Físico	"exercise"[MeSH]
#10	Propiocepción	Propiocepción	proprioception[MeSH]

Cuadro 2. Combinación de términos.

	Termino	Conector	Termino	Conector	Termino
#11	#1	AND	#3		
#12	#1	AND	#3	OR	#2
#13	#6	AND	#7		
#14	#5	AND	#6	OR	#7
#15	#9	AND	#3	OR	#4
#16	#8	OR	#9	AND	#10

V. Marco teórico

V.1 Anatomía de rodilla

La rodilla se encuentra formada por tres componentes óseos: el fémur, la tibia y la rótula; y por dos articulaciones: femoropatelar y femorotibial. **(Figura 1, Tabla 1)**

El fémur es un hueso largo localizado a nivel del muslo. Está compuesto por una epífisis proximal (conformada por: la cabeza del fémur, los trocánteres mayor y menor, la línea y cresta intertrocantérea y el tubérculo cuadrado), el cuerpo femoral que presenta una cara anterior, una posteromedial, y otra posterolateral, estas dos últimas separadas por la línea áspera formada por un labio medial y otro lateral que se separan al llegar por último a la epífisis distal, donde se encuentran el cóndilo medial, y el cóndilo lateral. En cada cóndilo encontramos los epicóndilos (uno lateral y otro medial), separados por una ranura denominada surco poplíteo. Entre ambos cóndilos se encuentra la fosa intercondílea. Entre la región anterior de la epífisis distal, está la cara rotuliana que articula con la rótula.

La rótula es un hueso sesamoideo, tiene un borde superior más ancho llamado base rotuliana, un borde lateral, otro medial y un vértice inferior, se localiza en el extremo superior del ligamento rotuliano, junto con el fémur forma la articulación femoropatelar. Recibe inserción del cuádriceps femoral, mejora el mecanismo de extensión de la rodilla y protege la articulación femorotibial frente a un traumatismo directo.

La tibia también se encuentra dentro de la clasificación de huesos largos, se ubica a nivel de la pierna en dirección medial al peroné. Tiene una epífisis proximal, un cuerpo y una epífisis distal. En la epífisis proximal se encuentra un ensanchamiento medial y otro lateral denominados cóndilo medial y cóndilo lateral, este último presenta en su porción lateral y posterior la cara articular peronea. Entre ambas superficies articulares se encuentra la eminencia intercondílea donde se insertan los ligamentos cruzados y los meniscos. Esta eminencia presenta a la vez una sobreelevación de la superficie articular medial: el tubérculo intercondíleo medial, y otra de la superficie articular lateral: el tubérculo intercondíleo lateral. El cuerpo presenta tres caras, una medial, una lateral y otra posterior, y tres bordes: medial, anterior e interóseo. En la porción superior se encuentra la tuberosidad de la tibia, donde se inserta el ligamento rotuliano.

La articulación femorotibial es una articulación bicondílea, cuyas superficies articulares se encuentran conformadas por los cóndilos femorales que se articulan con los patillos tibiales, entre medio de ambas superficies se encuentran los meniscos.

La articulación femoropatelar es una diartrosis del género troclear, formada por la rótula y el fémur. (8)

Figura 1. Huesos de la articulación de la rodilla. Netter, 2011.

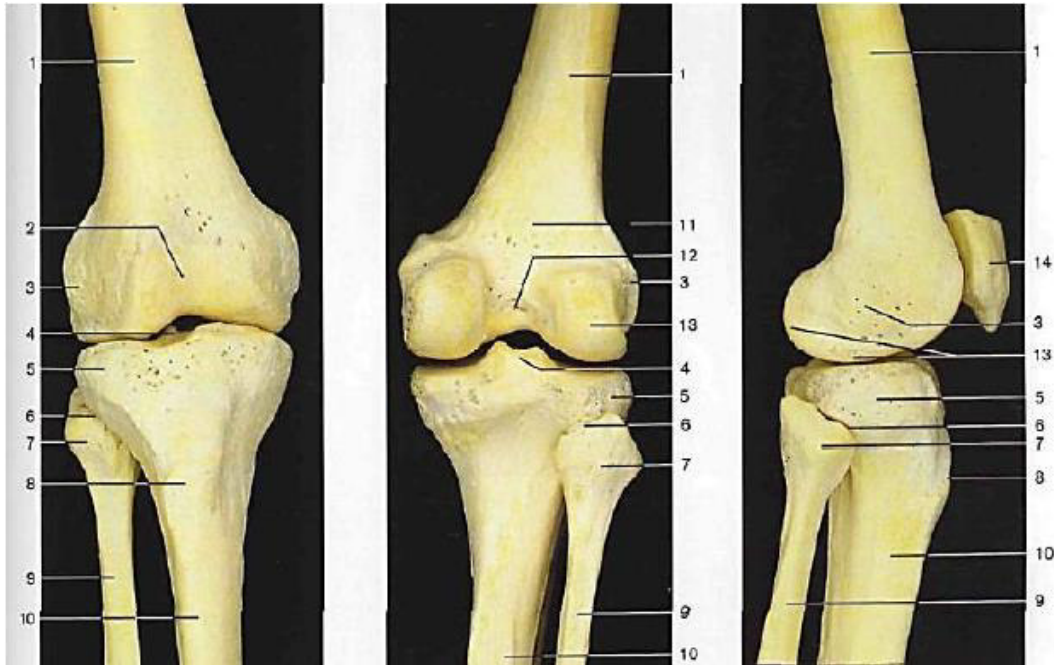


Tabla 1. Huesos de la articulación de la rodilla. Netter, 2011.

1. Fémur	8. Tuberosidad anterior de la tibia
2. Tróclea femoral	9. Peroné
3. Epicóndilo lateral del fémur	10. Tibia
4. Espina de la tibia	11. Triángulo poplíteo
5. Tuberosidad externa (cóndilo lateral) de la tibia	12. Fosa intercondílea
6. Localización de la articulación tibioperonea	13. Cóndilo lateral del fémur
7. Cabeza del peroné	14. Rotula

V.2 Complejo articular de la rodilla

La articulación de la rodilla es una articulación sinovial, formada por dos articulaciones: la femorotibial (bicondílea) y la femorrotuliana (troclear).

En la articulación femorotibial las superficies articulares están conformadas por los cóndilos femorales que se articulan con los cóndilos tibiales. Entre estas superficies articulares encontramos los meniscos, que son dos fibrocartílagos, cuya función es aumentar la profundidad de las superficies articulares. **(Figura 2)**

El menisco lateral es un anillo fibrocartilaginoso casi circular que está ubicado por debajo del cóndilo femoral lateral. Su cara lateral externa está adherida a la cápsula articular. Presenta un cuerno anterior, que se inserta en la porción lateral del área intercondílea anterior, y un cuerno posterior, que se inserta en la porción posterior del área intercondílea retroespinal, por detrás de los tubérculos intercondíleos. El ligamento meniscofemoral anterior (inconstante) se extiende desde el extremo posterior del menisco lateral hasta el cóndilo medial del fémur. Está ubicado por delante del ligamento cruzado posterior. El ligamento menisco femoral posterior se extiende desde el menisco lateral hasta la superficie peronea del cóndilo femoral medial, y se ubica por detrás del ligamento cruzado posterior. El menisco medial es un fibrocartílago en forma de C, que está ubicado por debajo del cóndilo femoral medial y está adherido al ligamento colateral tibial. Presenta un cuerno anterior que se inserta en el área intercondílea anterior, por delante de la inserción del ligamento cruzado anterior, y un cuerno posterior que se inserta en el área intercondílea posterior. (8)

Las superficies articulares están unidas entre sí por una cápsula articular y los ligamentos que la refuerzan. Dentro de estos encontramos ligamentos anteriores, posteriores, colaterales y cruzados.

V.2.1 Cápsula articular

La cápsula articular se inserta adelante: por debajo de la rótula, desde el borde inferior de su cara articular hasta el borde anterior de los tubérculos intercondíleos, y por encima de la rótula, desde el borde posterior y superior de la tróclea hasta la base de la rótula.

En dirección lateral la cápsula articular se extiende: desde la extremidad superior de la tróclea y el borde posterior de los epicóndilos arriba, hasta 4 a 5 mm por debajo del revestimiento cartilaginoso de la carilla articular superior de la tibia abajo.

En la región posterior de la rodilla la cápsula articular se inserta arriba en el fémur, 1 cm por encima del revestimiento cartilaginoso de los cóndilos femorales, profundizándose en la fosa intercondílea entre ambos cóndilos. Desde allí se extiende

hasta la porción posterior y el borde medial de la carilla articular superior hasta la inserción del ligamento cruzado anterior. (8)

V.2.2 Ligamentos

Los ligamentos anteriores están conformados por el ligamento rotuliano y el retináculo rotuliano lateral. El ligamento rotuliano es la continuación del tendón del músculo cuádriceps femoral, que se extiende desde el vértice de la rótula hasta la tuberosidad de la tibia. Tiene aproximadamente 2 a 3 cm de largo y 0,50 cm de espesor. El retináculo rotuliano lateral (aleta rotuliana lateral) está formado por fibras de las aponeurosis de los músculos vasto lateral y recto femoral, y del tracto iliotibial. Se extiende desde el borde lateral de la rótula hasta la porción lateral de la tuberosidad tibial. El retináculo rotuliano medial (aleta rotuliana medial) está formado por fibras del músculo vasto medial ubicadas en dirección medial a la rótula. Se extiende desde la porción medial de la tuberosidad tibial hasta el borde lateral de la rótula.

Los ligamentos posteriores son el ligamento poplíteo oblicuo y el ligamento poplíteo arqueado. El ligamento poplíteo oblicuo está formado por un conjunto de fibras que se extienden desde la inserción del músculo semimembranoso en dirección superior y lateral, reforzando la pared posterior de la cápsula articular. El ligamento poplíteo arqueado está formado por fibras que se extienden desde la cabeza del peroné, pasando por encima del origen del músculo poplíteo, hasta llegar a la pared posterior de la cápsula articular.

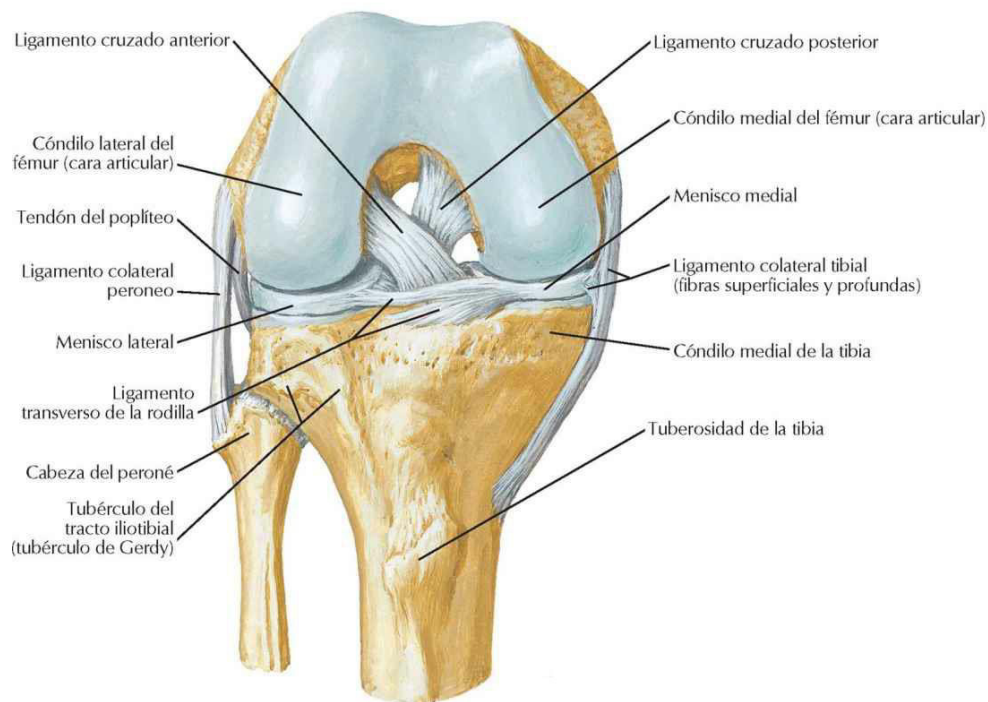
Los ligamentos colaterales tibial y peroneo refuerzan la cápsula articular en sus caras medial y lateral, respectivamente. El ligamento colateral tibial se extiende desde el cóndilo femoral medial hasta la tibia, superficial al tendón reflejo del músculo semimembranoso. El ligamento colateral peroneo se extiende desde el cóndilo femoral lateral hasta la cabeza del peroné. No está adherido firmemente a la cápsula articular ni a los meniscos.

