

## TRABAJO FIN DE GRADO

“LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN BALONMANO FEMENINO. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y PROPUESTA DE PROGRAMA DE PREVENCIÓN APLICADO A UN EQUIPO DE BALONMANO FEMENINO”



AUTOR/A AZANZA ORBE AMAIA  
DIRECTOR/A YANCI IRIGOYEN JAVIER  
GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE  
2015/2016  
JUNIO

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. MÉTODO .....	4
3. ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA DE LA RODILLA .....	5
4. INCIDENCIA DE LESIÓN DEL LCA EN DEPORTES DE EQUIPO Y EN BALONMANO FEMENINO Y MASCULINO .....	6
5. FACTORES DE RIESGO DE LESIÓN .....	12
6. REHABILITACIÓN PRE Y POST CIRUGÍA Y RETORNO AL DEPORTE .....	16
Fase inmediata (posterior a la lesión y pre quirúrgica) .....	17
Fase post quirúrgica .....	17
Fase de entrenamiento funcional .....	19
Fase de retorno al deporte .....	19
7. PROGRAMAS DE PREVENCIÓN .....	20
Propuesta de programa de prevención en Balonmano Femenino.....	25
8. CONCLUSIONES .....	28
9. BIBLIOGRAFÍA .....	29

## 1. INTRODUCCIÓN

El balonmano es un deporte en el que, según los estudios epidemiológicos realizados, se produce una alta incidencia de lesiones deportivas (Olmedilla, 2010). Algunos de los factores estudiados que han resultado relevantes en el riesgo de lesión son las cargas de entrenamiento, el nivel de intensidad de los partidos, la superficie del terreno de juego que puede influir directamente en las lesiones de rodilla, el contexto específico de competición, la categoría deportiva, o la edad (Olmedilla, 2010). La incidencia lesional en el balonmano es entre 4,1-12,4 lesiones por 1.000 h de exposición total, siendo de 3 a 10 veces más frecuentes en partidos que en entrenamientos (Mónaco et al., 2015). Los equipos sénior pueden presentar una mayor incidencia que los jóvenes (Mónaco et al., 2015). En el estudio realizado por Mónaco et al. (2015), se analizó la incidencia lesional durante 5 temporadas en un total de 29 equipos de balonmano de 6 categorías diferentes. Se recogieron un total de 557 lesiones ante 117.723 h de exposición (114.730 h de entrenamientos y 2.993 h de partidos). Las lesiones más frecuentes fueron las de tobillo (18,1%), y las de rodilla (15,3%) y en cuanto a las estructuras más afectadas fueron las ligamentosas (27,3%) producidas por un traumatismo indirecto (Mónaco et al., 2015). En cuanto al índice lesional respecto a distintas categorías competitivas, se ha expuesto que los equipos de categoría cadete presentan el mayor índice lesional, probablemente porque es una edad de cambios puberales o bien por los cambios en la reglamentación (dado que en cadetes comienzan a utilizar un balón de tamaño y peso mayor, y juegan más minutos por partido) (Mónaco et al., 2015). En el estudio realizado por Olmedilla (2010), con jugadores jóvenes de balonmano se pudo observar que la edad del jugador tiene una relación estadísticamente significativa con el número total de lesiones que sufre. Respecto a las diferencias de sexo, los artículos de Voskanian (2013), Olsen et al. (2003), Fort et al. (2013) y Renstrom et al. (2008) nos indican que las mujeres presentan un mayor riesgo lesional, sobre todo lesiones ligamentosas que implican la lesión del ligamento cruzado anterior (LCA).

Por lo tanto, la literatura sugiere que hay que tener especial cuidado con los jugadores de balonmano jóvenes y las jugadoras de balonmano, ya que, tal y como se ha expuesto, diversos estudios muestran que el riesgo de sufrir una lesión en este colectivo es mayor.

Concretamente en la lesión del LCA, se observa que hay mayor incidencia en jugadoras de balonmano, desde categorías inferiores hasta categoría sénior (Olsen, Myklebust, Engebretsen, Holme, & Bahr, 2003). Debido a la gran influencia de lesiones que hay en deportistas femeninas, es de vital importancia tanto para los entrenadores como para los fisioterapeutas, diseñar programas de prevención neuromusculares y propioceptivos a sus jugadoras, trabajando la fuerza y el equilibrio, para poder minimizar el riesgo de sufrir una lesión del LCA. Por lo tanto, el objetivo principal de esta revisión realizada de la literatura científica es conocer las evidencias que hay sobre la lesión del LCA, especialmente en balonmano femenino, e identificar los factores de riesgo tanto externos como internos de la lesión del LCA en mujeres jugadoras de balonmano para poder minimizar el índice lesional y diseñar un programa preventivo del LCA.

## 2. MÉTODO

En este trabajo de revisión se realizó una búsqueda bibliográfica sobre la lesión del ligamento cruzado anterior en deportes de equipo y profundizando en balonmano femenino. En primer lugar, se buscaron artículos sobre la lesión del LCA en deportes de equipo y posteriormente en balonmano femenino y masculino. La búsqueda se realizó en las bases de datos Pubmed, Google Académico, Researchgate y Dialnet. Se incluyeron artículos tanto en inglés como en castellano indexados hasta la fecha de marzo de 2016. En dicha búsqueda las palabras clave en castellano fueron las siguientes: *“lesión, ligamento cruzado anterior”, “LCA”, “balonmano femenino”* y *“prevención”*. Las palabras clave en inglés fueron: *“injury”, “anterior cruciate ligament”, “ACL”, “women’s handball”* y *“prevention”*. En primer lugar se consultó el título y el abstract para ver si eran artículos elegibles y relacionados con el tema de investigación y posteriormente se buscó el texto completo de los artículos escogidos. Para la selección de los estudios científicos a incluir en la revisión bibliográfica se siguieron los siguientes criterios de inclusión:

- Lesión del LCA en deportes de equipo
- Lesión del LCA en deportistas femeninas
- Lesión del LCA en balonmano femenino
- Estudios científicos redactados en inglés o castellano.

Del mismo modo, como criterios de exclusión se establecieron los siguientes:

- Lesión del LCA en personas no deportistas o físicamente activas
- Lesión del LCA en deportes individuales
- Estudios que no estaban publicados en revistas científicas
- Estudios que no cumplían el criterio de haber sido revisados por pares a doble ciego.

### **3. ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA DE LA RODILLA**

El LCA es un ligamento intra articular que se inserta distalmente en el área prespinal de la cara superior de la extremidad proximal de la tibia y proximalmente, en la porción posterior de la superficie interna del cóndilo femoral externo. Este ligamento está formado por numerosas fibras que absorben las sollicitaciones de tensión durante el arco de movimiento de la rodilla (Forriol, Maestro, & Vaquero, 2008). Su función principal es limitar la traslación anterior de la tibia sobre el fémur, pero contribuye además a la estabilización en varo o valgo excesivo y limita la hiperextensión (Ramos, López-Silvarrey, Segovia, Martínez, & Legido, 2008). Por otro lado, el LCA es el responsable, durante la flexión, del deslizamiento del cóndilo hacia delante (Forriol et al., 2008). El LCA se tensa durante el movimiento de flexo - extensión de la articulación de la rodilla y actúa como una estructura que limita la hiperextensión de la rodilla y previene el deslizamiento hacia atrás del fémur sobre el platillo tibial (Forriol et al., 2008). Además, evita la rotación axial excesiva de la tibia sobre el fémur y mantiene la estabilidad en valgo-varo (Forriol et al., 2008). Los conceptos anatómicos y biomecánicos importantes del LCA normal son los siguientes: que cada fibra tiene un punto único de origen e inserción, que las fibras no son paralelas ni tienen la misma longitud y que no están bajo la misma tensión en ningún punto del movimiento (Márquez & Márquez, 2009).

El LCA es la primera restricción para el desplazamiento anterior de la tibia. Junto con el ligamento cruzado posterior (LCP), el LCA determina la combinación de deslizamiento y rodamiento entre la tibia y el fémur que caracteriza la cinemática de la rodilla normal (Márquez & Márquez, 2009). El LCA es el estabilizador más importante de la rodilla. Adopta una disposición helicoidal característica, la cual proporciona una tensión adecuada del ligamento a través de todo su rango de movimiento (Lewis, 2000). Alberga terminaciones nerviosas sensoriales como son

las terminaciones de Ruffini, los corpúsculos de Pacini, las terminaciones de Golgi y las terminaciones nerviosas libres que proveen al sistema nervioso central (SNC) de información sobre las características de los movimientos y de las posiciones relacionadas con el estiramiento de estos ligamentos (Ramos et al., 2008). Además detectan cambios en la tensión, la velocidad, la aceleración, la dirección del movimiento y la posición de la rodilla (Ramos et al., 2008). El ligamento está bajo diferentes grados de tensión en todas las posiciones de movimiento, pero la translación tibial anterior máxima se observa a 30 ° de flexión cuando las bandas del LCA muestran su tensión mínima (Lewis, 2000). Algo que también se ha estudiado intensamente es la función propioceptiva del LCA (Lewis, 2000). En un estudio mostrado en el artículo de Lewis (2000), se observó que hay déficit propioceptivo significativo en las rodillas, lo que nos hace pensar, que el déficit propioceptivo puede ser un mecanismo de lesión del LCA. De todos modos, el mecanismo de lesión más frecuente, en el LCA, es la rotación del fémur sobre la tibia fija (pie apoyado) durante un movimiento de valgo excesivo o forzado (pivote) (Ramos et al., 2008). También es común la hiperextensión de la rodilla, aislada o en combinación con rotación interna de la tibia (Ramos et al., 2008).

#### **4. INCIDENCIA DE LESIÓN DEL LCA EN DEPORTES DE EQUIPO Y EN BALONMANO FEMENINO Y MASCULINO**

A nivel económico, el gran número de lesiones de LCA que se producen anualmente provoca un gran impacto en los costes sanitarios y crea un problema para la sociedad, causando consecuencias devastadoras para la calidad de vida de los pacientes (Dai, Mao, Garrett, & Yu, 2014). Con una base estimada de 200.000 casos de lesiones de LCA en los Estados Unidos cada año, el costo anual de la lesión del LCA se estima en 4 mil millones de dólares solo para el tratamiento quirúrgico (Dai, Mao, Garrett, & Yu, 2014). Se estima que la carga financiera de estas lesiones, cuando se tratan con la reconstrucción del LCA es de 7,6 millones de dólares anuales y de 17,7 millones de dólares cuando se tratan con la rehabilitación (Dai et al., 2014). A nivel general, la incidencia de lesiones de LCA aisladas se estima en 30 por cada 100.000 habitantes al año (Miyasaka, Daniel, Stone, & Hirshman, 1991). No solo a nivel económico se sufren consecuencias, sino que en algunos casos, puede truncar la carrera del deportista (Miyasaka, Daniel, Stone, &

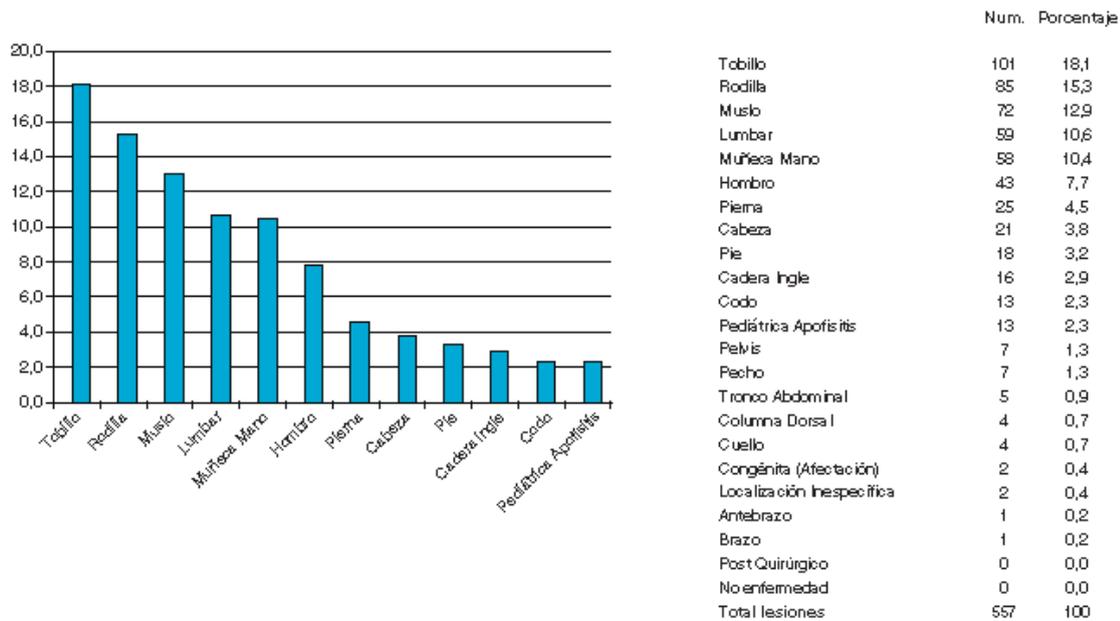
Hirshman, 1991). Se ha observado que tras una reconstrucción del LCA por lo general los pacientes tienen una resistencia, propiocepción, equilibrio y patrones de control neuromuscular anormales, así como un mayor riesgo de sufrir una nueva lesión (Márquez & Márquez, 2009). Muchos de estos deportistas no son capaces de volver a su nivel previo a la lesión. El regreso a la participación deportiva al mismo nivel preoperatorio se reporta en el 41-92% de los pacientes (Márquez & Márquez, 2009). Entre el 59%-70% de estos deportistas desarrollarían osteoartritis de rodilla, el 16%-19% tendría artrosis sintomática de rodilla durante toda su vida, y el 13%-15% necesitaría una artroplastia total de rodilla (Dai et al., 2014).

Las lesiones del LCA se producen comúnmente durante la práctica de actividades deportivas (Alanís-Blancas, Zamora-Muñoz, & Cruz-Miranda, 2012). Alrededor del 70% de las rupturas del LCA son el resultado de lesiones que se producen tras un traumatismo indirecto, es decir, suceden realizando actividades como detenerse en forma súbita, hacer giros, pivotar sobre una pierna o aterrizar después de un salto (Alanís-Blancas et al., 2012). El otro 30% es el resultado de un traumatismo directo, de un contacto de la rodilla con otro jugador o con otro objeto (Alanís-Blancas et al., 2012). Los casos de lesión sin contacto se dan de manera más común en deportes de equipo como el fútbol, baloncesto o voleibol, ya que en dichos deportes se dan casos de aterrizaje tras saltos, cambios de dirección y desaceleraciones (Voskanian, 2013). El fútbol, el béisbol o el baloncesto originan el 78% de las lesiones del LCA en deportistas, según el artículo de Márquez et al. (2009). Este autor nos muestra que cada año ocurren en EEUU por lo menos 100.000 casos de lesiones del LCA en deportistas jóvenes (con mayor incidencia entre los 10 y 19).

Concretamente, la diferencia entre deportistas femeninas y masculinos es considerable (Olsen, Myklebust, Engebretsen, Holme, & Bahr, 2003; Voskanian, 2013). En deportes de equipo, un estudio de Olsen et al. (2003), mostró que la tasa de lesión del LCA es 3-5 veces mayor entre las mujeres en los juegos de pelota de interior que entre los hombres. Según el artículo de Voskanian (2013), las mujeres tienen mayor riesgo de sufrir lesión del LCA que los hombres debido al nivel de acondicionamiento físico, nivel de habilidad deportiva, las dimensiones del LCA, el grado de laxitud de la rodilla, el ángulo Q y las diferencias hormonales. Las mujeres tienden a hacer el aterrizaje del salto con las piernas más extendidas que los hombres, en una posición más erguida, que provoca más riesgo de lesión de LCA (Voskanian, 2013). En otro estudio realizado por Fort et al. (2008), en el que se

realizaba un test en el que se comparaba los datos estabilométricos del equilibrio unipodal entre la pierna dominante y no dominante de forma estática y dinámica a un grupo de mujeres y hombres deportistas, se observó que existían diferencias entre varones y mujeres en el control neuromuscular de las extremidades inferiores y que las deportistas femeninas tienen una incidencia de lesiones de LCA de 4 a 6 veces mayor que los varones que practican la misma actividad deportiva. Otro meta análisis nos corrobora que las mujeres tienen una incidencia tres veces mayor que los hombres de desgarros del LCA en fútbol, balonmano y baloncesto (Márquez & Márquez, 2009). Otros estudios epidemiológicos han demostrado que las mujeres tienen mayor vulnerabilidad de sufrir una ruptura del LCA (Alanís-Blancas et al., 2012). Las mujeres tienen mayor riesgo de sufrir lesiones tras un traumatismo indirecto, es decir, durante actividades en las que se realicen giros, pivotes a una pierna, o por efecto de la desaceleración al aterrizar después de un salto o detenerse en forma súbita (Alanís-Blancas et al., 2012).