Los ligamentos cruzados están ubicados en la profundidad de la articulación de la rodilla. Son dos ligamentos fuertes, anteriores y posteriores, según su inserción en la tibia. El ligamento cruzado anterior se extiende desde la porción superior y posterior de la región intercondílea anterior, hasta la cara medial del cóndilo femoral lateral. El ligamento cruzado posterior está formado por fibras de tejido conjuntivo que unen la región intercondílea posterior con la porción anterosuperior de la cara lateral del cóndilo femoral medial. Estos dos ligamentos son extrasinoviales y se cruzan en dirección anteroposterior y transversal: en el cóndilo femoral lateral se inserta el ligamento anterior y en el cóndilo femoral medial el ligamento posterior. (8)

V.2.3 Sinovial

La membrana sinovial reviste la cápsula articular por su cara medial, alcanzando el fémur, la rótula y la tibia. En dirección anterior la sinovial forma un receso por encima de la rótula. En dirección inferior a la rótula la sinovial forma un repliegue que generalmente contiene tejido adiposo que se denomina pliegue sinovial infrarrotuliano. Este pliegue se extiende desde el cuerpo adiposo infrarrotuliano hasta los ligamentos cruzados. A nivel del cuerpo adiposo infrarrotuliano el pliegue sinovial infrarrotuliano se divide en los pliegues alares, que terminan en los bordes laterales de la rótula. En dirección medial y lateral la sinovial y la cápsula articular están interrumpidas por los meniscos. En dirección posterior la sinovial tapiza la cara profunda de los cóndilos e ingresa en la fosa intercondílea para pasar por delante de los ligamentos cruzados. (8)

Figura 2 Rodilla derecha en flexión, vista anterior, Netter, 2019.



V.3 Biomecánica de rodilla

La rodilla es la articulación intermedia del miembro inferior. Principalmente es una articulación de un solo grado de libertad, la flexo extensión. En la flexión se aproximan las caras posteriores de la pierna y del muslo. En la extensión la pierna queda en

prolongación al muslo. Estos movimientos se producen por el desplazamiento de los cóndilos sobre la superficie tibial y meniscal.

La rodilla trabaja esencialmente en compresión, bajo la acción de la gravedad.

De manera accesoria, posee un segundo grado de libertad: la rotación sobre el eje longitudinal de la pierna, que solo es posible cuando la rodilla esta flexionada.

Desde el punto de vista mecánico, la articulación de la rodilla debe conciliar dos imperativos contradictorios que son: estabilidad y movilidad.

El poco acoplamiento de las superficies articulares que componen la rodilla, la exponen a esguinces y luxaciones. En flexión, posición de inestabilidad, la rodilla está expuesta al máximo de lesiones ligamentosas y meniscales. En extensión está más vulnerable a fracturas articulares y a rupturas ligamentarias. (9)

V.3.1 Estabilidad de rodilla

La rodilla es una de las articulaciones más complejas del aparato locomotor por el equilibrio que guardan los distintos componentes óseos y las partes blandas, esto explica porque es tan difícil recuperar la función pérdida cuando el traumatismo es importante.

Las superficies articulares (condílea en el fémur y aplanada en la tibia) mantienen su posición gracias a las partes blandas que obran como factores estabilizadores.

La estabilidad de esta articulación está dada por factores pasivos, activos, y mecanismos de coordinación y defensa.

Dentro de los estabilizadores pasivos de la rodilla encontramos los meniscos, la capsula, los ligamentos cruzados y ligamentos laterales.

Los meniscos tienen como función lograr una mejor coaptación entre los cóndilos femorales y los platillos tibiales, favoreciendo la armonía y estabilidad articular. Aseguran también, un deslizamiento suave tanto en los movimientos de flexo extensión como en los de rotación. Además, protegen el cartílago articular de los factores de carga que lo pueden llevar a un deterioro precoz. (15)

El menisco medial que como ya mencionamos, tiene forma de C abierta, posee un segmento posterior que es dos veces más ancho que el segmento anterior. Se lesiona con más frecuencia que el lateral y suele estar asociado a la lesión del LCA, ya que algunas fibras de éste se insertan en el cuerno anterior. Está anclado en la tibia, es el menisco más estable. El menisco lateral es más pequeño, circular, en forma de C cerrada. Cubre una gran parte de la interlínea femorotibial lateral. Es más móvil. (16)

Los ligamentos colaterales, conformados por el ligamento colateral tibial y el ligamento colateral peroneo, se tensan durante la extensión y se distienden durante la flexión. Estos mantienen la estabilidad lateral.

Los ligamentos cruzados como mencionamos anteriormente se dividen en anterior y posterior según su inserción en la tibia. El ligamento cruzado anterior es el principal estabilizador de la rodilla evitando la traslación anterior de la tibia. El ligamento cruzado posterior impide que la tibia se traslade hacia posterior. Estos ligamentos son extra sinoviales y se cruzan en dirección anteroposterior y transversal. **(Figura 3)**

La capsula articular que envuelve la articulación de la rodilla, cuenta con una cubierta interna denominada membrana sinovial, en la que se produce el líquido sinovial, encargado de lubricar la articulación y nutrirla. En su parte posterior cuenta con el importante refuerzo de la inserción múltiple del tendón del semimembranoso. (8)

La estabilidad de la rodilla es totalmente distinta según este ligeramente flexionada o en hiperextensión.

En alineación normal con ligera flexión, el musculo cuádriceps femoral es indispensable para la bipedestación, ya que la fuerza que representa el peso del cuerpo pasa por detrás del eje de flexoextensión de la rodilla y la flexión tiene tendencia a acentuarse por sí misma si la contracción estática del musculo cuádriceps femoral no interviene. (9)

Dentro de los estabilizadores activos encontramos los diferentes grupos musculares que atraviesan el complejo articular de la rodilla, siendo quienes brindan la estabilidad activa o dinámica.

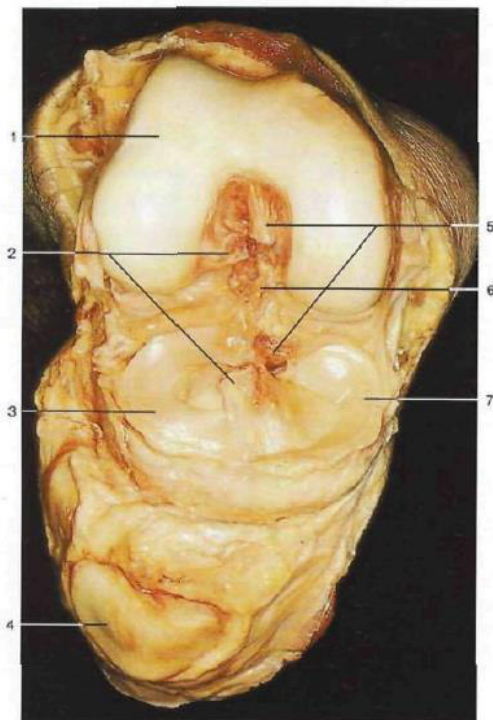
Los músculos que afectan directamente la articulación de la rodilla incluyen cuatro extensores y siete flexores. El cuádriceps femoral pertenece a los músculos extensores con sus cuatro porciones. Dentro del grupo de flexores encontramos: bíceps braquial, semitendinoso, el sartorio, el grácil, el poplíteo, gemelo y soleo.

También encontramos el músculo articular de la rodilla, el cual evita el atrapamiento de la cápsula cuando la articulación está extendida. La banda iliotibial atraviesa lateralmente la articulación y sirve para estabilizarla en extensión. El músculo plantar delgado también atraviesa la articulación de la rodilla y contribuye al movimiento de ésta.

Los músculos que trabajan en la articulación de la rodilla también pueden clasificarse en biarticulares y en monoarticulares, dependiendo del número de articulaciones que atraviesen. Como músculos biarticulares, están los que vienen de la articulación de la cadera y los que atraviesan la articulación del tobillo. Estos son: el recto femoral, bíceps braquial, semimembranoso, semitendinoso, los

gemelos, el grácil, el sartorio y la banda iliotibial. Éstos representaran su acción según el punto articular que se esté tomando como fijo y como móvil. Los músculos monoarticulares que encontramos en esta articulación son: el poplíteo, el articular de la rodilla, los vastos medial y oblicuo, el vasto intermedio y el soleo. (8) Todos los factores activos y pasivos, actúan en forma sincrónica coordinados por los reflejos propioceptivos originados en los receptores nerviosos que se encuentran en la intimidad del sistema capsuloligamentario. Se denominan mecanorreceptores, los cuales a través de impulsos permanentes mantienen el equilibrio y la postura. Cuando uno o más de estos factores se alteran por una violencia endógena o exógena, se produce la inestabilidad de la articulación. Si esta violencia actúa llevando a la rodilla a una posición forzada de valgo y en rotación externa, se lesionarán las estructuras capsulo ligamentarias internas, el menisco interno y el LCA, según la intensidad del trauma. Si la rodilla es forzada en varo-rotación interna, la fuerza repercutirá sobre el compartimento externo y se lesionaran el ligamento colateral externo, el menisco y los ligamentos cruzados. (15)

Figura 3. Anatomía de la rodilla, Netter 2011



1. Fémur
2. Ligamento cruzado anterior
3. Menisco lateral
4. Rotula

5. Ligamento cruzado posterior
6. Ligamento meniscofemoral
7. Menisco medial

V. 4 Handball

El handball es un deporte de pelota en el que se enfrentan dos equipos. Cada equipo se compone de siete jugadores (seis jugadores de campo y un arquero), pudiendo el equipo contar con otros nueve jugadores suplentes que pueden intercambiarse en cualquier momento con sus compañeros, siendo estos cambios, ilimitados. Se juega en un campo rectangular, de 40 por 20 metros, con un arco a cada lado. El objetivo del juego es desplazar una pelota a través del campo, utilizando las manos, para intentar introducirla dentro del arco contrario, acción que se denomina gol. Para marcar goles, los jugadores intentan establecer una posición óptima para el lanzador mediante movimientos rápidos, realizando cambios de dirección (con y sin pelota), acciones de uno contra uno, y pases utilizando diferentes tácticas ofensivas.(4) El equipo que marque más goles al concluir el partido, es el que resulta ganador, pudiendo darse también el empate. Un partido se compone de dos tiempos de treinta minutos, con un descanso intermedio de diez minutos.

En nuestro país el handball es amateur, mientras que en Europa, hay ligas profesionales en más de 15 países (Alemania, España, Francia, Croacia, Serbia, Dinamarca, entre otros) (3)

Hay seis posiciones de juego diferentes en la cancha. Estas son: extremo izquierdo, lateral izquierdo, central, lateral derecho, extremo derecho y pivote). A estas posiciones se le suma la del arquero, el cual juega en una zona específica.

Cada posición tiene sus propias características y exigencias técnicas. (3)

En cuanto al desarrollo del juego es un deporte de alta intensidad y alto impacto. Involucra fuerte contacto físico, que hasta cierto punto es permitido por el reglamento. Impone grandes demandas en el sistema neuromuscular y sistema musculoesquelético.

El handball es uno de los deportes de equipo más rápidos, caracterizado por saltos repetidos, sprints, cambios de dirección, contacto a alta velocidad, y movimientos técnicos específicos, de pasar, atrapar, lanzar, controlar y bloquear, que ocurren en respuesta a las diversas situaciones tácticas del juego. (3) (17)

Las características propias del deporte, el alto impacto y el contacto físico a gran velocidad exponen al jugador a un riesgo extremadamente alto de lesiones. (1) (18)

V.4.1 Lesiones en el Handball

El handball es uno de los deportes que presenta mayor riesgo de lesión. Las mismas se presentan como consecuencia de desequilibrios anatómicos fisiológicos, factores de riesgo y una situación que la provoca.

La lesión deportiva la definiremos como “todo daño físico que ocurre durante la práctica del balonmano, entrenamiento o partido, y que genera la incapacidad del jugador para participar completamente en un entrenamiento o partido”. (19)

Las lesiones pueden clasificarse a grandes rasgos en agudas o crónicas. En el caso de las primeras, se caracterizan por ser repentinas a partir de un hecho traumático. En cuanto a las segundas, se inician de manera lenta e insidiosa y el daño aumenta de manera gradual en la estructura afectada. Estas no dependen de un único episodio traumático, sino que se desarrollan en el transcurso del tiempo.

El aumento de la velocidad del juego, el número de partidos por temporada y las demandas físicas y fisiológicas crecientes sobre el sistema musculoesquelético han aumentado el riesgo de lesiones para los jugadores de handball. Evidencia científica ha demostrado una mayor prevalencia de lesiones en los miembros inferiores que en los miembros superiores, cabeza y cuello. (5) (20)

En un estudio realizado en el Campeonato Mundial de handball en Qatar 2015, se encontró que el 58,3 % de las lesiones se localizaban en las extremidades inferiores, mientras que el 16,7 % afectaba a las extremidades superiores. (18)

En cuanto a la localización de las lesiones de miembro inferiores, las lesiones de rodilla y tobillo son las más frecuentes. Justamente estas articulaciones son las que soportan la mayor carga durante el desempeño del jugador, el cual como ya se mencionó anteriormente, se compone de cambios de dirección, saltos, lanzamientos y sprints.

Un estudio epidemiológico de lesiones en handball mostro que las más frecuentes porcentualmente fueron las de tobillo (18,1%) y rodilla (15,3%), seguidas de las del muslo (12,9%) y de la región lumbar (10,6%). Las lesiones de las extremidades superiores fueron menos frecuentes, con las de muñeca y mano (10,4%) y hombro (7,7%) como más representativas. Las estructuras más afectadas en orden de frecuencia fueron las ligamentosas (27,3%), musculares (20,5%), hematomas y bursitis traumáticas (9,5%), sinoviales y bursas (9%), tendinosas (7,4%), cartílagos (5,2%) y fracturas agudas (4,7%). (6) (19)

Por otro lado, un estudio realizado a 109 jugadores de handball de las dos mejores ligas de Islandia confirmo que las articulaciones más lesionadas en el miembro inferior

fueron la rodilla (30,23 %) y el tobillo (24,80%). Además, proporciono que las más comunes fueron ligamentosas, como los ligamentos peroneoastragalino y el LCA. (5) Con más del 15 % de las lesiones deportivas, el handball es el segundo deporte más lesionado en Alemania después del fútbol. Registros de lesiones dentro de una temporada de balonmano profesional en dicho país muestra que los jugadores tienen un nivel extremadamente alto de riesgo de lesión. Con más del 14 %, la articulación de la rodilla es la más común de las articulaciones afectadas. (1)

En mayor medida estas lesiones se dan por situaciones sin contacto, ósea, sin ningún contacto directo o indirecto de otras fuentes externas. Y a menudo casos graves conducen a largos periodos de recuperación, especialmente en la articulación de la rodilla. Dentro de las situaciones más frecuentes sin contacto en este deporte encontramos, una finta o la acción de aterrizaje en una sola pierna, generalmente asociadas con factores de riesgo intrínsecos, como lesiones previas y déficits atléticos o regenerativos. (5)

Tomando la articulación de la rodilla, es el ligamento cruzado anterior el más comúnmente afectado, debido a los movimientos de salto y frenado que son típicos del juego en deportes de pelota como el handball. (21) (22)

La unilateralidad de las acciones de juego, inestabilidad y contacto para situaciones aéreas, es la causa más importante de lesiones agudas o traumatismos en las extremidades inferiores (p. ej., esguinces de ligamentos y fracturas óseas), mientras que la alta velocidad de contracción muscular requerida por ciertos movimientos y desplazamientos causan la mayoría de las lesiones por sobreuso o sobrecarga (p. ej., roturas) (5)

El primer tipo de lesión se produce por la aparición brusca de la patología, o el dolor, que en el balonmano suele ser causado por acciones de aterrizaje y lanzamiento. Por otro lado, el término "lesión por uso excesivo" se aplica comúnmente a las lesiones de inicio gradual que carecen de un evento desencadenante repentino definible, que ocurre junto con carreras de velocidad u otras acciones de desplazamiento de alta intensidad, como por ejemplo, cambios de dirección. Otro factor determinante de las lesiones en el handball es la fatiga por la acumulación de tiempo de juego durante los partidos. (5)

Cuando buscamos diferenciar los momentos, encontramos que el riesgo de lesión durante la competición es de 3 a 10 veces mayor que en un entrenamiento o sesión preparatoria. (5)

En cuanto a estas diferencias entre entrenamiento y competencia, Henke, Schultz y Wilke dan en un estudio sobre jugadores profesionales de handball 0,7 lesiones/ 1000

horas de entrenamiento, y 46, 5 lesiones/ 1000 horas de competencia. Resultados similares se dan para las lesiones específicas del LCA. (6)

V.5 Ligamento cruzado anterior y ligamento cruzado posterior

Los ligamentos cruzados están situados en pleno centro de la articulación, alojándose mayoritariamente en la fosa intercondílea.

El ligamento cruzado anterior estructuralmente está compuesto por fibras de colágeno tipo 1, rodeadas de tejido conjuntivo laxo y tejido sinovial.

Es uno de los cuatro ligamentos principales que estabilizan la articulación de la rodilla, es completamente intracapsular y descansa sobre la muesca intercondílea distal del fémur, se extiende caudalmente de la superficie posteromedial del cóndilo lateral del fémur hasta la superficie pre espinal a lo largo de la glenoide interna, en la tibia. Su trayecto es oblicuo hacia arriba, hacia atrás y hacia afuera. Está compuesto por dos haces, el anteromedial y el posterolateral que obtienen su nombre con base en sus respectivas inserciones en la tibia. Los haces trabajan juntos para mantener la estabilidad de la rodilla, otorgando gran estabilidad anteroposterior y rotatoria, evitando que la tibia se deslice hacia adelante en relación con el fémur (**Figura 4**). (9)(23)

- El fascículo posterolateral (PL) se refiere al más posterior y externo en la tibia y al más posterior y distal en el fémur. Es el que resiste en las rupturas parciales. Junto con el ligamento lateral interno, brindan la estabilidad rotacional.
- El fascículo antero medial (AM) es el más anterior e interno en la tibia y el más proximal y anterior en el fémur. Es el más expuesto a traumatismos. La cirugía de reconstrucción restablece este fascículo, el cual asegura la estabilidad anteroposterior.
- Algunas bibliografías también describen un Haz intermedio.

En conjunto su forma se muestra torcida sobre sí misma, sus fibras más anteriores sobre la tibia presentan inserciones más inferiores y anteriores en el fémur, y sus fibras más posteriores sobre la tibia se insertan en la parte más superior del fémur. Según F. Bonnel, la longitud de las fibras del ligamento cruzado varía entre 1,85 y 3,35cm, esa gran diferencia existe según la localización de las fibras. En la posición de extensión de rodilla, las fibras AM y PL se encuentran paralelas, al contrario de lo que sucede en la flexión a 90°, donde las fibras se cruzan y el ligamento se enrolla sobre su propio eje.

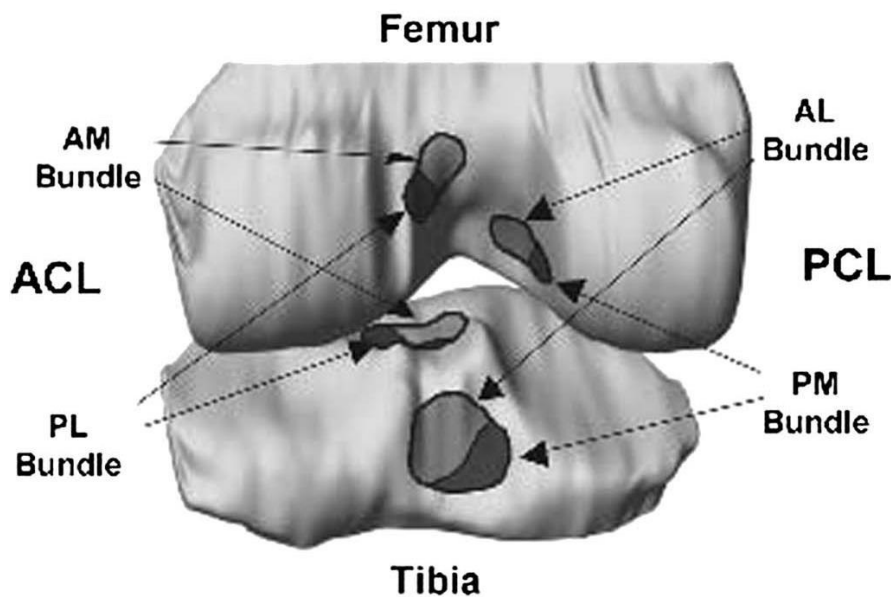
La vascularización es escasa, depende de la arteria geniculada media, con suministro adicional proveniente de las arterias geniculares inferomedial e inferolateral. Su inervación está dada por ramificaciones del nervio tibial. (24)

El ligamento cruzado posterior (LCP) presenta su inserción tibial en la parte más posterior de la superficie retroespinal, se localiza hacia atrás de la inserción de los cuernos posteriores de los meniscos interno y externo. Su recorrido es hacia adelante, hacia adentro y hacia arriba para insertarse en el fémur donde ocupa el fondo de la bolsa intercondílea. **(Figura 4)**

Está compuesto por tres haces:

- El posteroexterno, es el más posterior sobre la tibia y el más externo en el fémur.
- El haz anterointerno, el más anterior en la tibia y el más interno en el fémur.
- El haz meniscofemoral de Wrisberg.

Figura 4. Disposición de los ligamentos cruzados, 2012 (25)



IV.5.1 Función mecánica de los ligamentos

Globalmente los ligamentos cruzados aseguran la estabilidad anteroposterior de la rodilla a la par que permiten los movimientos de charnela manteniendo las superficies articulares en contacto. (9)

Partiendo de una flexión de rodilla mínima de 30°, los ligamentos están igual de tensos, la flexión hace bascular la base femoral, mientras que el ligamento cruzado posterior se endereza y el LCA se horizontaliza. A los 60°, hay un desplazamiento hacia arriba de la zona de inserción femoral del LCP y un desplazamiento hacia debajo de la zona de inserción femoral del LCA. Progresando hacia los 90° y luego a 120°, el LCP se endereza verticalmente y se tensa proporcionalmente más que el ligamento cruzado anterior (en este último las fibras medias e inferiores están distendidas, y las anterosuperiores están tensas) el cual se enrosca sobre su eje y las fibras AM y PL se cruzan; en el LCP las fibras posteriores están poco distendidas y las anteroinferiores están tensas.

Trabajos de F. Bonnel confirman que:

- El ligamento cruzado posterior está tenso en flexión.
- El ligamento cruzado anterior se tensa en extensión y es uno de los frenos de la hiperextensión.

Un análisis de las condiciones mecánicas de Roud, afirma también que:

- Los cruzados permanecen siempre tensos en algunas de sus fibras, en razón de su desigual longitud.

Propuestas contradictorias pero que se complementan y una no excluye a la otra. (9)

IV.5.2 Lesiones ligamentarias

Los ligamentos están expuestos a sufrir lesiones tanto agudas como crónicas, por uso excesivo.

Por lo general, se lesionan mediante un traumatismo agudo, el mecanismo de lesión consiste en una sobrecarga repentina con distensión del ligamento mientras la articulación se encuentra en una posición extrema. Las roturas pueden producirse en la sustancia del ligamento o en el sitio de unión del ligamento con el hueso, donde a veces se pueden observar fracturas por avulsión, que se da cuando el ligamento arranca una porción del hueso.

Las lesiones por uso excesivo no son frecuentes, puede deberse a la elongación del ligamento tras microtraumatismos repetidos.

El esguince de la rodilla es causado por un movimiento forzado en varo o valgo con flexión y rotación o hiperextensión. La descripción del movimiento lesivo, en conjunto con el examen clínico, puede ayudar a determinar el tipo y la localización de las lesiones.

Las lesiones ligamentarias se clasifican en leves, moderadas y graves. (Tabla 2.)

Tabla 2. Clasificación de lesiones ligamentarias.

Grado I	Simple distensión del ligamento. Daño estructural a nivel microscópico, con escaso dolor local. Es el menos grave, es el resultado de un estiramiento menor de los ligamentos. No hay laxitud en los test.
Grado II	Ruptura parcial del ligamento. Es el resultado del estiramiento y parcial desgarró de los ligamentos. Edema visible y dolor manifiesto. Sin compromiso de la estabilidad. En el caso de la rodilla, puede lesionarse la capsula y los meniscos con consecuente hemartrosis.
Grado III	Ruptura total del ligamento o avulsión de su inserción ósea. Es el más grave. Rotura completa del ligamento, con edema importante, dolor intenso y gran inestabilidad. Contractura antiálgica, movilidad disminuida y laxitud en los test.

V.5.3 Lesión del ligamento cruzado anterior

La mayoría de las lesiones de LCA se produce como consecuencia de traumatismos indirectos sobre la rodilla durante la práctica deportiva. Aproximadamente, el 80% de los desgarró de ligamento cruzado anterior relacionados con los deportes son lesiones sin contacto, que ocurren durante el aterrizaje tras un salto, y lesiones por corte y freno, que implican movimientos con cambio de dirección y desaceleración. Donde se observa una falla en los elementos estabilizadores de la rodilla.

Como dijimos anteriormente una de las lesiones más frecuentes en los miembros inferiores en jugadores de handball es la rotura parcial o total del LCA. Además, la incidencia de esta lesión aumenta cuanto mayor sea el nivel de competencia. (5) (26)

Se sabe que los atletas involucrados en saltos, pivoteos o cambios de dirección, están en riesgo de lesiones graves en la rodilla, incluidas entre ellas los desgarró del LCA. (12)

Tales lesiones sin contacto son según Stoffels et al, responsable de hasta el 72- 95% de las roturas de ligamentos cruzados. Aquí va a depender en parte de la posición del jugador y el perfil de movimiento asociado.

Dado que el ligamento cruzado anterior tiene una función importante para la cinemática de la articulación de la rodilla, una rotura del mismo tiene graves consecuencias para el atleta en cuestión. La inestabilidad crónica puede afectar directamente el rendimiento deportivo. A largo plazo, los eventos de subluxación recurrentes provocan daños en el menisco y el cartílago. Por otro lado, la incidencia de osteoartritis aumenta significativamente en los atletas con un desgarro del LCA. (21)

V.5.4 Mecanismo de lesión

Según estudios basados en análisis de video, las lesiones del ligamento cruzado anterior ocurren principalmente sin la influencia directa del oponente. Entre el 72 y el 95 % de las roturas de ligamentos cruzados se producen en las denominadas situaciones sin contacto. Las situaciones de juego más peligrosas en los deportes de pelota son: aterrizaje después de un salto, frenos repentinos con cambio de dirección y movimientos bruscos de giro. (21) (27)

Los ligamentos cumplen una función muy importante en la estabilidad de la rodilla y por lo tanto su ruptura llevará a una inestabilidad ya sea aguda o crónica.

Las lesiones de los ligamentos de la rodilla habitualmente se presentan en estas situaciones:

- Mecanismo con rodilla en semiflexión, valgo forzado y rotación lateral de la tibia: puede producir una lesión del ligamento colateral tibial, ruptura del menisco medial y ruptura del ligamento cruzado anterior. Este conjunto de lesiones corresponde a la llamada tríada maligna de O'Donogue.
- Mecanismo con rodilla en ligera flexión, varo forzado y rotación medial de la tibia que provoca la lesión del ligamento cruzado anterior, luego una lesión de ligamento colateral peroneo y ruptura meniscal medial o lateral.
- Mecanismo con rodilla en extensión y valgo forzado que provocará una lesión del ligamento colateral tibial y secundariamente una lesión del ligamento cruzado anterior o del posterior.
- Mecanismo con rodilla en extensión y varo forzado que producirá una lesión del ligamento colateral peroneo y de los ligamentos cruzados posterior y anterior.