El balonmano es un deporte de equipo con una gran exigencia física y contacto, a la vez que es uno de los que presenta el mayor riesgo lesional, siendo las localizaciones más frecuentes tobillo (18,1%) y rodilla (15,3%) (Mónaco et al., 2015). La incidencia lesional en balonmano es difícil de definir, por la baja homogeneidad en los estudios existentes (Mónaco et al., 2015). Según distintas fuentes, la incidencia lesional desde un día de baja en el balonmano es entre 4,1-12,4 lesiones por cada 1.000 h de exposición en la modalidad deportiva, siendo de 3 a 10 veces más frecuentes en partidos que en entrenamientos (Mónaco et al., 2015). Los equipos sénior pueden presentar una mayor incidencia que los jóvenes (Mónaco et al., 2015). Aunque no hay datos concretos de la frecuencia de las diferentes lesiones de rodilla en balonmano, estudios globales sobre lesiones deportivas indican que las lesiones complejas de rodilla suponen un porcentaje bajo (8,2%) (Moreno Pascual et al., 2008). La mayor frecuencia es la de lesiones capsuloligamentosas (21,8%) y musculares (21,8%), seguidas de las contusiones (14,3%) y las tendinosas (12,9%). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por el estudio de Mónaco et al. (2015), en el que las lesiones más frecuentes son las ligamentosas (27,3%) y las musculares (20,5%). Este aspecto se puede observar en la Tabla 1 y Figura 1.



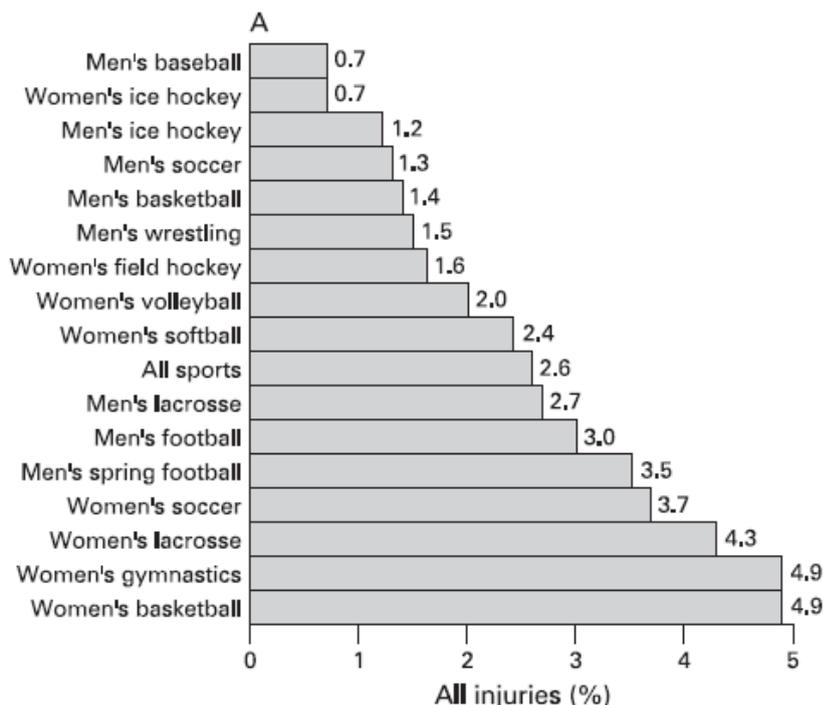
**Figura 1:** Distribución de lesiones por frecuencia (tomado de (Mónaco et al. (2015))).

**Tabla 1:** Distribución de las lesiones según la estructura afectada (tomado de (Mónaco et al. (2015))).

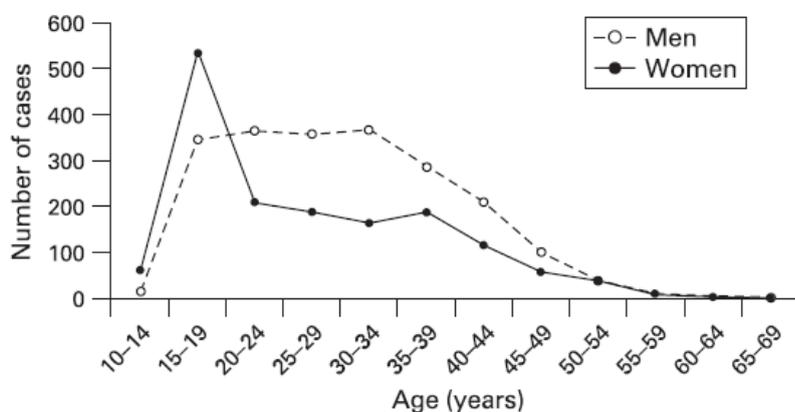
	n	Porcentaje (%)	Días totales de baja en lesiones	Media de días de baja	DE
Tobillo	78	51,3	714	9,2	7,4
Codo	10	6,6	104	10,4	10,0
Rodilla	20	13,2	473	23,7	37,5
Hombro	7	4,6	46	6,6	6,3
Muñeca y mano	19	12,5	237	12,5	17,0
Otros	18	11,8	103	5,7	8,0
Total	152		1.677	11,0	16,8

Aunque todos estos datos muestren que la incidencia de lesión del LCA es baja, si es cierto que por su gravedad las lesiones de mayor importancia son precisamente las de LCA (Moreno Pascual et al., 2008). Respecto al baloncesto, los resultados de la liga española muestran que las lesiones de las extremidades inferiores suponen un total del 46.13% de las lesiones comunicadas. Respecto al tipo de lesiones más frecuentes que se dan en el baloncesto, todos los estudios coinciden en señalar como la lesión más frecuente el esguince de tobillo (Marqueta et al., 1988). El esguince de rodilla, con afectación frecuente del LCA es otra de las lesiones frecuentes en los jugadores de baloncesto. Según un estudio realizado, la incidencia de sufrir una lesión de esguince de rodilla es de 3,6-4,61%, por debajo de la

tendinitis rotuliana y el esguince de tobillo (Marqueta et al., 1988), lo que nos indica que la incidencia de lesión de rodilla es más baja que en el balonmano. En cambio, si hablamos de fútbol, es uno de los deportes que tienen el mayor riesgo de lesión del LCA. Las tasas de incidencia de lesión del LCA están en el rango de 0,15% -3,67 % por persona al año y 0,07-1,08 por cada 1000 (Dai et al., 2014). La incidencia lesional, expresada en lesiones por 1000 h de juego es de 5,6 en el fútbol, de 4,1 en el balonmano y de 3,0 en el baloncesto (Marqueta et al., 1988). En las lesiones del LCA en balonmano, existe una gran diferencia entre las mujeres y los hombres (Olsen et al., 2003). En el estudio de Olsen et al. (2003), se mostró que la tasa de lesión del LCA es 3-5 veces mayor entre las mujeres que los hombres. Las jugadoras que juegan en parquet, tienen menos riesgo de lesión de LCA (Olsen et al., 2003), ya que los terrenos blandos reducen el riesgo de lesión. Otro estudio mostró que la incidencia de lesión del LCA fue mayor en las mujeres que juegan a nivel profesional (0,82 lesiones del LCA / 1000 h de juego) en comparación con las 0,31 lesiones / 1000 h de juego en los hombres (Renstrom et al., 2008). Otro estudio de Setuain et al. (2015), realizado con jugadores profesionales de balonmano, indicó que las jugadoras femeninas tienen un mayor riesgo de lesión del LCA que sus homólogos masculinos durante las acciones de salto y pivotar. Posiblemente estas diferencias puedan deberse a las distintas características neuromusculares y anatómicas (Renstrom et al., 2008) tal y como se observa en las Figuras 2 y 3.



**Figura 2:** Ocurrencia de la lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) (tomado de (Renstrom et al. (2008))).



**Figure 1** Distribution of patients in the Norwegian National Knee Ligament Registry by age and sex.

**Figura 3:** Número de casos de lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) en función del sexo (tomado de (Renstrom et al. (2008))).