Un choque directo sobre la cara anterior de la rodilla puede provocar una lesión de ligamento cruzado posterior. La hiperextensión brusca puede provocar una lesión pura de ligamento cruzado anterior. (8)

Según análisis de video sobre la situación típica del LCA en los deportes de pelota, la rodilla está en el momento de la lesión en ligera flexión y posición de valgo. El centro de gravedad está detrás de la rodilla. **(Figura 5)** (21)

La mayoría de los atletas informaron que la suela del zapato estaba fijada al suelo en el momento de la lesión y que no era posible la rotación del pie. El centro de gravedad del cuerpo está detrás del centro de la articulación de la rodilla en el momento de la ruptura. En esta posición, el aumento de la contracción del cuádriceps femoral lateral provoca la traslación tibial anterior con rotación externa femorotibial y la subsiguiente tensión alta del ligamento cruzado anterior. Los isquiotibiales tienen un brazo de palanca incómodo para proteger el ligamento cruzado anterior en esta posición. Además, en esta posición, las caderas deben estar flexionadas para mantener el equilibrio; Esto conduce a una fuerte tensión en el músculo cuádriceps. Colby et al pudieron usar EMG de superficie para mostrar que estos movimientos están asociados con una fuerte activación del cuádriceps. Por el contrario, la actividad de los músculos isquiotibiales fue baja. (21)

Figura 5. Situación de lesión típica del LCA en los deportes de pelota



En esta posición, la tensión es máxima en el ligamento cruzado anterior, el músculo cuádriceps se carga de manera excéntrica y los agonistas musculares del ligamento cruzado anterior, los isquiotibiales, tienen una palanca difícil para asegurar la meseta tibial.

V.5.5 Factores de riesgo

Dentro de los factores que contribuyen a la lesión tenemos intrínsecos y extrínsecos. En el caso de los primeros incluyen edad, calidad anatómo- fisiológica del jugador, como lo son los desequilibrios musculares, la falta de flexibilidad y la capacidad que posee el cartílago de responder a la tensión repetida. A todo esto, se le suman las lesiones previas, la preparación física inadecuada y los factores psicológicos.

Por otro lado, dentro de los factores extrínsecos, tenemos durante el entrenamiento, progresiones inadecuadas, intervalos de descanso insuficientes, equipamiento deportivo inadecuado, mala técnica deportiva y el material del piso donde se juega.

Pero además podemos hacer una segunda clasificación de estos factores en aquellos modificables y no modificables. Y es esta clasificación la que nos resultara más interesante, ya que aquellos factores modificables serán donde tendremos que centrar nuestra atención.

Los factores de riesgo para sufrir una lesión en la articulación de la rodilla o en el ligamento cruzado se resumen en la **tabla 3**.

Dentro de los factores de riesgo generales no modificables para sufrir una reruptura tras la reparación del LCA son la edad y el sexo. Los pacientes menores de 20 años y las mujeres tienen un riesgo significativamente mayor de reruptura después de la reparación del LCA. También se dice que la laxitud general de los ligamentos representa un factor de riesgo. Los factores de riesgo modificables incluyen el tipo de deporte, el estado hormonal y el estado neuromuscular del atleta. (21)

Numerosos estudios han demostrado que los atletas de alto riesgo tienen factores de riesgo neuromusculares específicos. Estos factores de riesgo incluyen dominancia del cuádriceps, debilidad de los flexores y valgo dinámico con déficit en el control de la cadera y el tronco. Se ha demostrado que los atletas de alto riesgo activan el músculo cuádriceps antes que los isquiotibiales, que protegen el ligamento cruzado anterior. También se han descrito déficits de fuerza en los músculos flexores en atletas de alto riesgo.

Además, se identificaron patrones de movimiento peligrosos como son el aterrizaje después de un salto con una posición de rodilla en valgo (plano frontal) con solo una ligera flexión y el centro de gravedad del cuerpo detrás de la articulación de la rodilla (plano sagital). La posición de la rodilla en valgo también se conoce como valgo dinámico.

La detección de la posición funcional en valgo de la articulación de la rodilla resulta muy importante, ya que el colapso en valgo de la articulación de la rodilla es un factor de riesgo para sufrir una rotura del LCA y una nueva rotura tras una cirugía de sustitución del LCA. (21)

En esta línea, Oshima et al informaron que los jugadores que sufrieron lesiones del LCA tenían un equilibrio estático deficiente en comparación con los jugadores que no sufrieron lesiones, y concluyeron que el entrenamiento del equilibrio es efectivo para prevenir las lesiones del LCA sin contacto. (18)

Tabla 3. Factores de riesgo de lesiones de rodilla y/o LCA. (28)

Factores de riesgo no modificables	Factores de riesgo modificables
<ul style="list-style-type: none"> - Edad: < 20 años - Género femenino - Estado hormonal: fase preovulatoria sin anticoncepción - Deportes: fútbol, balonmano, baloncesto, esquí alpino - Escotadura intercondílea estrecha - Laxitud ligamentosa generalizada - Pie pronato valgo - Suelo sintético o césped - Antecedentes de lesiones musculares, tendinosas, de rodilla o de tobillo - Enfermedad infecciosa - Malas condiciones climáticas (deportes al aire libre) 	<ul style="list-style-type: none"> - Valgo dinámico - Baja flexión de cadera y rodilla durante el aterrizaje - Mal control de cadera y tronco. - Debilidad de los flexores de la rodilla y los abductores de la cadera (en relación con los extensores de la rodilla) - Activación retardada de flexores - Déficits propioceptivos - Fatiga muscular - Mala salud general

V.5.6 Patrón lesional en jugadores de handball

Como momentos críticos y desencadenantes de lesión del LCA específicamente en jugadores de handball se pueden identificar dos: el aterrizaje después del lanzamiento suspendido en una pierna, así como el rápido cambio de dirección con excesivo valgo y rotación externa. (1)

Debemos tener en cuenta que el lanzamiento suspendido es la técnica de lanzamiento más aplicada (>75%) en el handball. Por lo que será una situación sumamente repetitiva en el juego. La ventaja de esta técnica de lanzamiento es que permite una mejor posición de lanzamiento, poder lanzar por encima del bloqueo rival, y dar mayor tiempo para la toma de decisiones (lanzar, pasar y darle dirección del lanzamiento) (4) En principio, la deriva en valgo que promueve la lesión poco después del aterrizaje con una pierna o la fase de estabilización puede ser causada por una falta de fuerza en los

estabilizadores de la cadera y el tronco con la consiguiente inclinación de la pelvis hacia el lado opuesto, eversión excesiva de la parte inferior del tobillo, una falta de habilidades coordinativas y propioceptivas o una combinación de las anteriores para ser desencadenadas. Los déficits propioceptivos en el control del tronco y los déficits de fuerza en los rotadores externos y abductores de la cadera también podrían demostrarse en atletas de alto riesgo. Sin embargo, la posición de valgo dinámico puede ocurrir distalmente en el área del tobillo (eversión) y el pie (rotación externa). También se ha observado un "dominio de piernas" excesivo en atletas de alto riesgo. (21)

Otro factor diferenciador parece ser la capacidad de activación de los músculos isquiotibiales, cuando, por ejemplo, en el lanzamiento suspendido, no son capaces de reclutar un necesario número de fibras de la musculatura isquiotibial para estabilizar la articulación de la rodilla y así evitar movimientos de rotación excesivos. Además, los altos niveles de fatiga en este grupo muscular parecen estar relacionado con un mayor riesgo de lesión del LCA. (5)

El segundo momento crítico se ve durante los movimientos de corte lateral sin contacto. Esta maniobra de corte lateral suele ser muy abrupto y explosivo, con un cambio angular muy grande de dirección, siendo este movimiento distintivo en comparación a otros deportes de pelota. Basado en exámenes de grabaciones de video durante partidos de handball Olsen et al, informo que la lesión de LCA parecía ocurrir al realizar una maniobra de corte lateral con poca flexión de rodilla y excesivo valgo y rotación externa. Simultáneamente se observa cadera en abducción y rotación interna. (29)

Otros factores considerados clave son: capacidad reducida para evitar acciones propensas a lesiones debido a un menor nivel de habilidad, inadaptación a la competencia, requisitos condicionales, y la falta de estrategias de prevención o recuperación individualizadas y procesos en categorías competitivas juveniles de handball. (5)

V.5.7 Diagnostico

El diagnóstico de esta lesión se realiza en un primer momento por anamnesis, interrogando sobre el mecanismo de lesión. Posteriormente, mediante la exploración clínica valoramos la inestabilidad articular. Finalmente, utilizando los métodos de diagnóstico por imagen, principalmente la Resonancia Magnética (RM), se confirmará el diagnóstico.

El paciente se presenta clínicamente con dolor e incapacidad funcional. Durante el interrogatorio clínico, el 40% de los pacientes refieren haber sentido un chasquido en el momento de la lesión, seguido de una sensación de luxación y, en la mayor parte de los casos, con una incapacidad para continuar la actividad deportiva.

En las horas siguientes, alrededor del 70% de los pacientes lesionados desarrollará hemartrosis severa, por lo que, durante la exploración física, es frecuente encontrar una pérdida de los contornos normales de la articulación y una inflamación importante. La inestabilidad articular se podrá evaluar utilizando pruebas o maniobras, donde se debe comparar con la rodilla no lesionada para descartar casos de hiperlaxitud ligamentaria. Las maniobras utilizadas son: cajón anterior, lachmann-trillat, pivot shift y lever sing test.

La maniobra de cajón anterior se realiza con el paciente en decúbito supino, la rodilla en flexión de 90° grados y el pie apoyado en la camilla, el examinador bloquea el pie apoyado sentándose encima, para a continuación sujetar con ambas manos el tercio superior de la pierna, con los dedos pulgares sobre la tuberosidad anterior de la tibia, y traccionar hacia sí. Si el test es positivo, se manifiesta un desplazamiento hacia delante de la tibia sobre el fémur, debido a la ruptura del ligamento cruzado anterior.

Lachmann-trillat se realiza con la rodilla en extensión, una mano sujeta la cara posterior del muslo mientras que la mano anterior, sujetando el extremo superior de la pierna intenta movilizarla hacia adelante, atrás y viceversa. Si se percibe un desplazamiento hacia delante, es positiva para ruptura de LCA y se denomina "Lachmann anterior". Presenta una sensibilidad del 85 % y una especificidad del 94% para la ruptura de este ligamento.

Pivot Shift se realiza con el paciente en decúbito supino, la mano del examinador sujeta el pie por la cara anterior del tobillo pasando por detrás del mismo y provocando una rotación interna mediante la extensión de muñeca, la posición de partida de la rodilla es la extensión, la mano libre empuja entonces la rodilla hacia delante para esbozar la flexión y hacia abajo para acentuar el valgo. Durante este movimiento de flexión, hacia los 25 - 30 grados, después de haber hecho frente a una resistencia se percibe de repente un desbloqueo , mientras que se observa al cóndilo femoral

externo saltar literalmente por delante de la meseta tibial externa. Ese resalto indica una ruptura del LCA. (9)

Lever sing test con el paciente en decúbito supino, la rodilla a evaluar en extensión completa y el talo en reposo sobre la camilla, el examinador cierra el puño y lo coloca debajo del tercio proximal de la pierna para que actúe como punto de apoyo, con la otra mano, el examinador empuja en una dirección anterior y posterior en el tercio distal del muslo, si el LCA está intacto, contrarrestará la fuerza gravitacional descendente en el pie y el talón se levantará de la camilla. Si el ligamento se encuentra lesionado, el talón permanecerá en la camilla mientras la tibia se desliza. (30) (31)

Las radiografías simples se utilizan para descartar fracturas, cuerpos sueltos, enfermedad degenerativa, formación de osteofitos, arrancamientos óseos a nivel de las inserciones de los ligamentos y otras lesiones asociadas. También puede resultar diagnóstico para una fractura secundaria o avulsión de la capsula lateral, característico de un desgarro de LCA.

La artroscopia como método diagnóstico es el estándar de oro. La resonancia magnética tiene una especificidad del 95% y una sensibilidad del 86% para diagnosticar lesiones de LCA, siendo capaz de visualizar ambos haces del ligamento, lo que resulta útil para la reconstrucción quirúrgica cuando se utiliza la técnica de doble haz. (25)

V. 6 Prevención de lesiones de rodilla en jugadores de handball

Los programas de prevención de lesiones basados en evidencia están aumentando en importancia. Para poder prevenir dichas lesiones es necesario mejorar las características condicionales y optimizar las habilidades específicas en el handball. (6) Cuando hablamos de prevención de lesiones de rodilla, debemos tener en cuenta cuatro factores de protección clave que son: estabilidad, fuerza, agilidad y velocidad. Justamente cuatro estudios en handball amateur mostraron la importancia de la estabilidad para los jugadores, a menudo insuficientemente capacitados. (1)

La estabilidad funcional articular es por tanto compleja, ya que existen numerosas variables que están involucradas. Estabilidad significa la posibilidad del cuerpo humano de tener control sobre los movimientos de esa articulación. Burstein y Wright proporcionan una definición más completa, describiendo a la estabilidad funcional como la capacidad de una articulación en todo el rango de movimiento para asumir un puesto funcional adecuado.

La estabilidad articular asegura así un equilibrio funcional, y la regulación de los movimientos de traslación y rotación. Existen mecanismos de estabilización activos y pasivos. Estos mecanismos cuentan todas las fuerzas generadas por el sistema neuromuscular. (6)

Más estabilidad recibe la articulación de la rodilla a través del aparato de sujeción pasiva, existente de los ligamentos.

Las devastadoras consecuencias a corto plazo de la ruptura del LCA le dan mayor relevancia a una prevención temprana. A más largo plazo, independientemente de si se realiza o no una reconstrucción del LCA, casi todos los atletas que se desgarran dicho ligamento tienen un mayor riesgo de osteoartritis prematura (OA), particularmente en aquellos con concomitante lesión meniscal. El riesgo de osteoartritis se puede reducir con un reemplazo del ligamento cruzado, sin embargo, solo alrededor del 50% de los atletas regresan a sus niveles de actividad originales. (11) (21)

Al mismo tiempo, la tasa de nuevas rupturas es particularmente alta. Padreno et al, encontró en su investigación que el riesgo de lesión recurrente del ligamento cruzado anterior dentro de los primeros 2 años está incrementando. El 29 % de los atletas examinados sufrieron dentro de los 24 meses después de la primera rotura una nueva lesión del LCA (9% de nueva ruptura, 20,5% en la rodilla contralateral) Esta alta prevalencia de resultados adversos a largo plazo apoya la necesidad de una prevención temprana de las lesiones del LCA. (6) (13)

Por otro lado, encontramos un fuerte sustento en que aproximadamente el 80% de todos los desgarros del LCA son lesiones sin contacto, lo que nos permite pensar que un porcentaje sustancial de estas lesiones podrían evitarse. (7)

Múltiples ensayos controlados aleatorios durante las últimas dos décadas han demostrado que entre el 50- 80% de las lesiones del LCA se pueden prevenir mediante programas de entrenamiento neuromuscular. (11)

A su vez investigaciones recientes en la medicina del handball han demostrado creciente evidencia del efecto protector de los isquiotibiales mediales en la prevención del llamado colapso en valgo, considerado responsable de lesiones sin contacto del LCA. (22)

En los últimos años se han desarrollado varias estrategias para prevenir las roturas de ligamentos cruzados. Estas estrategias de prevención incluyen:

- Educación sobre mecanismos de lesión y modificación de patrones de movimiento peligrosos.
- Programas para mejorar el equilibrio y la propiocepción.

- Entrenamiento neuromuscular para optimizar la coordinación inter e intramuscular.
- Entrenamiento de fuerza de los isquiotibiales protectores, la cadera y los músculos estabilizadores del núcleo.
- Ejercicios de carrera. (21) (28)

Para concretar el objetivo de prevenir la lesión de LCA, resulta imprescindible en primer lugar identificar el patrón lesional de los jugadores, los factores de riesgo asociados y conocer los posibles mecanismos que la producen. De esta manera se podrá hacer énfasis en estos puntos a la hora de seleccionar uno u otro programa de prevención.

IV. 6.1 Programas preventivos

Actualmente existen diversos programas de ejercicios que se han diseñado para prevenir las lesiones de rodilla y más específicamente del LCA. De esa manera se busca disminuir los riesgos de lesión de dicho ligamento. Aquí encontramos por ejemplo, programas ya establecidos como: Sportsmetrics, Prevent Injury and Enhance Performance (PEP), Knee Ligament Injury Prevention Program, Knäkontroll, FIFA 11, entre muchos otros. (32)

El objetivo de estos programas de entrenamiento para la prevención de lesiones del LCA es influir en el sistema neuromuscular. Haciendo hincapié en el entrenamiento neuromuscular y propioceptivo, para reducir así las fuerzas de aterrizaje, y momentos de aducción y abducción. Esto lo consiguen a través de una combinación de ejercicios pliométricos, de fortalecimiento, estiramientos y otros ejercicios neuromusculares, así como el entrenamiento de la técnica, el equilibrio y fortalecimiento del CORE para prevenir lesiones posteriores. Además de ejercicios que promuevan la conciencia de las posiciones de alto riesgo, mejorando la agilidad y técnica específica del deporte. (12) (33) Cuentan con elementos adicionales que incluyen educación y concientización sobre posiciones de alto riesgo, modificación de la técnica, análisis de cintas de video, y ejercicios aeróbicos acondicionados. La mayoría de los programas incorporan una combinación de dos o más de los entrenamientos o elementos antes mencionados. (13)

Estos programas tienen la gran ventaja de ser económicos y con bajas barreras en cuanto a la implementación.

El efecto de las distintas medidas preventivas probablemente se base en la modificación de los patrones de movimiento de riesgo (valgo dinámico, ligera flexión de rodilla y cadera). La efectividad de la prevención aumenta si los ejercicios individuales se combinan con ejercicios específicos del deporte.

En cuanto a los posibles programas de prevención que pueden aplicarse, los factores de riesgo neuromusculares son de especial importancia al momento de la elección de los diferentes ejercicios. En un estudio realizado por Lephardt et al, emplearon herramientas de laboratorio para determinar, mediante un análisis de movimiento en 3D, los mecanismos predictivos que subyacen al aumento del momento de abducción de la rodilla durante el aterrizaje de un salto. Así, pudieron observar y demostrar que los patrones de movimiento de riesgo descritos pueden cambiarse mediante ejercicios adecuados bajo supervisión. (21) (34)

Ahora bien, para que un programa preventivo sea efectivo, debe ser realizado de forma regular. Estos deben comenzar en la pretemporada y seguir realizándolos a través de toda la temporada. Deben involucrar entrenamiento varias veces por semana, con sesiones de entrenamiento que duran más de 20 minutos y volúmenes de entrenamiento que son más de 30 minutos por semana. (1)

Un estudio realizado en atletas jóvenes femeninas sobre el cumplimiento de dichos programas demostró que las tasas de cumplimiento más altas se asociaron con índices más bajos de incidencia de lesiones del LCA en personas físicamente activas. Mientras que participantes con cumplimiento moderado mostraron 3.1 veces mayor riesgo de sufrir lesiones del LCA. Y los participantes con baja tasa de cumplimiento mostraron 4.9 veces mayor riesgo de sufrir lesiones del LCA. (35)

Cada componente que integra estos programas aporta un beneficio específico. El entrenamiento pliométrico y de equilibrio, por ejemplo, favorece la abducción de rodilla, las medidas de flexión y reduce el riesgo de lesión.

Se cree que el papel del equilibrio es un componente crítico del control neuromuscular y, como factor de riesgo modificable, contribuye a limitar el desplazamiento mediolateral de la rodilla y la carga durante las actividades dinámicas. El equilibrio es fundamental para que las personas puedan hacer frente a las actividades de la vida diaria y participar con éxito en el entrenamiento deportivo como; correr y saltar. La información del equilibrio es útil para identificar a los jugadores con un mayor riesgo de lesiones deportivas y para decidir si un jugador lesionado puede volver a practicar deporte sin riesgo de volver a lesionarse. Los ejercicios de equilibrio parecen representar un componente clave de los programas efectivos de prevención de lesiones de LCA, que tienden a centrarse en el control de la rodilla en el plano frontal durante tareas estáticas y dinámicas. Los programas de intervención que incluyen

equilibrio, salto y agilidad tienen un efecto positivo en la mejora del balanceo postural y el equilibrio dinámico en el atleta. (36)

El entrenamiento de núcleo muscular (tronco) puede aumentar la fuerza de abducción de cadera y potencialmente mejorar el control neuromuscular de la alineación de extremidad inferior durante actividades deportivas. (23)

Un programa de prevención de lesiones de Handball de Kiel, mostro como resultado que componentes de entrenamiento propioceptivo deben utilizarse como medidas profilácticas en este deporte, ya que puede reducir la formación de lesiones. (6)

Dentro de los programas que mostraron particular eficacia en la reducción de las lesiones del LCA encontramos a Caraffa et al, HarmoKnee, Heidt et al, Knäkontroll, LaBella et al, Myklebust et al, Olsen et al, Prevent Lesión y Mejora del Rendimiento (PEP), FIFA 11, Petersen et al, y Sportsmetrics. Pero la mayoría de estos han sido probados en futbol, siendo pocos los específicamente evaluados en handball. (32) Los datos sobre la aplicación de estos programas en handball son escasos. Las razones principales de esto parecen ser la falta de información y la brecha entre la protección de la salud, por un lado, y la presión para lograr los niveles más altos de rendimiento en el tiempo de entrenamiento. (22)

Para lograr la mayor reducción en costos médicos futuros y la prevención de lesiones del LCA, osteoartritis y remplazos totales de rodilla, los fisioterapeutas, entrenadores y deportistas deben fomentar la implementación de programas de prevención de lesiones del LCA basados en ejercicios en deportistas que participen en deportes con alto riesgo de lesión del LCA, como es el caso del handball. Dentro de los ejercicios generales recomendados encontramos ejercicios de flexibilidad, carrera, fuerza, Core y pliometría. (Tabla 4) (32)

Tabla 4. Ejercicios generales para prevención de lesión de LCA.

Flexibilidad	Carrera	Fuerza	Core	Pliometría
<ul style="list-style-type: none"> • Cuádriceps • Isquiotibiales • Aductores de la cadera • Flexores de la cadera • Gemelos 	<ul style="list-style-type: none"> • Correr hacia adelante • Correr hacia atrás • Correr en zigzag, hacia adelante, y 	<ul style="list-style-type: none"> • Sentadilla a dos piernas • Sentadilla a una pierna • Estocadas • Ejercicio nórdico de isquiotibiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Plancha en decúbito prono • Puentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Salto con una sola pierna, anterior/posterior • “patinadores sobre hielo” • Saltar para cabecear o

	- hacia atrás • Saltos			atrapar la pelota por encima de la cabeza (según el deporte) -
--	---------------------------	--	--	--

V. 6.2 Eficacia

Cuando buscamos sobre la eficacia de la aplicación de programas preventivos encontramos que, por un lado, según los resultados de un estudio en el cual realizo un metaanálisis de 24 ensayos controlados de intervenciones preventivas para lesiones de rodilla y LCA, se encontró que las intervenciones neuromusculares y propioceptivas redujeron significativamente las lesiones de rodilla en un 26,9 % y en un 50,7 % para lesiones del LCA específicamente. En estos estudios no se encontraron diferencias en cuanto a la edad de los jugadores. Tampoco se encontró una asociación significativa entre ningún componente de entrenamiento individual y la prevención de lesiones. Ahora bien, en la distinción de si eran aplicados desde la pretemporada, o durante la temporada, se obtuvo como resultado menor riesgo de lesión cuando son aplicados desde la pretemporada.

De todas formas, estos resultados deben verse dentro de las limitaciones de los estudios incluidos. La mayoría de los estudios (63%) incluidos en este análisis se centraron en la prevención de lesiones exclusivamente en mujeres deportistas, por lo que debe generalizarse a los atletas masculinos con cierta cautela.

De los estudios incluidos no se distinguió entre lesiones de rodilla o LCA por contacto o sin contacto.

Los programas informados en los estudios incluidos en este metaanálisis actual utilizaron el mismo principio de entrenamiento neuromuscular, pero vario en la forma precisa en que estos principios fueron implementados.

Por ejemplo, Gilchrist y sus colegas utilizaron "Prevent Injury and Enhance Performance" (PEP), mientras que Pfeifer y sus colegas utilizaron el Knee Ligament Prevention. Ambos programas utilizaron ejercicios propioceptivos y neuromusculares, pero difieren en los ejercicios específicos utilizados para lograr el entrenamiento (por ejemplo, saltos rectos en comparación a saltos laterales sobre conos de 2 a 6

pulgadas). Otros programas implementaron sus propios regímenes de entrenamiento y no utilizaron un programa establecido.

Finalmente, llegaron a la conclusión de que es posible que el entrenamiento de prevención de lesiones tenga un mayor impacto en deportes específicos, como el handball, donde hay más cambios de dirección y ocurren pivotamientos o giros. (12)

Por otro lado, Petersen et al realizó un estudio prospectivo de casos y controles en jugadores de handball para investigar el efecto de entrenamiento para la prevención de lesiones que consiste en ejercicios de tabla de equilibrio y ejercicios de salto. El estudio incluyó a 134 jugadores en el grupo de intervención y 142 jugadores en el grupo de control. Los autores concluyeron que la propiocepción y el entrenamiento neuromuscular es apropiado para la prevención de las lesiones de rodilla y tobillos en jugadores de handball.

En una segunda investigación, Petersen et al comparó un equipo de handball que realizó ejercicios propioceptivos y neuromusculares entrenando durante la pretemporada con otro equipo que estaba entrenando como de costumbre. La investigación consistió en técnicas propioceptivas, entrenamiento de salto e información sobre los mecanismos de lesión. Los autores encontraron que el entrenamiento redujo significativamente el riesgo de desgarro del LCA y concluyeron que las estrategias de prevención deben incluirse en los programas de entrenamiento rutinarios de este deporte. (7)

Otras investigaciones como las de Caraffa et al, Heidt et al, Petersen et al y Hewett et al, reportaron efectos positivos de los programas de prevención, que involucran varios métodos de entrenamiento, reduciendo significativamente las tasas de lesión del LCA, mostrando un 62% de reducción en comparación a los atletas de los grupos de control. (7)

VI. Programas de prevención de lesión de LCA aplicados en handball

Se tomaron investigaciones enfocadas en el estudio de diferentes programas o estrategias de prevención para lesiones de LCA, específicamente en jugadores de handball. De cada uno se realizó el análisis individual correspondiente.