## 5. FACTORES DE RIESGO DE LESIÓN

Varios autores en la literatura científica exponen la importancia de los factores de riesgo de lesión del LCA en deportes en los que predominan saltos, cambios de dirección y variaciones de velocidad (Fort & Rodriguez, 2013). Es de vital importancia analizar qué factores influyen en la lesión del LCA en mujeres deportistas ya que diversos estudios, tal y como se ha comentado en apartados anteriores, han demostrado que las mujeres tienen una mayor incidencia de lesión que los hombres (Renstrom et al., 2008).

Dentro de factores de riesgo, se han analizado dos tipos de factores (Renstrom et al., 2008): 1) externos: que incluyen las características de la competición, el calzado utilizado, la pista o superficie de juego y las condiciones ambientales, y 2) internos: que incluyen las características anatómicas de los deportistas, los factores neuromusculares y hormonales. Comprender los mecanismos de carga del LCA y los factores de riesgo son fundamentales para el diseño de programas de prevención eficaces (Dai, Mao, Garrett, & Yu, 2014).

Con respecto a los factores externos, un estudio analizado en el artículo de Renstrom et al. (2008) informó que los deportistas están en un mayor riesgo de sufrir una lesión del LCA durante un partido que durante un entrenamiento, concretamente el riesgo de sufrir la lesión en competición es de 7 a 65 veces mayor que durante un entrenamiento. Parece ser que el nivel de la competición, la forma en que compite el deportista o alguna combinación de los dos, aumenta el riesgo de sufrir una lesión (Renstrom et al., 2008). Sin embargo, los estudios relacionados con este punto son escasos y la tendencia de la literatura va encaminada a estudiar más a fondo este aspecto, y poder sacar conclusiones exactas sobre los factores de riesgo, para poder minimizarlos.

Por otro lado diversos estudios indican que la fricción entre el calzado y la superficie de juego puede aumentar de manera potencial el riesgo de sufrir una lesión del LCA (Olsen, Myklebust, Engebretsen, Holme, & Bahr, 2003). Jugar en un terreno de juego cuya superficie es dura, implica un aumento de las fuerzas reactivas a las que se ven sometidas los ligamentos de la rodilla (Olsen et al., 2003). El estudio de Olsen et al. 2003 demostró que para las jugadoras de balonmano, el riesgo de lesión de LCA es mayor en pista artificial que en parqué. La alta fricción de la zapatilla con

la pista aumenta el riesgo de lesiones, ya que el pie se queda fijo en el suelo en el momento de la lesión. Sin embargo, esta relación no existe en los jugadores de balonmano masculinos (Olsen et al., 2003). Otro estudio, en este caso en el fútbol, constató que el riesgo de sufrir una lesión del LCA es mayor en jugadores de fútbol que tienen botas con mayor número de tacos y que produce una mayor resistencia a la torsión (Renstrom et al., 2008). Por lo tanto, la tendencia de la literatura nos sugiere que el calzado deportivo y la superficie de juego si puede influir en el aumento de riesgo de lesión del LCA y que evitar jugar en pista dura y el calzado de mala calidad sin amortiguación adecuada, puede ayudar a minimizar el riesgo de lesión.

Otro factor externo que puede influir en la lesión del LCA es el factor climático, principalmente en deportes outdoor. Las condiciones climáticas secas pueden aumentar el riesgo de lesión a través de un traumatismo indirecto del LCA (Karlsson, Cugat, & Myer, 2014). Sin embargo, otros estudios afirman que se sabe relativamente poco sobre el efecto de estas variables en el riesgo de sufrir una lesión por parte del deportista. Según otro estudio mostrado en el artículo de Renstrom et al. (2008) en el que se analizaron las lesiones del LCA por traumatismo indirecto sufridas en el fútbol australiano, las lesiones fueron más frecuentes en los periodos de baja precipitación y alta evaporación (Renstrom et al., 2008). Estos estudios ponen de manifiesto que las condiciones meteorológicas tienen un efecto directo sobre la tracción entre el calzado deportivo y la superficie de juego, y esto a su vez tiene un efecto directo sobre la probabilidad de que un deportista sufra una lesión del LCA. Por otro lado, este es un aspecto que hay que estudiar más y realizar más estudios para corroborar los resultados que se han obtenido.

Además de los factores externos, otros autores como (Barber-Westin, Noyes, Smith, & Campbell, 2009; Fort & Rodriguez, 2013; Karlsson et al., 2014; Lewis, 2000; Quatman & Hewett, 2009; Voskanian, 2013) exponen que existen factores de riesgo internos que inciden en la lesión del LCA. Estos factores que pueden ser de distinto origen, pueden predisponer a que el/la deportista sufra mayor incidencia lesiva en la extremidad inferior. La laxitud de los ligamentos, el control de pronación, las características neuromusculares y el efecto de las hormonas menstruales son factores esclarecedores en la lesión de LCA en mujeres deportistas (Lewis, 2000).

En este sentido, las diferencias anatómicas entre hombres y mujeres pueden ser un factor que contribuya a un incremento de lesión del LCA (Alanís-Blancas, Zamora-

Muñoz, & Cruz-Miranda, 2012). Según Alanís-Blancas et al. (2012), el ángulo Q, cuyo valor normal es de 8 a 17°, es consistentemente mayor en las mujeres. Este aumento se atribuye a que, en promedio, la pelvis de la mujer es más ancha y el fémur más corto. Al existir un ángulo Q elevado aumenta el estrés medial sobre los ligamentos de la rodilla (Alanís-Blancas et al., 2012). La población de atletas con lesión del LCA tiene un ángulo Q aumentado en relación con los atletas no lesionados (Alanís-Blancas et al., 2012). Siguiendo esta línea, un estudio de Lewis (2000) expone que el ángulo Q es mayor en mujeres. Las mujeres poseen una pelvis más ancha que los hombres, aumentando el valgo de las rodillas, aunque hay estudios que dicen que no hay relación directa del ángulo Q con la lesión de LCA (Lewis, 2000), por lo que merece la pena ser investigado más a fondo en estudios futuros. En cuanto a la laxitud de la articulación, hay estudios que muestran que las mujeres deportistas tienen menor laxitud que las sedentarias (Voskanian, 2013). Otro estudio muestra que hay mayor laxitud en rodillas ya operadas de LCA que en las que no están operadas (Voskanian, 2013). También se muestra que los sujetos con mayor hiperextensión de rodilla, tienen más riesgo de lesión de LCA (Lewis, 2000). Otro artículo analizado, muestra que en mujeres hay más riesgo de sufrir lesiones predominantemente por el mecanismo “valgo” de la rodilla (Quatman & Hewett, 2009). En un estudio de Olsen et al. (2003) en la liga femenina de balonmano en Noruega, se pudo ver que más del 50% de las jugadoras que se lesionaron tenían valgo de rodilla y solo el 20% en jugadores masculinos de balonmano. Por otro lado, según el estudio de Dai et al. (2014) la traslación anterior de la tibia con respecto al fémur es el principal mecanismo de lesión. Sin embargo, aunque el problema de esta lesión ha sido bien descrito, los mecanismos de lesión y los factores de riesgo del LCA aún no se conocen ni se identifican claramente. Por lo tanto, podemos decir que los mecanismos de carga en plano sagital y transversal probablemente contribuyen a la lesión de LCA por traumatismo indirecto, por lo que cada vez hay más evidencia de que los programas de prevención neuromuscular, pueden reducir el riesgo de lesión del LCA.

Por otro lado, los desequilibrios neuromusculares son los principales factores intrínsecos de la mayor incidencia de lesiones en las mujeres (Fort & Rodriguez, 2013). Según estos autores, el desequilibrio entre pierna dominante y no dominante, el déficit propioceptivo, la fatiga neuromuscular que provoca un déficit de la fuerza excéntrica y el déficit de control del tronco en las mujeres, pueden ser motivos de

sufrir una lesión del LCA. Los estudios demuestran que la diferencia de lesión de LCA entre ambos sexos se debe a las diferencias en las adaptaciones neuromusculares y biomecánicas relacionadas con la técnica de aterrizaje (Voskanian, 2013). Otro artículo analizado nos muestra que respecto a los factores neuromusculares y biomecánicos, se ha planteado que pueda ser el responsable de la diferencia de tasa de lesión en ambos géneros (Barber-Westin et al., 2009). McLean (2012) realizó estudios de control neuromuscular por medio de electromiografía, valorando la actividad muscular durante la actividad deportiva, mostrando que en las mujeres el músculo cuádriceps presenta mayor activación muscular durante los esfuerzos en flexión de la rodilla, mientras que los isquiotibiales tienden a relajarse. Esta diferencia en la activación muscular provoca un deslizamiento anterior de la tibia sobre el fémur, causando mayor estrés al LCA. Al provocar fatiga muscular y realizar el ejercicio de correr y detenerse en forma rápida, se ha demostrado también que existe un retraso en la activación del cuádriceps y de los isquiotibiales, provocando mayores momentos de flexión y valgo en las rodillas, incrementando el estrés del LCA (Alanís-Blancas et al., 2012). Todos estos estudios analizan la importancia de los factores neuromusculares y su relación con el riesgo de sufrir una lesión del LCA. A fin de poder disminuir este riesgo neuromuscular, podría ser recomendable diseñar programas de prevención antes de la pubertad, para minimizar las malas adaptaciones neuromusculares y biomecánicas.