VI.1 Programa 1. Achenbach L, Krutsch V, Weber J, Nerlich M, Luig P, Loose O, et al. “Los ejercicios neuromusculares previenen lesiones graves de rodilla en jugadores adolescentes de balonmano”. DOI: 10.1007/s00167-017-4758-5

El propósito de este estudio fue implementar y analizar un programa de prevención de lesiones graves de rodilla en jugadores adolescentes de handball.

Los jugadores del grupo de intervención participaron regularmente en un programa de prevención de lesiones durante una temporada. La exposición al handball y las lesiones sufridas se documentaron mensualmente para ambos grupos.

Con base en hallazgos previos, se planteó la hipótesis de que los ejercicios neuromusculares frecuentes disminuyen la incidencia de lesiones graves en la rodilla en jugadores adolescentes de handball de ambos sexos.

Se incluyeron en este estudio jugadores de handball de ambos sexos de entre 16 y 18 años. El registro de cada equipo y jugador comenzó a principios de la temporada 2015/16. Al grupo de intervención se les propicio instrucciones de cada ejercicio mediante imágenes y videos. Las instrucciones también incluyeron la técnica de aterrizaje correcta y técnicas de aterrizaje alternativas específicas del handball. Los jugadores del grupo de control continuaron con sus módulos de entrenamiento habituales durante la temporada de estudio.

El programa de prevención de lesiones consistió en entrenamiento dos o tres veces por semana durante una pretemporada de 10 a 12 semanas y ejercicios de entrenamiento de 15 min, una vez por semana durante el período de competencia. Se utilizó un programa desarrollado específicamente para jugadores de handball. La rutina diaria en el equipo de handball adolescente constaba de dos diferentes conjuntos de ejercicios. Cada conjunto constaba de cinco ejercicios, que progresaba en tres pasos, de fácil a más difícil. Después de la progresión de un jugador al nivel más difícil, los entrenadores de los equipos eran libres para elegir entre los diferentes niveles de ejercicio disponibles.

El programa incluía ejercicios de salto, ejercicios de aterrizaje, ejercicios propioceptivos, ejercicios pliométricos y ejercicios de fuerza para cuádriceps, isquiotibiales y músculos del core (**tabla 5**). La mayoría de los ejercicios ya se habían

mostrado para prevenir lesiones en las extremidades inferiores en estudios previos. Todos los ejercicios se pueden ejecutar sin utilizar ningún equipo adicional.

En total veintitrés equipos participaron hasta el final de la temporada (13 equipos en el grupo de intervención con 168 jugadores y 10 equipos en el grupo de control con 111 jugadores).

El 24 % de los jugadores en estudio sufrieron lesiones. El 83% de estas lesiones totales fueron traumáticas, mientras que el 17 % fueron lesiones por uso excesivo. El sitio del cuerpo más afectado fueron los miembros inferiores con un 59%. El parámetro de resultado primario en cuanto a las lesiones graves de rodilla ocurrió significativamente más a menudo en el grupo de control (incidencia de lesión 0,33/1000 h) que en el grupo de intervención (incidencia de lesión 0,04/1000 h). Esto demuestra un riesgo 8 veces menor de sufrir lesiones del LCA para los jugadores que realizaron el programa preventivo. No se encontraron diferencias potenciales en la ocurrencia de lesiones entre los sexos.

Este estudio mostró que la implementación frecuente de ejercicios neuromusculares específicos puede ayudar a prevenir lesiones graves de rodilla en balonmano de equipos adolescentes. (14)

Tabla 5. Intervención y ejercicios incluidos en este programa

Módulo de ejercicios	Ejemplos de ejercicios
Modulo 1: ejercicios de fuerza	Plancha, plancha lateral, isquiotibiales nórdicos
Modulo 2: Ejercicios pliométricos	Saltos multidireccionales con una sola pierna
Modulo 3: Ejercicios de salto y aterrizaje	Salto de “patinador sobre hielo”, carrera de salto
Modulo 4: Ejercicios propioceptivos	De pie sobre una pierna con los ojos cerrados, tratando de desestabilizar a la pareja presionando contra su cuerpo

VI.2 Programa 2. Knäkontroll “Knee Control “; Asker M, Hägglund M, Waldén M, Källberg H, Skillgate E. The Effect of Shoulder and Knee Exercise Programmes on the Risk of Shoulder and Knee Injuries in Adolescent Elite Handball Players: A Three-Armed Cluster Randomised Controlled Trial. DOI: 10.1186/s40798-022-00478-z.

La intervención de control de rodilla se basó en gran medida en el programa original (Knäkontroll, SISU Idrottsböcker©, Suecia, 2005), pero para esta prueba se realizaron modificaciones menores para adaptarse al handball.

Se instruyó a los jugadores del grupo de intervención para que realizaran el programa al menos tres veces por semana con tres series de 15 a 30 segundos por ejercicio durante la temporada baja y la pretemporada (de junio a agosto de 2018). y al menos tres veces por semana con dos series de 15-30 segundos por ejercicio durante la temporada de handball (septiembre a mayo). El grupo de control recibió instrucciones de entrenar y jugar como de costumbre y no recibió ninguna intervención de prueba. Los entrenadores y los jugadores recibieron información de que, si los programas eran eficaces, todas las escuelas debían recibir instrucciones sobre ambos programas de intervención después de la prueba.

El programa Sueco de Control de Rodillas (*Knee Control*) se desarrolló en 2005 (Knäkontroll, SISU Idrottsböcker©, Suecia, 2005) y es un programa de calentamiento que se centra en la fuerza de las extremidades inferiores y el tronco, el control neuromuscular, el equilibrio y la técnica de salto-aterizaje. Contiene seis ejercicios principales: sentadilla con una sola pierna, elevación pélvica, sentadilla con dos piernas, banco, embestida y técnica de salto/aterizaje. Cada ejercicio consta de cuatro niveles de dificultad con un ejercicio de pareja adicional. Como antecedente previo, este programa ya había reducido el riesgo de lesiones del LCA en un 64 % en jugadoras juveniles de fútbol.

Para este estudio se tomaron jugadores de 15 a 19 años, de dieciocho escuelas secundarias suecas con perfil de handball. De los cuales el 54 % de los hombres se asignaron al azar al grupo de hombro o al grupo de rodilla o a un grupo de control. A los jugadores del Grupo de rodillas se les asignó que realizaran el programa de *control de rodillas*, tres veces por semana durante mayo de 2018 a mayo de 2019. Los jugadores del grupo de control continuaron con su entrenamiento habitual.

El grupo de rodilla tuvo una tasa de lesiones de rodilla un 31 % más baja, HRR 0,69 (IC del 95 %: 0,49 a 0,97) que el grupo de control. En comparación con el grupo de control, el grupo de rodilla tuvo una tasa 38 % menor de lesiones de rodilla con pérdida de tiempo, una tasa 39 % menor de problemas sustanciales de rodilla y una tasa 23 % menor de cualquier problema de rodilla.

El principal hallazgo de este ensayo en jugadores adolescentes de handball de élite fue que el programa *Knee Control* redujo el riesgo de lesión del LCA de la rodilla, a pesar de ser un programa testeado en fútbol y básquet. Además, este grupo informó casi la mitad de la prevalencia semanal promedio de problemas de rodilla y menos semanas totales de lesión de rodilla en comparación con el Grupo de control durante el período de prueba. Esto indica que los programas no solo reducen la tasa de nuevas lesiones, sino que también reducen la carga general de lesiones de rodilla.

El grupo de rodilla tuvo una tasa de lesiones de rodilla un 31 % más baja que el grupo de control, lo que está en línea con estudios previos en handball y otros deportes de equipo, Por lo tanto, el efecto de *Knee Control* en las lesiones de rodilla es algo menor de lo esperado según un estudio previo de este mismo programa en jugadoras de fútbol de edad similar en Suecia y un metaanálisis reciente, pero puede haber varias explicaciones para esto. En primer lugar, a diferencia de la mayoría de los estudios anteriores, en este se incluyeron lesiones de aparición tanto aguda como gradual, y la mayoría de las lesiones fueron lesiones de aparición gradual, lo que podría explicar el menor efecto. En segundo lugar, muchos jugadores informaron que ya estaban usando ejercicios de entrenamiento neuromuscular para la rodilla al inicio. En tercer lugar, este ensayo incluyó no solo la temporada de handball, sino también la pretemporada, en la que los jugadores de balonmano normalmente realizan ejercicios intensos de las extremidades inferiores, lo que podría aumentar la incidencia general de problemas de rodilla debido a una mayor carga de trabajo. (37)

VI.3 Programa 3, HWP; Artículo “El efecto de un programa de calentamiento de handball en el equilibrio dinámico entre jugadores de handball adolescentes de elite”

El programa de calentamiento de Handball (Handball Warm-Up Program, HWP) es un programa multifacético y es una versión modificada del programa de prevención de lesiones de calentamiento de FIFA 11+, basado en las habilidades y demandas específicas del handball.

HWP reemplaza el calentamiento regular antes de los ejercicios técnicos y tácticos. Consta de tres partes que incluyen tres niveles de dificultad creciente que incluyen ejercicios de fuerza, equilibrio, agilidad y salto. También consta de un conjunto novedoso de ejercicios de carrera avanzados que lo hacen más adecuado como un programa integral de calentamiento para entrenamientos y partidos de handball. Además, el HWP es un programa factible y fácil que se puede incorporar en un espacio pequeño.

El estudio publicado en este artículo tuvo como objetivo investigar el efecto del HWP en el equilibrio dinámico entre jugadores de handball adolescentes de élite.

Este programa reemplaza el calentamiento regular antes de los ejercicios técnicos y tácticos. El mismo consta de tres partes. El componente inicial son ejercicios de carrera combinados con estiramientos dinámicos, estocadas, caminar, gatear de lado a lado y ejercicios carioca de balanceo suave con un compañero. Este componente se realiza en el ancho de un campo de balonmano con 5 conos, separados 4 m durante 6 min (parte I). La segunda parte constaba de 6 ejercicios con tres niveles de dificultad creciente que incluían ejercicios de fuerza, equilibrio, agilidad y salto (parte II). El componente final incluía ejercicios avanzados de carrera como cortar y saltar con cambios bruscos de dirección (parte III). **(Tabla 6)**

La duración de HWP fue de aproximadamente 20 a 25 minutos, realizada tres veces por semana durante ocho semanas.

Al grupo control se le pidió que continuara con su entrenamiento regular de calentamiento durante la temporada, que normalmente incluía correr por la cancha y estiramientos estáticos.

El equilibrio dinámico antes y después de los programas de entrenamiento de intervención se midió mediante el sistema de equilibrio Biodex (BBS) y la prueba de equilibrio. Y para las piernas dominantes (DL) y no dominantes (no DL).

Después del entrenamiento con HWP, las puntuaciones de BBS mejoraron significativamente en los índices de estabilidad general (OSI) (30,4 % y 31,1 %), anterior-posterior (APSI) (44,6 % y 35,2 %) e índices de estabilidad medial-lateral (MLSI) (38,8 % y 43 %). %) tanto para DL como para no DL. Después del entrenamiento, la prueba y Balance mostró mejoras significativas en OSI (13,2% y 10,6%), anterior (17,2% y 12,6%), posterolateral (12,8% y 11,3%), e índices de estabilidad posteromedial (9,2% y 7,9%) con DL y sin DL, respectivamente.

Los principales resultados de este estudio mostraron que después de un HWP de 8 semanas, se observaron mejoras significativas y de gran magnitud en el tamaño del efecto en el equilibrio dinámico con las pruebas de equilibrio BBS. Por lo tanto, el resultado de este estudio apoya la hipótesis de que un programa de calentamiento multifacético y específico del deporte puede mejorar el equilibrio en los jugadores adolescentes de handball.

El equilibrio durante las actividades deportivas es un factor importante para la prevención de lesiones deportivas. Se observa una disminución en el equilibrio después de lesiones en el tobillo y la rodilla, por lo que se sugiere utilizar el entrenamiento del equilibrio para mejorar la función neuromuscular y la estabilidad postural. El equilibrio funcional adecuado y el control postural de la parte inferior del cuerpo son esenciales para el rendimiento de las habilidades tácticas y técnicas entre los jugadores de handball. Ya que garantiza movimientos coordinados y eficientes, y se especula que un mejor equilibrio podría tener un impacto positivo en la prevención de lesiones.