Siguiendo con el análisis de los factores internos, hay unos factores de riesgo exclusivamente relacionados con la alta incidencia de lesión que se da en las mujeres deportistas. Hablamos de los factores hormonales y del ciclo menstrual en la mujer. Las hormonas sexuales pueden ser un factor en los problemas de ligamentos en las mujeres. Con mayor aumento de estrógenos, parece que existe mayor riesgo de lesión (Lewis, 2000). Una serie de investigaciones informó de que las fluctuaciones hormonales agudas que se producen durante el ciclo menstrual puede inducir cambios en el metabolismo de LCA, y el debilitamiento de la fuerza del ligamento y potencialmente aumentando su vulnerabilidad a la lesión (Barber-Westin et al., 2009). Según el artículo de Renstrom et al. (2008) la probabilidad de sufrir una lesión del LCA no se mantiene constante durante el ciclo menstrual, con un riesgo significativamente mayor durante la fase preovulatoria que durante la fase posterior a la ovulación. Este artículo de revisión realizado por Renstrom et al. (2008) muestra

estudios en los que se observa que hay una mayor prevalencia de lesiones del LCA por traumatismo indirecto entre las atletas durante la fase preovulatoria del ciclo menstrual. Para analizar este dato, se obtuvieron los niveles de orina de un grupo de deportistas y se analizaron los niveles de estrógeno y progesterona para caracterizar el estado menstrual del sujeto en el momento de la lesión. Esto confirmó que significativamente se produjeron más lesiones del LCA durante los días 9-14 de un ciclo de 28 días con un menor número de lesiones que lo esperado durante la fase posterior a la ovulación (definido como el día 15 hasta el final del ciclo). Otro estudio también mostró que las mujeres atletas presentaban un mayor riesgo de sufrir una lesión del LCA durante la fase preovulatoria de su ciclo menstrual en comparación con la fase posterior a la ovulación (Renstrom et al., 2008). Respecto al factor hormonal, hasta la fecha, no existe un mecanismo específico por el cual las hormonas influyen en la biología y la fisiología del LCA y no hay suficientes evidencias para sugerir que las hormonas son factores importantes en la biología y fisiología normal de colágeno, huesos y músculos. En el artículo de Alanís-Blancas et al. (2012) se expone que la evidencia de los efectos de las hormonas sexuales en el tejido conectivo es limitada y los resultados de algunos estudios son inconsistentes. Algunos estudios han mostrado que las hormonas sexuales pueden afectar las propiedades mecánicas del LCA (Renstrom et al., 2008). Por otro lado, tampoco hay evidencia concluyente de que los anticonceptivos orales tengan un efecto protector contra la lesión del LCA en concreto (Renstrom et al., 2008). Algún estudio ha observado que la incidencia de lesiones se ve afectada por las diferentes fases del ciclo menstrual y bajo efectos de anticonceptivos orales (Alanís-Blancas et al., 2012). Por lo tanto, en investigaciones futuras habría que estudiar más el concepto hormonal y ver si influye directamente en el riesgo de sufrir una lesión.

## **6. REHABILITACIÓN PRE Y POST CIRUGÍA Y RETORNO AL DEPORTE**

Paralelamente a la decisión sobre el tratamiento, debe seleccionarse el programa de rehabilitación (Ramos, López-Silvarrey, Segovia, Martínez, & Legido, 2008). Este debe planificarse de forma individualizada en función de los siguientes factores: tipo de tratamiento (conservador o quirúrgico), técnica quirúrgica utilizada, objetivos después del tratamiento y posibilidades o recursos de rehabilitación (Ramos et al., 2008). En cualquier caso las estrategias y el objetivo común de la rehabilitación pre

y/o post quirúrgicas es buscar el mejor nivel funcional para el paciente evitando el riesgo de una nueva lesión (Ramos et al., 2008). Ambos se consiguen eliminando la inestabilidad, restaurando la movilidad, recuperando la fuerza y alcanzando e incluso mejorando las capacidades físicas previas a la lesión (Ramos et al., 2008). El proceso de rehabilitación del LCA puede ser dividido en distintas fases, con una etapa inicial y una de retorno al deporte:

### **Fase inmediata (posterior a la lesión y pre quirúrgica)**

Los objetivos de esta fase persiguen minimizar la inflamación, evitar el dolor, conservar o aumentar el arco de movilidad, mantener la fuerza muscular e iniciar la relación del paciente con el equipo de tratamiento y rehabilitación (médico, enfermero, fisioterapeuta) (Ramos et al., 2008). El uso de los ejercicios isométricos es de gran utilidad en esta primera etapa (Ramos et al., 2008). Normalmente en esta fase, el trabajo se realiza con el fisioterapeuta (Berdejo, Sánchez, González & Jiménez, 2007).



**Figura 4:** Ejercicios isométricos de cuádriceps (tomado de (Ramos et al. (2008)).

### **Fase post quirúrgica**

Se divide en cuatro etapas. La primera etapa alcanza las primeras 2-4 semanas tras la intervención (Ramos et al., 2008). Tiene como objetivos fundamentales, completar la extensión y recuperar el control muscular. La recuperación del arco de movilidad es, sin duda, el aspecto más importante de esta fase (Ramos et al., 2008). El trabajo se sigue realizando con un fisioterapeuta (Berdejo et al., 2007).



**Figura 5:** Estiramiento forzado (tomado de (Ramos et al. (2008))).

La segunda etapa transcurre entre las semanas 6 y 10. Los objetivos planteados son: completar el arco de movilidad alcanzando la flexión y la hiperextensión, fortalecer la musculatura del miembro afectado, mejorar la propiocepción y recuperar el patrón de marcha (Ramos et al., 2008). El trabajo en esta etapa se realiza con el fisioterapeuta (Berdejo et al., 2007)



**Figura 6:** Ejercicios de balance y estabilidad para mejorar la propiocepción (tomado de (Ramos et al. (2008))).

La tercera etapa se inicia 2-3 meses después de la reconstrucción. Los ejercicios de flexibilidad forman parte de la metodología en esta fase. La elección del tipo de ejercicio depende de las circunstancias (Ramos et al., 2008). El trabajo de fortalecimiento muscular, es de gran importancia en esta etapa, pues se ha demostrado que, con el tiempo, cualquier injerto, por debilidad estructural, puede aumentar el grado de traslación anterior de la rodilla lesionada (Ramos et al., 2008). Por último, en la cuarta etapa, vamos aumentando la dificultad de los ejercicios en apoyo monopodal (saltar en un trampolín o sobre superficies de diferentes texturas

con una sola pierna) (Ramos et al., 2008).

### **Fase de entrenamiento funcional**

Considerada la fase más próxima al retorno a las actividades físicas y deportivas, se inicia transcurridas 16 semanas de la cirugía. Se considera una fase de preparación específica para el retorno a las actividades funcionales completas del ejercicio y deporte (Ramos et al., 2008). En esta fase, se lleva a cabo la readaptación funcional y fisiológica del deportista (Berdejo et al., 2007). Es aquí, cuando entra el protagonismo del readaptador deportivo, junto con el fisioterapeuta.

### **Fase de retorno al deporte**

La mayoría de los estudios sobre rehabilitación de LCA consiguen un retorno completo a las actividades deportivas en un plazo medio de 6 meses (Ramos et al., 2008).

El programa de recuperación de la lesión del LCA debe ir acompañado de una rutina para la mejora aeróbica que el/la jugador/a realizará diariamente. En esta rutina se incluye un trabajo de carrera continua, fartlek y entrenamiento interválico extensivo (Berdejo et al., 2007). Este trabajo estará supervisado por el preparador físico del equipo, que le establecerá los tiempos de las series, el número de series y el descanso entre ellas (Berdejo et al., 2007)

Según (Renstrom et al., 2008), la estimulación muscular eléctrica puede jugar un papel importante en la fase temprana de la rehabilitación, con el fin de estimular la activación de los músculos y es más eficaz en mujeres que en hombres para la prevención. La extensión completa de la rodilla es el problema más común después de la reconstrucción y por lo tanto, hay que realizar ejercicios con especial hincapié en la recuperación de la extensión de la rodilla y debe iniciarse durante los primeros días post operatorios (Renstrom et al., 2008).

En cuanto al retorno al deporte, la mayoría de los artículos publicados en los últimos años abogan por un retorno a los deportes de libre disposición 6 meses después tras la reconstrucción del LCA (Renstrom et al., 2008). El retorno al deporte tras la reconstrucción del LCA se debe basar en la función, el rango de movimiento, la fuerza y el deseo del paciente para recuperarse (Renstrom et al., 2008). En la última fase de recuperación, antes de que el deportista vuelva con el grupo, los ejercicios que debe realizar son los de carrera en campo y habilidades específicas del deporte

(Ortiz, Olson, Trudelle-Jackson, Rosario, & Venegas, 2011). En cuanto a los ejercicios en esta fase final de retorno al deporte, se ha indicado que es importante introducir ejercicios pliométricos que utilizan fase inicial de contracción concéntrica, seguida por otra fase de contracción excéntrica (Ramos et al., 2008). Para iniciar este tipo de ejercicios, se pueden subir y bajar escalones pequeños mediante saltos con ambas extremidades (Ramos et al., 2008). Finalmente, es necesario introducir y aplicar un programa de actividades en el que practiquen cambios de ritmo (aceleración, deceleración) y dirección (Ramos et al., 2008).

**Tabla 2:** Secuenciación del tratamiento de recuperación (tomado de (Berdejo et al. (2007))).

FASES	Fase T1	Fase T2	Fase T2	Fase T3	Fase T3	Fase T4
DÍAS	1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana	2º mes	3º mes
<b>PROCESOS</b>						
Electroestimulación						
Isométrico de cuádriceps 0°-90°						
Crioterapia						
Movilización de la Rótula						
Potenciación rodilla						
Potenciación tren superior						
Propiocepción						
Elíptica						
Carrera hierba						
Técnica de carrera						
Carrera en cancha						
Movimientos específicos de basket						
Calentamiento específico individual						
Entrenamiento con grupo						
Competición						

## 7. PROGRAMAS DE PREVENCIÓN

Los programas preventivos consisten en la realización de ejercicios con el objetivo de disminuir el riesgo de lesión de LCA (Michaelidis & Koumantakis, 2014). Se ha demostrado que un programa de ejercicios preventivos puede llegar a reducir hasta en un 50% el riesgo de lesiones sobre el LCA (Odd-egil Olsen, Myklebust, Engebretsen, Holme, & Bahr, 2005). Estos programas deben servir para acostumar al cuerpo a aplicar mejores hábitos para la estabilidad y seguridad de las articulaciones (Odd-egil Olsen et al., 2005). Existen en la actualidad varios programas de prevención que se utilizan en fútbol y cualquier otro deporte. El programa *“Prevent injury enhance performance”* (PEP) se creó para prevenir las lesiones de LCA y mejorar el rendimiento. Se basa en un calentamiento alternativo que aumenta la distensibilidad y sirve para combatir la fatiga (Bizzini, Junge, & Dvorak, 2013). Este programa consiste en realizar 20 minutos de entrenamiento,

desarrollado por un equipo compuesto por médicos, fisioterapeutas, preparadores físicos y entrenadores. Debe realizarse al menos 2-3 veces/semana. Consiste en realizar un calentamiento, seguido de unos estiramientos, trabajo de fuerza (fortalecimiento y ejercicios pliométricos), agilidad y propiocepción (Bizzini, Junge, & Dvorak, 2013). Por otro lado, otro programa de prevención, el 11+ fue desarrollado por un grupo internacional de expertos (F-MARC) (Bizzini, Junge, & Dvorak, 2013). El programa dura 20 minutos y debería practicarse como un calentamiento habitual, al comienzo de cada sesión de entrenamiento (mínimo 2 sesiones por semana). Este programa se divide en tres partes: parte 1, ejercicios de carrera a baja velocidad combinados con estiramientos activos y contactos controlados con el compañero. Parte 2, 6 grupos de ejercicios, centrados en la fuerza del tronco y de las piernas, equilibrio, pliometría y agilidad, cada uno con 3 niveles de dificultad creciente. Y la última parte, ejercicios de carrera a velocidad moderada-alta combinados con movimientos de cambio de dirección. (Bizzini, Junge, & Dvorak, 2013). En este último programa, se ha observado que los equipos que lo han llevado a cabo al menos 2 veces a la semana, han visto reducidas sus lesiones de ligamento cruzado anterior en un 30-50% (Bizzini, Junge, & Dvorak, 2013). De la misma forma, el programa de prevención Sportmetrics se trata de realizar un entrenamiento de saltos de 6 semanas (3 veces/semana a días alternos) y se compone de un calentamiento dinámico, análisis biomecánico de la marcha, ejercicios pliométricos, entrenamiento de fuerza y ejercicios de flexibilidad (Bizzini, Junge, & Dvorak, 2013). Por último, también se ha utilizado el programa de prevención Klip, el cual fue diseñado por un fisiólogo del ejercicio, entrenadores de atletismo, fisioterapeutas y médicos (Bizzini, Junge, & Dvorak, 2013). Puede realizarse antes o al final del entrenamiento y dura 20 minutos (Bizzini, Junge, & Dvorak, 2013). Este programa se centra principalmente en la desaceleración en la carrera con cambios de dirección y en el aterrizaje tras realizar saltos ) (Bizzini, Junge, & Dvorak, 2013). Una vez analizados los cuatro tipos de programas que existen en la actualidad, podemos concluir que son muy parecidos y no difieren mucho los unos de los otros. La única diferencia que puede existir es que los dos últimos programas van más enfocados a deportes individuales, mientras que los dos primeros, van enfocados a deportes colectivos. Todos ellos buscan mejorar la fuerza de cuádriceps e isquiotibiales y la simetría en la potencia de las piernas, así como mejorar la mecánica del aterrizaje después de un salto y el trabajo de la pliometría

(Bizzini, Junge, & Dvorak, 2013).

Por tanto, se ha descrito que un programa de prevención debe trabajar los siguientes aspectos: pliometría, análisis biomecánico, propiocepción, equilibrios y entrenamiento de fuerza (Quatman & Hewett, 2009). El programa de entrenamiento para la prevención de LCA debería comenzar en la pretemporada durante al menos 6 semanas y continuar durante la temporada competitiva con una periodicidad de 1-2 veces por semana (Michaelidis & Koumantakis, 2014). Este entrenamiento debe contener entrenamiento de fuerza, ejercicios pliométricos, equilibrio y que la retroalimentación (feedback) de la propiocepción y ejecución técnica sean correctas (Michaelidis & Koumantakis, 2014). En deportes de salto como baloncesto o balonmano, debe haber gran cantidad de ejercicios pliométricos de alta intensidad (Michaelidis & Koumantakis, 2014).

En cuanto al entrenamiento neuromuscular, los programas dirigidos a la reducción de alto riesgo de valgo y los movimientos del plano sagital, probablemente son programas beneficiosos para la prevención de la lesión de LCA (Quatman & Hewett, 2009). En un estudio de Voskanian (2013), se examinó el efecto de un programa de prevención neuromuscular en jugadoras de balonmano noruegas, durante 3 años en el cual cada año se aumentaba el número de ejercicios y su dificultad. Este programa de prevención redujo significativamente las tasas de lesión no producidas por traumatismo directo en jugadoras de balonmano noruegas (Voskanian, 2013). Atendiendo a los resultados obtenidos por Voskanian (2013), la diferencia de lesión de LCA entre ambos sexos se debe a las diferencias en las adaptaciones neuromusculares y biomecánicas relacionadas con la técnica de aterrizaje. Por tanto, sería recomendable comenzar con la realización de programas de prevención antes de la pubertad, para impedir malas adaptaciones neuromusculares y biomecánicas (Voskanian, 2013). Durante una temporada, el programa de prevención debe comenzar en pretemporada, debe durar 15'-20' y 3 días/semana (Voskanian, 2013). Se ha apuntado a que hay que mantenerlo durante toda la temporada y hacerlo durante el calentamiento (Voskanian, 2013). Olsen et al. (2005) realizaron un estudio con 120 clubes de balonmano noruegos (61 clubes en el grupo de intervención y 59 en el grupo control) a lo largo de una temporada deportiva. El estudio consistía en realizar un programa de calentamiento estructurado para mejorar la finta, y la técnica de aterrizaje, así como el control neuromuscular, el equilibrio y la fuerza (Odd-egil Olsen et al., 2005). Como resultado de este

programa, hubo menos jugadores lesionados en el grupo de intervención que en el control (Odd-egil Olsen et al., 2005). En este sentido, estos autores concluyeron que un programa estructurado de ejercicios de calentamiento puede prevenir lesiones de rodilla y tobillo en jóvenes deportistas (Odd-egil Olsen et al., 2005). Por lo tanto, la formación preventiva debe ser introducida como parte integral de los programas deportivos (Odd-egil Olsen et al., 2005). Con programas de prevención, se pueden reducir las lesiones de rodilla y tobillo un 50% (Odd-egil Olsen et al., 2005).