Se sugiere que el HWP podría implementarse e incorporarse en la práctica regular de handball antes de comenzar los ejercicios técnicos y tácticos. (36)

Tabla 6. Estructura de ejercicios del HWP

Ejercicio	Repeticiones	Tiempo total
I. Ejercicios de carrera y caminata rápida, 8 min (calentamiento de apertura, en parejas; el recorrido consta de 6 a 10 pares de conos paralelos)		
Corriendo, adelante y atrás	2	60 s
Lunge con la parte superior del cuerpo girando	2	90 s
Caminar con la mano estirada hacia la pierna opuesta	2	80 s
Gatear	2	90 s
Correr de lado a lado	2	100 s
Carioca con balanceo suave	2	50 s
II. Fuerza, pliometría, equilibrio, 10 min (uno de los tres niveles de progresión del ejercicio en cada sesión de entrenamiento):		
Abdominales crossover V:		
Nivel 1: Rodilla y codo en flexión	2 x 10	50 s
Nivel 2: Extensión completa de rodilla y codo	2 x 10	50 s
Nivel 3: Extensión completa de rodilla, codo y elevación parte superior del cuerpo (flexión del tronco)	2 x 10	60 s
Extensión de espalda		
Nivel 1: Extensión de espalda	2 x 10- 15 s (cada lado)	80 - 120 s
Nivel 2: Extensión de espalda	2 x 15- 20 s (cada lado)	80 - 120 s
Nivel 3: Extensión de espalda	2 x 20- 25 s (cada lado)	80 - 120 s
Fortalecimiento de isquiotibiales		
Nivel 1 Curl de isquiotibiales	3 x 5	15 - 20 s
Nivel 2 Isquiotibiales nórdicos	4 x 6	20 - 30 s
Nivel 3 Isquiotibiales nórdicos	7 x 10	40 - 45 s
Equilibrio a una sola pierna		
Nivel 1 Postura a una sola pierna con pase de pelota	2 x 20 s (cada pierna)	80 s
Nivel 2 Una sola pierna levantando talón con pase de pelota	2 x 20 s (cada pierna)	80 s
Nivel 3 Una sola pierna con salto con pase de pelota	2 x 20 s (cada pierna)	80 s
Lanzamiento de balón medicinal		
Nivel 1 Lanzamiento con dos manos	4 x 6	30 s
Nivel 2 Lanzamiento con salto horizontal	4 x 6	30 s
Nivel 3 Lanzamiento con salto horizontal	4 x 6	30 s
Entrenamiento de escalera		
Nivel 1 Salto a dos piernas	2	30 s
Nivel 2 Salto a una pierna	2	35 s
Nivel 3 Salto rápido a una sola pierna	2	35 s
III. Ejercicios de corte y cambio de dirección con freno		
Entrenamiento de corte		
directo 8 m, oblicuo 2 m	3	30 s
directo 12 m, oblicuo 4 m	3	35 s
directo 18 m, oblicuo 6 m	3	40 s
Ejercicios de bounding	2	30 s

VII. Programas de prevención de lesión de LCA que podrían ser aplicables en handball

Se seleccionaron dos programas de prevención de lesiones de LCA, que por el tipo de ejercicios que los componen, podrían ser aplicables y a su vez beneficiosos en handball. Para esta selección se tuvo en cuenta los mecanismos de lesión de LCA en dicho deporte, los cuales ya fueron mencionados anteriormente.

De cada uno se realizó el análisis individual correspondiente.

VII.1 Programa 4. Prevent Injury Enhance Performance (PEP). DOI: 10.1016/j.pmr.2014.06.010

Mandelbaum y sus colegas crearon Prevent Injury Enhance Performance, “Programa de prevención de lesiones” (PEP). El programa PEP incluye calentamiento, ejercicios de fortalecimiento, agilidad, pliométricos y estiramientos. El calentamiento incluye ejercicios como trotar hacia adelante, carreras hacia atrás y de velocidad. El fortalecimiento incluye estocadas, isquiotibiales rusos, ejercicios y elevaciones repetidas de los dedos de los pies con una sola pierna. Los ejercicios pliométricos enfatizan el aterrizaje, la técnica y el posicionamiento de la rodilla. Se utilizan para enseñar al atleta a preposicionar todo el cuerpo de manera segura al aterrizar de un salto. La selección y la progresión de estos ejercicios están diseñadas para el reentrenamiento neuromuscular que va desde simples ejercicios de salto hasta saltos multidireccionales con un solo pie y ejercicios pliométricos con énfasis en la rotación rápida. Se requiere una base sólida de fuerza, coordinación y acondicionamiento físico general para que los atletas alcancen su máximo potencial en sus habilidades deportivas específicas. Se completan ejercicios de agilidad tales como carreras hacia adelante con desaceleraciones, carreras diagonales laterales y carreras saltando. Finalmente, se enfatiza la técnica adecuada de estiramiento con un enfoque en los músculos de la pantorrilla, cuádriceps, isquiotibiales, músculos internos del muslo y flexores de la cadera.

El programa en su totalidad está diseñado para ser completado en 15 a 20 minutos en el campo sin el uso de equipo especializado. El primer año de un estudio sobre la eficacia del PEP encontró 37.476 eventos adversos (EA) para atletas entrenados y 68.580 EA para los atletas de control. Se observaron dos desgarros del LCA en el grupo protocolo, y se observaron 32 desgarros de LCA en los atletas de control. Los autores señalan una reducción de un 88% en los desgarros del LCA para los

participantes (1041 entrenados, 1905 controles). En el segundo año del estudio (844 entrenados, 1913 controles) nuevamente se encontraron disminuciones sorprendentes en la lesión del LCA a través de formación en el programa de prevención. Se produjeron un total de 30.384 EA en el grupo entrenado y 68.868 EA ocurrieron en el grupo no entrenado. Se observaron cuatro desgarros del LCA en el grupo de tratamiento, y se observaron 35 desgarros de LCA en el grupo de control. Lo que representa un 74 % de reducción de lesiones del LCA en los participantes en comparación con los del grupo de control. (38)

VII.2 Programa 5. Sportsmetrics. “Reentrenamiento neuromuscular en atletas adolescentes: efecto sobre los índices de rendimiento atlético y las tasas de lesiones del ligamento cruzado anterior sin contacto”. DOI: 10.3390

Sportsmetrics es un programa de reentrenamiento neuromuscular. Se compone de calentamiento dinámico, salto, pliometría y flexibilidad.

Durante un estudio, un grupo de 1000 atletas de Cincinnati fueron seguidos durante una temporada para determinar las tasas de incidencia de lesiones del LCA. Estos 1000 atletas completaron el entrenamiento justo antes del comienzo de su temporada deportiva. De estos deportistas 401 eran jugadores de Vóley, 202 de básquet, 192 de fútbol, 30 de lacrosse, 15 de softbol, 8 de hockey sobre césped, 7 de gimnasia, 4 de atletismo, y 141 de otros deportes. El rango etario fue de 13 a 18 años. Otros 1120 atletas adicionales de los equipos de escuelas del área de Cincinnati sirvieron como controles y fueron emparejados con los atletas entrenados por edad, deporte e índice de masa corporal. Estos deportistas participaron de las prácticas y juegos de su equipo, pero no realizaron los componentes del programa de prevención.

Los atletas se sometieron a una serie de pruebas una semana antes de la primera sesión de entrenamiento (pre-test) y una semana después de la última sesión de entrenamiento (post-test). Las sesiones de entrenamiento duraron de 1 a 1,5 horas y se llevaron a cabo tres días a la semana (lunes, miércoles y viernes) durante seis semanas. Las 18 sesiones de entrenamiento fueron supervisadas por instructores certificados de Sportsmetrics. Todo el programa se completó durante la pretemporada, justo antes de que comenzara la temporada deportiva de los atletas.

Todas las lesiones de rodilla fueron rastreadas durante la única temporada deportiva que siguió al entrenamiento. Las rupturas del LCA se determinaron clínicamente según las pruebas de grado 2- 3 de Lachman y pivot shift, y la resonancia magnética.

La filosofía del programa sobre el componente pliométrico fue enfatizar y enseñar técnicas correctas de salto y aterrizaje. Se usaron instrucciones para entrenar a los atletas a preposicionar todo su cuerpo de manera segura al acelerar en un salto y al desacelerar al aterrizar. Los ejercicios progresaron desde simples ejercicios de salto, hasta saltos multidireccionales con un solo pie y ejercicios pliométricos con énfasis en cambios rápidos (para agregar movimientos que imiten movimientos específicos de deportes como cortar, girar y cambiar de dirección). El entrenamiento de salto se dividió en tres fases de dos semanas, cada una de las cuales tenía un enfoque de entrenamiento y ejercicios. Ejercicios de agilidad, reacción, velocidad, resistencia y fuerza específicos del deporte se incorporaron durante aproximadamente 30- 45 minutos. Todas las sesiones terminaron con estiramientos estáticos de isquiotibiales, banda iliotibial, cuádriceps, cadera flexores, gastrocnemios, soleo, deltoides, tríceps, bíceps y espalda baja.

Todos los atletas completaron al menos 14 de las 18 sesiones de entrenamiento.

Antes del entrenamiento, aproximadamente el 80% de los atletas tenían un valgo claramente anormal de las extremidades inferiores al aterrizar después del salto. Después del entrenamiento, el 60 % de los atletas mostraron una posición neutral al aterrizar. El cambio entre las pruebas pre-entrenamiento y las pruebas posteriores al entrenamiento fueron estadísticamente significativas.

Además, se encontraron mejoras estadísticamente significativas para isquiotibiales, cuádriceps, y la relación isquiotibial/cuádriceps en la prueba de fuerza isocinética tanto en la pierna dominante como en la no dominante.

El principal hallazgo de esta investigación es que el programa de reentrenamiento neuromuscular redujo significativamente la incidencia de lesiones del LCA sin contacto y además mejoro el rendimiento deportivo.

Los índices de rendimiento atlético se midieron después de completar la prevención neuromuscular del LCA.

El programa resulto en mejoras estadísticamente significativas en cuanto a la alineación de las extremidades inferiores en pruebas de salto y caída, distancia saltada, agilidad, condición física, y fuerza isocinética de isquiotibiales y cuádriceps.

Los atletas entrenados tuvieron una reducción significativa en la tasa de incidencia de lesiones del LCA sin contacto en comparación con el grupo control. El programa de reentrenamiento neuromuscular (Sportsmetrics), fue eficaz para reducir la tasa de lesión del LCA sin contacto, y mejorar los indicadores de rendimiento deportivo. (39)

VIII. Resultados

A partir de la búsqueda de programas preventivos aplicados para la lesión del LCA específicamente en handball, se encontraron tres estudios que cumplían con los criterios de búsqueda, donde se probó la eficacia de un programa preventivo en dicho deporte. Los programas aplicados fueron: “Knee Control”, “Handball Warm-Up Program, HWP” y un programa de prevención desarrollado específicamente para jugadores de handball.

En general estos programas coincidieron en el tipo de ejercicios aplicados. Dentro de sus componentes encontramos entrenamiento neuromuscular, ejercicios de equilibrio, ejercicios de salto y aterrizaje, ejercicios propioceptivos, ejercicios pliométricos, ejercicios de fuerza para cuádriceps, isquiotibiales y músculos del core.

El programa “Knee Control” basado en el programa original, pero con adaptaciones al handball, contaba con el antecedente previo, de haber reducido, en su formato original, el riesgo de lesiones del LCA en un 64 % en jugadoras juveniles de fútbol. En este caso, al ser aplicado en handball, el grupo sometido al análisis tuvo una tasa de lesiones de rodilla un 31 % más baja. Si bien este resultado fue algo bajo en comparación al estudio previo realizado en fútbol, se debe tener en cuenta que en este estudio se incluyeron lesiones de aparición tanto aguda como gradual, y la mayoría de las lesiones fueron lesiones de aparición gradual. Además, muchos jugadores ya estaban usando ejercicios de entrenamiento neuromuscular para la rodilla al inicio. Y por último al incluir no solo la temporada de handball, sino también la pretemporada, en la que los jugadores normalmente realizan ejercicios intensos de los miembros inferiores, aumenta la incidencia general de problemas de rodilla debido a una mayor carga de trabajo. A pesar de esto los resultados son buenos teniendo en cuenta que no era un programa específico para este deporte.

El programa de calentamiento de Handball (Handball Warm-Up Program, HWP), versión modificada del programa de prevención de lesiones de calentamiento de FIFA 11+, basado en las habilidades y demandas específicas del handball, dio como resultado que después de un HWP de 8 semanas, se observaron mejoras significativas y de gran magnitud en el tamaño del efecto en el equilibrio dinámico con las pruebas de equilibrio BBS. Teniendo en cuenta que el equilibrio es un factor importante en la prevención de lesiones, un equilibrio óptimo en el handball es un factor importante para garantizar movimientos coordinados y eficientes, suponiendo así, que un mejor equilibrio podría tener un impacto positivo en la prevención de lesiones.

Por último, el programa desarrollado específicamente para jugadores de handball, demostró un riesgo 8 veces menor de sufrir lesiones del LCA para los jugadores que realizaron el programa preventivo, en comparación al grupo control. Lo cual dejó un buen resultado pensando en la prevención de la lesión del LCA en este deporte.

Por otro lado, se logró identificar dos programas de prevención de lesión de LCA que podrían ser aplicables en handball, por coincidencia en gran parte de sus componentes con los programas ya evaluados, y por hacer hincapié en ejercicios que podrían contrarrestar los mecanismos lesionales de este deporte. Los programas son Prevent Injury Enhance Performance (PEP) y Sportmetrics.

Ambos programas coincidieron en estar compuestos de ejercicios de calentamiento dinámico, fortalecimiento muscular, agilidad, pliométricos y flexibilidad.

El programa PEP mostro en el primer año 37.476 eventos adversos (EA) para atletas entrenados con el programa y 68.580 EA para los atletas de control. Se observaron dos desgarros del LCA en el grupo entrenado, y se observaron 32 desgarros de LCA en los atletas de control. Los autores señalan una reducción de un 88% en los desgarros del LCA para los participantes. En el segundo año del estudio (844 entrenados, 1913 controles), nuevamente se encontraron disminuciones sorprendentes en la lesión del LCA. Se produjeron un total de 30.384 EA en el grupo entrenado y 68.868 EA ocurrieron en el grupo no entrenado. Se observaron cuatro desgarros del LCA en el grupo de tratamiento, y se observaron 35 desgarros de LCA en el grupo de control. Lo que representa un 74 % de reducción de lesiones del LCA en los participantes en comparación con los del grupo de control.

El programa Sportmetrics por su parte, mostro antes de poner en práctica dicho protocolo que aproximadamente el 80% de los atletas tenían un valgo claramente anormal de las extremidades inferiores al aterrizar después del salto.

Después del entrenamiento, el 60 % de los atletas mostraron una posición neutral al aterrizar. El cambio entre las pruebas pre-entrenamiento y las pruebas posteriores al entrenamiento fueron estadísticamente significativas.

Además, se encontraron mejoras estadísticamente significativas para isquiotibiales, cuádriceps, y la relación isquiotibial/cuádriceps en la prueba de fuerza isocinética tanto en la pierna dominante como en la no dominante.

El principal hallazgo de esta investigación es que el programa de reentrenamiento neuromuscular redujo significativamente la incidencia de lesiones del LCA sin contacto y por consecuencia mejoro el rendimiento deportivo. Mostro mejoras estadísticamente significativas en cuanto a la alineación de las extremidades inferiores en pruebas de salto y caída, distancia saltada, agilidad, condición física, y fuerza isocinética de isquiotibiales y cuádriceps.

Los atletas entrenados tuvieron una reducción significativa en la tasa de incidencia de lesiones del LCA sin contacto en comparación con el grupo control. El programa de reentrenamiento neuromuscular (Sportsmetrics), fue eficaz para reducir la tasa de lesión del LCA sin contacto, y mejorar los indicadores de rendimiento deportivo.

En el caso de estos dos últimos programas tuvieron resultados realmente significativos en la reducción de la incidencia de lesión del LCA, y por sus componentes, como ya mencionamos anteriormente, sería totalmente viable su uso en handball. El programa Sportmetric mostro una evidente mejoría en el valgo de rodilla detectado en el aterrizaje después del salto, y teniendo en cuenta que dicho gesto motor es uno de los principales causantes de lesión en jugadores de handball, ubica a dicho programa como una opción muy destacable.

IX. Conclusión

El crecimiento exponencial que ha tenido el handball en los últimos años, sumado a las elevadas tasas de lesión, con pérdida de tiempo de entrenamiento y ausencia del jugador, hace necesario hacer mayor hincapié en la prevención. Como hemos visto en esta investigación las lesiones son muy comunes en este deporte, y mayoritariamente se producen en los miembros inferiores, siendo la rodilla la articulación más afectada. El LCA se presenta como el ligamento más afectado, produciéndose la lesión sin contacto en el 80 % de los casos.

Hemos podido constatar a partir de los datos consignados, los buenos resultados que se obtuvieron a partir de la aplicación de programas preventivos para la lesión de dicho ligamento.

A pesar de esto, actualmente no son aplicados en este deporte de manera habitual. Es por esto por lo que se encuentran muy pocos protocolos de prevención específicos para el handball.

Sin embargo, los pocos programas que se encontraron que hayan sido evaluados, tuvieron muy buenos resultados en cuanto a la disminución de la incidencia de lesión del LCA.

Por el contrario, quedo demostrado que, si hay mayor uso de estos programas en otros deportes, más que nada en fútbol, donde hay mayor evidencia, por mayor cantidad de estudios realizados.

A partir de esta investigación pudimos conocer los diferentes mecanismos de lesión del LCA en el handball. Identificamos así los momentos que hacen más proclive dicha lesión dentro de los gestos motores específicos de este deporte, como son el aterrizaje después del lanzamiento suspendido en una pierna, y el rápido cambio de dirección con excesivo valgo más rotación externa. Estos momentos coinciden con lo que se busca contrarrestar a partir de los ejercicios que componen los programas que tuvieron buenos resultados en handball.

Podemos concluir entonces que se lograron identificar cinco programas preventivos, de los cuales tres de ellos ya cuentan con evidencia en handball, que son “Knee Control”, “Handball Warm-Up Program, HWP” y un programa de prevención desarrollado específicamente para jugadores de handball. Y los otros dos, que si bien no fueron testeados en handball podrían ser utilizados por las características de sus componentes. Estos son Prevent Injury Enhance Performance (PEP) y Sportmetrics.

En ambos casos estos programas se componen de entrenamiento neuromuscular, ejercicios de calentamiento dinámico, ejercicios de equilibrio, ejercicios de salto y aterrizaje, ejercicios propioceptivos, ejercicios pliométricos, flexibilidad, y

fortalecimiento muscular, principalmente de cuádriceps, isquiotibiales y músculos del Core.

Esto cinco programas podrían entonces, ser parte de las rutinas diarias de entrenamiento de los equipos de handball, dándole un rol fundamental al kinesiólogo desde el punto de vista preventivo. Además, cuentan con la ventaja adicional, de ser de fácil aplicación y bajo costo, ya que no requieren de equipamiento específico.

Como otro punto a destacar, se podría pensar que, utilizando estos programas como base, teniendo en cuenta la biomecánica de los gestos motores específicos de este deporte, y conociendo los mecanismos de lesión del LCA en los jugadores de handball, se podrían confeccionar nuevos programas preventivos en la búsqueda de reducir la incidencia de lesión de este ligamento.

X. Referencias Bibliográficas:

1. Mayer C, Rühlemann A, Jäger M. Handball injuries and their prevention. *Orthopade*. 2019;48(12):1036–41.
2. Garcia F, Hagen M, Jensen B. International Handball Federation IX. Rules of the Game a) Indoor Handball. 2016;(July). Available from: [https://www.ihf.info/sites/default/files/2019-07/New-Rules of the Game_GB.pdf](https://www.ihf.info/sites/default/files/2019-07/New-Rules%20of%20the%20Game_GB.pdf)
3. Karcher C, Buchheit M. On-Court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sport Med*. 2014;44(6):797–814.
4. Wagner H, Finkenzeller T, Würth S, Von Duvillard SP. Individual and team performance in team-handball: A review. *J Sport Sci Med*. 2014;13(4):808–16.
5. Martín-Guzón I, Muñoz A, Lorenzo-Calvo J, Muriarte D, Marquina M, de la Rubia A. Injury prevalence of the lower limbs in handball players: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(1).
6. Rühlemann A, Mayer CU, Götte L, Behringer M, Jäger M. Functional knee stability in handball: An indispensable criterion for safe sport | Funktionelle Kniestabilität im Handball: Ein unverzichtbares Kriterium für sicheren Sport. *Sportverletzung-Sportschaden [Internet]*. 2019;33(2):87–95. Available from: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/pdf/10.1055/a-0753-2285.pdf>
7. Sadoghi P, Von Keudell A, Vavken P. Effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention training programs. *J Bone Jt Surg - Ser A*. 2012;94(9):769–76.
8. Prò EA. Anatomía clínica [Internet]. 2012. 1026 p. Available from: <https://medibrainsite.files.wordpress.com/2017/04/anatomicc81a-clicc81nica-procc81.pdf>
9. Kapandji A. *Fisiología Articular*. 6th ed. Tomo 2. Editorial Panamericana.
10. Rafnsson ET, Valdimarsson Ö, Sveinsson T, Árnason Á. Injury Pattern in Icelandic Elite Male Handball Players. *Clin J Sport Med*. 2019;29(3):232–7.
11. Lewis DA, Kirkbride B, Vertullo CJ, Gordon L, Comans TA. Comparison of four alternative national universal anterior cruciate ligament injury prevention programme implementation strategies to reduce secondary future medical costs. *Br J Sports Med*. 2018;52(4):277–82.
12. Donnell-Fink LA, Klara K, Collins JE, Yang HY, Goczalk MG, Katz JN, et al. Effectiveness of knee injury and anterior cruciate ligament tear prevention programs: A meta-analysis. *PLoS One*. 2015;10(12):1–17.
13. Gagnier JJ, Morgenstern H, Chess L. Interventions designed to prevent anterior cruciate ligament injuries in adolescents and adults: A systematic review and

- meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2013;41(8):1952–62.
14. Achenbach L, Krutsch V, Weber J, Nerlich M, Luig P, Loose O, et al. Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2018;26(7):1901–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-017-4758-5>
 15. Silberman. *Traumatología Y Ortopedia*. 2nd ed. Panamericana E medica, editor. 2012. 50–56, 76–80 p.
 16. BANI U. Lesiones traumáticas de los meniscos de la rodilla. *Med Fis Rehabil* [Internet]. 1950;12(46–47):1–10. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1286-935X\(14\)67553-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1286-935X(14)67553-5)
 17. Laver L, Luig P, Achenbach L, Myklebust G, Karlsson J. Handball injuries: Epidemiology and injury characterization: Part 1. *Handb Methods Leadersh Res.* 2017;141–53.
 18. Vila H, Barreiro A, Ayán C, Antúnez A, Ferragut C. The Most Common Handball Injuries: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(17).
 19. Mónaco M, Gutiérrez Rincón JA, Montoro Ronsano JB, Til L, Drobic F, Nardi Vilardaga J, et al. Epidemiología lesional del balonmano de elite: estudio retrospectivo en equipos profesional y formativo de un mismo club. *Apunt Med l'Esport.* 2014;49(181):11–9.
 20. Raya-González J, García-Esteban S, de Ste Croix M, Manuel Clemente F, Castillo D. Longitudinal differences in the injury profile of professional male handball players according to competitive-level. *Res Sport Med* [Internet]. 2021;29(1):90–102. Available from: <https://doi.org/10.1080/15438627.2020.1800465>
 21. Petersen W, Diermeier T, Mehl J, Stöhr A, Ellermann A, Müller P, et al. Prävention von Knieverletzungen und VKB-Rupturen. *OUP (Orthopädische Unfallchirurgische Praxis)*, Dtsch Ärzteverlag. 2016;5(10):542–50.
 22. Seil R, Laver L, Landreau P, Myklebust G, Waldén M. ESSKA helps making a change: the example of handball medicine. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2018;26(7):1881–3.
 23. Valderrama A, Granados J, Alvarado C, Barrera B, Contreras E, Uriarte K, et al. Lesión del ligamento cruzado anterior. *Medigraphic* [Internet]. 2017;13(4):160–6. Available from: <http://www.medigraphic.com/orthotips>
 24. Ayala-Mejías JD, García-Estrada GA, Alcocer Pérez-España L. Lesiones del ligamento cruzado anterior. *Acta ortopédica Mex.* 2014;28(1):57–67.
 25. Siegel L, Vandenakker-albanese C, Siegel D. Anterior Cruciate Ligament Injuries : Anatomy , Physiology , Biomechanics , and Management.

- 2012;22(4):349–55.
26. Takahashi S, Nagano Y, Ito W, Kido Y, Okuwaki T. Medi-98-E16030.Pdf. 2019;98(26).
 27. Paszkewicz J, Webb T, Waters B, Mccarty W, Lunen B Van. The Effectiveness of Injury-Prevention Programs in Reducing the Incidence of Anterior Cruciate Ligament Sprains in Adolescent Athletes Focused Clinical Question Can lower extremity injury-prevention programs effectively reduce ACL injury rates in adolesc. *J Sport Rehabil.* 2012;21:371–7.
 28. Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, et al. Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018;138(1):51–61.
 29. Bencke J, Curtis D, Krogshede C, Jensen LK, Bandholm T, Zebis MK. Biomechanical evaluation of the side-cutting manoeuvre associated with ACL injury in young female handball players. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2013;21(8):1876–81.
 30. Jarbo KA, Hartigan DE, Scott KL, Patel KA, Chhabra A. Accuracy of the lever sign test in the diagnosis of anterior cruciate ligament injuries. *Orthop J Sport Med.* 2017;5(10):1–7.
 31. Brotzman SB, Brotzman SB, Manske RC, At C. Rehabilitación ortopédica clínica.
 32. Arundale AJH, Bizzini M, Giordano A, Hewett TE, Logerstedt DS, Mandelbaum B, et al. Exercise-based knee and anterior cruciate ligament injury prevention. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2018;48(9):A1–25.
 33. Webster KE, Hewett TE. Meta-analysis of meta-analyses of anterior cruciate ligament injury reduction training programs. *J Orthop Res.* 2018;36(10):2696–708.
 34. Myer GD, Ford KR, Khoury J, Succop P, Hewett TE. Biomechanics laboratory-based prediction algorithm to identify female athletes with high knee loads that increase risk of ACL injury. *Br J Sports Med.* 2011;45(4):245–52.
 35. Sugimoto D, Myer GD, Bush HM, Klugman MF, Jennifer MMM, Hewett TE. Compliance with neuromuscular training and anterior cruciate ligament injury risk reduction in female athletes: A meta-analysis. *J Athl Train.* 2012;47(6):714–23.
 36. Daneshjoo A, Hoseinpour A, Sadeghi H, Kalantari A, Behm DG. The Effect of a Handball Warm-Up Program on Dynamic Balance among Elite Adolescent Handball Players. *Sports.* 2022;10(2):1–11.
 37. Asker M, Hägglund M, Waldén M, Källberg H, Skillgate E. The Effect of Shoulder

and Knee Exercise Programmes on the Risk of Shoulder and Knee Injuries in Adolescent Elite Handball Players: A Three-Armed Cluster Randomised Controlled Trial. *Sport Med - Open* [Internet]. 2022;8(1). Available from: <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00478-z>

38. Peterson JR, Krabak BJ. Anterior cruciate ligament injury. mechanisms of injury and strategies for injury prevention. *Phys Med Rehabil Clin N Am* [Internet]. 2014;25(4):813–28. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmr.2014.06.010>
39. Noyes FR, Barber-Westin SD. Neuromuscular retraining in female adolescent athletes: Effect on athletic performance indices and noncontact anterior cruciate ligament injury rates. *Sports*. 2015;3(2):56–76.