Por otro lado, Barber-Westin et al. (2009) estudian programas de formación neuromuscular diseñados para corregir ciertos problemas biomecánicos observados en mujeres deportistas. Se han desarrollado programas de re-adiestramiento neuromuscular para reducir estas diferencias (Barber-Westin, Noyes, Smith, & Campbell, 2009). Estos programas instruyen a los deportistas para controlar el tren superior, el tronco y el tren inferior (Barber-Westin et al., 2009). El estudio publicado por Fort et al. (2008), en el que realiza un test de salto a 10 hombres y 10 mujeres muestra que existen diferencias entre varones y mujeres en el control neuromuscular (Fort, A. Romero, D. Costa, L. Bagur, C. Lloret, M. Montañola, 2008). Se cree que las estrategias de recepción del salto suelen ser diferentes en función del género y podrían influir en la mayor o menor incidencia de las lesiones de LCA (Fort, A. Romero, D. Costa, L. Bagur, C. Lloret, M. Montañola, 2008). En otro estudio realizado por Pasanen et al. (2005) con jugadoras de fútbol se realizó un programa de entrenamiento neuromuscular para mejorar las habilidades motoras y el control del cuerpo de las jugadoras, así como activar y preparar sus sistema neuromuscular para maniobras específicas del deporte. Este programa consistía en: técnica de carrera, equilibrio y control del cuerpo, ejercicios de pliometría y ejercicios de fortalecimiento (Pasanen, Parkkari, Pasanen, Hillioskorpi, & Ja, 2005). Durante la temporada se produjeron 72 lesiones de LCA (20 en el grupo de intervención y 52 en el control) (Pasanen et al., 2005). La incidencia de lesiones por cada 1000 horas de juego en el grupo de intervención fue de 0,65 y en el grupo control fue de 2,08 (Pasanen et al., 2005). Se observó que el programa destinado a mejorar las habilidades motoras y el control del cuerpo, reducía el riesgo de lesión en las extremidades inferiores en un 66% (Pasanen et al., 2005). De la misma forma, el calentamiento neuromuscular de 15 minutos parece ser efectivo, según un estudio con jugadoras jóvenes de fútbol (Dai, Mao, Garrett, & Yu, 2014). Dai et al. (2014) proponen una secuencia para la prevención de las lesiones deportivas, que debe

seguir 4 pasos: una descripción de la magnitud de las lesiones, la comprensión de los mecanismos de lesión y la identificación de los factores de riesgo, el desarrollo de estrategias de prevención de lesiones y la evaluación de estrategia de prevención de lesiones.

Por otro lado, también se han estudiado los efectos del entrenamiento de la fuerza, aspecto que habitualmente se ha incluido en los programas de prevención. Renstrom et al. (2008) observaron el efecto de la incorporación de entrenamiento con pesas en pretemporada con equipos de fútbol americano. Durante los 4 años del estudio observaron una reducción en las lesiones de rodilla en el grupo de intervención. Al aumentar la fuerza en las extremidades inferiores se consigue una articulación de la rodilla más estable (Lewis, 2000). Al ser más potentes los músculos peri articulares, estos soportarán mucho mejor los golpes, caídas o impactos que se producen en la actividad deportiva, disminuyendo así la probabilidad de lesión (Lewis, 2000). Con el entrenamiento de la fuerza se potencia la capacidad de generar fuerza de la musculatura crítica: isquiotibiales, abductores de la cadera y glúteo medio (Setuain, Millor, & Gonza, 2015).

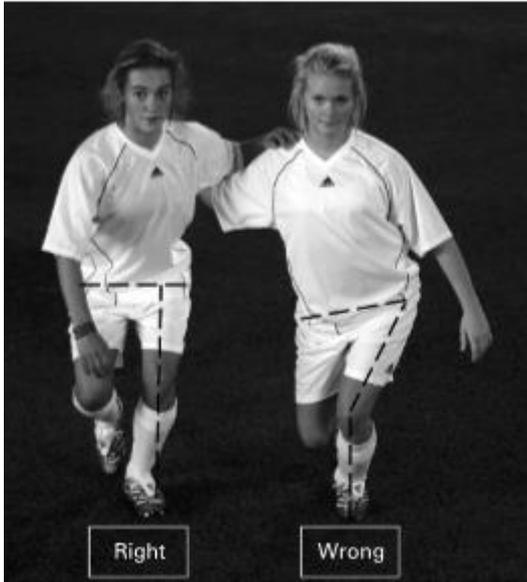
Por último, tenemos el entrenamiento de la pliometría y la propiocepción o el equilibrio. El objetivo de este tipo de entrenamiento es mejorar la potencia, el control neuromuscular y la estabilidad de la pierna de apoyo en diferentes situaciones dinámicas (Renstrom et al., 2008). Se hace hincapié en la técnica de aterrizaje adecuada; aterrizando suavemente en la parte delantera del pie y hacer retroceder a la parte trasera del pie, con la participación de la rodilla y la flexión de la cadera en el aterrizaje (Renstrom et al., 2008). Es muy importante que la rodilla esté en línea sobre el tobillo y que la planta del pie esté en contacto con el suelo (Renstrom et al., 2008). Con ello se obtiene un desarrollo del control muscular y fuerza, por lo que se consigue reducir el riesgo de lesión y aumento de la altura del salto (Pasanen et al., 2005). Por otro lado está el trabajo de la propiocepción, el entrenamiento somato-sensorial puede ayudarnos a evitar posibles lesiones en la práctica deportiva (Bencke, Curtis, & Krogshede, 2013). El objetivo de este tipo de entrenamiento es mejorar la sensibilidad y control neuromuscular del eje cadera-rodilla-tobillo y enseñar hábitos para control postural (Olsen, 2005). La rodilla debe estar en línea sobre el tobillo, la planta del pie tiene que estar en contacto con el suelo o con la superficie inestable y hay que estabilizar la cadera en acciones de equilibrio a una pierna (muy importante el trabajo del glúteo medio).

## Propuesta de programa de prevención en Balonmano Femenino

Recogiendo lo expuesto en la literatura, las partes que debe tener un programa preventivo en balonmano son las siguientes: un calentamiento, con diferentes tipos de ejercicios de carrera, ejercicios de propiocepción y control postural, ejercicios de pliometría, saltos y ejercicios de fuerza. El programa debe usarse como calentamiento de la sesión de entrenamiento, incluso algunos ejercicios antes de los partidos. Duración: 20'. Sesiones semanales: 2-3 en días no consecutivos. Tipos de programas: General y Específico.

En balonmano el calentamiento sirve para preparar al organismo para las exigencias del entrenamiento/competición incrementando de forma progresiva la intensidad. Se realizarán ejercicios con y sin balón. Sin balón: carrera frontal, carrera de espaldas + giros a derecha e izquierda, elevación de rodillas frontal, elevación de rodillas posterior, carrera + giro 360° + carrera + giro 360°, carrera progresiva aumentando la velocidad. Con balón: carrera + bote, carrera de espaldas con pasos laterales + bote.

Balance y control postural: se realizará un entrenamiento neuromuscular para mejorar la sensibilidad y control neuromuscular del eje cadera-rodilla-tobillo y para enseñar hábitos para control postural. Los ejercicios a realizar serían los siguientes: por parejas: desestabilizar al contrario, pases con dos piernas en apoyo (variando altura, velocidad y dificultad), pases con una pierna en apoyo, sentadillas dos piernas en apoyo con balón en las manos, sentadilla una pierna en apoyo con balón en las manos. Los materiales que se utilizarían son: suelo/balance pad/dynair.



**Figura 7:** Ejercicio de apoyo a una pierna (tomado de (Renstrom et al. (2008))).



**Figura 8:** Pases con una pierna en apoyo (tomado de (Olsen (2005))).



**Figura 9:** Desestabilizar al contrario (tomado de (Olsen (2005))).

Pliometría y saltos: se trabaja la mecánica de aterrizaje después de un salto. El objetivo es mejorar la potencia, el control neuromuscular y la estabilidad de la pierna de apoyo en diferentes situaciones dinámicas. Los ejercicios que se realizarían serían los siguientes: squat jumps en el sitio con el balón entre las piernas, con minivallas salto adelante y estabilizar con las dos piernas, salto adelante y estabilizar con una pierna, paso adelante y estabilizar con una pierna, salto lateral y estabilizar con dos piernas, salto lateral y estabilizar con una pierna.



**Figura 10:** Test de Drop Jump (tomado de (Renstrom et al. (2008))).

Fuerza: el objetivo de este trabajo es potenciar la fuerza de la musculatura crítica: isquiotibiales, abductores de la cadera y glúteo medio. Los ejercicios que se realizarían serían: sentadillas con el compañero en la espalda, zancadas, nordic hamstring, core-puente lateral.



**Figura 11:** Nordic hamstring (tomado de (Olsen (2005))).



**Figura 12:** Core lateral (tomado de (Renstrom et al. (2008))).



**Figura 13:** Zancada (tomado de (Olsen (2005))).

## 8. CONCLUSIONES

La diferencia entre deportistas femeninas y masculinos es muy considerable. En deportes de equipo la tasa de lesión del LCA es 3-5 veces mayor entre las mujeres en los juegos de pelota de interior que entre los hombres. Las mujeres tienen mayor riesgo de sufrir lesión del LCA que los hombres debido al nivel de acondicionamiento físico, nivel de habilidad deportiva, las dimensiones del LCA, el grado de laxitud de la rodilla, el ángulo Q y las diferencias hormonales. Las mujeres tienden a hacer el aterrizaje del salto con las piernas más extendidas que los hombres, en una posición más erguida, que provoca más riesgo de lesión de LCA. En cuanto a los factores de riesgo de lesión del LCA, se han analizado dos tipos de factores: externos e internos. La laxitud de los ligamentos, el control de pronación, las características neuromusculares y el efecto de las hormonas menstruales son factores esclarecedores en la lesión de LCA en mujeres deportistas. Por último, la literatura consultada expone que un programa de ejercicios preventivos puede llegar a reducir hasta en un 50% el riesgo de lesiones sobre el LCA. Estos programas deben servir para acostumbrar al cuerpo a aplicar mejores hábitos para la estabilidad y seguridad de las articulaciones. Existen en la actualidad varios programas de prevención que se utilizan en deportes de equipo.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Alanís-Blancas, L. M., Zamora-Muñoz, P., & Cruz-Miranda, Á. (2012). Ruptura de ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas. *Anales Médicos*, 57(2), 93–97.
- Barber-Westin, S. D., Noyes, F. R., Smith, S. T., & Campbell, T. M. (2009). Reducing the Risk of Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries in the Female Athlete. *Clinical Features*, 37(3), 1–13.
- Bencke, J., Curtis, D., & Krogshede, C. (2013). Biomechanical evaluation of the side-cutting manoeuvre associated with ACL injury in young female handball players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 21, 1876–1881.
- Bizzini, M. Junge, Astrid. Dvorak, J. (2013). Un programa completo de calentamiento para prevenir las lesiones en el fútbol. *Sports Medicine*, 47(12), 1–74.
- Dai, B., Mao, D., Garrett, W. E., & Yu, B. (2014). Anterior cruciate ligament injuries in soccer: Loading mechanisms, risk factors, and prevention programs. *Journal of Sport and Health Science*, 3(4), 299–306.
- Forriol, F., Maestro, A., & Vaquero, J. (2008). El Ligamento cruzado anterior: morfología y función The anterior cruciate ligament: Morphology and function. *Trauma Fundación MAPFRE*, 19, 7–18.
- Fort, A., & Rodriguez, R. (2013). Análisis de los factores de riesgo neuromusculares de las lesiones deportivas. *Apunts Medicina de L'esport*, 48(179), 109–120.
- Fort, A. Romero, D. Costa, L. Bagur, C. Lloret, M. Montañola, A. (2008). Diferencias en la estabilidad postural estática y dinámica según sexo y pierna dominante. *Apunts Medicina de L'esport*, 162, 74–81.

- Karlsson, J., Cugat, R., & Myer, G. D. (2014). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in sports — Part I : Systematic review of risk factors in male athletes. *Sport Medicine*, 22, 3–15.
- Lewis, T. (2000). Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes : Why are women so vulnerable? *Physiotherapy*, 86(9), 464–472.
- Marqueta, P. M., & Tarrero, L. T. (1988). Epidemiología de las lesiones en el baloncesto. *Archivo de Medicina del Deporte*, 15(68), 479–483.
- Márquez, J., & Márquez, W. (2009). Lesiones del ligamento cruzado anterior de la rodilla. *Latreia*, 22(3), 256–271.
- Michaelidis, M., & Koumantakis, G. A. (2014). Physical Therapy in Sport Effects of knee injury primary prevention programs on anterior cruciate ligament injury rates in female athletes in different sports : A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 15(3), 200–210.
- Mónaco, M., Gutiérrez, J. A., Montoro, J. B., Til, L., Drobnic, F., Nardi, J., & Puigdellivol, J. (2015). Epidemiología lesional del balonmano de elite : estudio retrospectivo en equipos profesional y formativo de un mismo club. *Apunts Medicina de L'esport*, 49(181), 11–19.
- Moreno Pascual C, Rodríguez Pérez V, Seco Calvo J. *Epidemiología de las lesiones deportivas*. Fisioterapia, 2008;30(1):40-8.
- Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I., & Bahr, R. (2003). Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handball. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 13, 299–304.
- Olsen, O. (2005). Better sports. *Oslo Sports Trauma*, 1–10.
- Olsen, O., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I., & Bahr, R. (2005). Exercises to

prevent lower limb injuries in youth sports : cluster. *BMJ Journals*, 1–9.

Olmedilla, A. B. (2010). Variables personales y deportivas y lesiones en jugadores de balonmano: un análisis descriptivo. *Revista de Ciencias del Deporte*, 7(1), 27–38.

Ortiz, A., Olson, S., Trudelle-jackson, E., Rosario, M., & Venegas, H. L. (2011). Landing Mechanics During Side Hopping and Crossover Hopping Maneuvers in Noninjured Women and Women With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*, 3(1), 13–20.

Pasanen, K., Parkkari, J., Pasanen, M., Hiilloskorpi, H., & Ja, M. (2005). Neuromuscular training and the risk of leg injuries in female floorball players : cluster randomised controlled study. *Research Center of Sports Medicine*, 10, 1–7.

Ramos, J., López-Silvarrey, F., Segovia, J., Martínez, H., & Legido, J. (2008). Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA). Revisión. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 8, 62–92.

Renstrom, P., Ljungqvist, A., Arendt, E., Beynnon, B., Fukubayashi, T., Garrett, W., ... Wojtys, E. (2008). Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *Sports Medicine*, 42, 394–412.

Setuain, I., Gonzalez-Izal, M., & Alfaro-Adrian, J. (2015). Acceleration and Orientation Jumping Performance Differences Among Elite Professional Male Handball Players With or Without Previous ACL Reconstruction : An Inertial Sensor Unit-Based Study. *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*, 7, 1243–1253.

Setuain, I., Millor, N., & Gonzalez, M. (2015). Biomechanical jumping differences

among elite female handball players with and without previous anterior cruciate ligament reconstruction : a novel inertial sensor unit study. *Sports Biomechanics*, 1–17.

Quatman, C. E., & Hewett, T. E. (2009). The anterior cruciate ligament injury controversy : is “ valgus collapse ” a sex-specific mechanism? *Sports Medicine*, 43, 328–335.

Voskanian, N. (2013). ACL Injury prevention in female athletes: review of the literature and practical considerations in implementing an ACL prevention program. *Springer Science*, 6, 158–163.