

Módulo 3. Prevención de lesiones articulares

Unidad 3.1 Prevención de lesiones articulares más frecuentes de MMII (miembros inferiores): Lesión de LCA (ligamento cruzado anterior)

3.1.1 Mecanismo lesional

La mayor parte de las lesiones del LCA se deben a una distensión de la rodilla con el pie bien asentado sobre el suelo. El mecanismo de no contacto representa el 70 % de estas lesiones (Arendt, 1995). Es decir que no es necesario chocar con otro atleta para que se produzca esta lesión. La fuerza de rotación del cuerpo girando sobre la articulación fija (debido al pie fijo en el piso) genera grandes momentos de tensión sobre este ligamento (gesto frecuente en los cambios de dirección imprevistos). El atleta dirá que ha oído o sentido un chasquido (o pequeño ruido) con la consiguiente inflamación de la articulación.

Las lesiones del LCA se producen probablemente durante las acciones de desaceleración con excesiva activación de los cuádriceps y poca co-contracción de los isquiotibiales, cerca de la extensión completa de rodilla o con poca flexión de cadera y rodilla. Esta carga sobre el LCA se ve aumentada cuando a lo antes mencionado se le suma un momento de rotación interna y externa más una fuerza en valgo de la rodilla. Por lo que, en conclusión, una carga excesiva de valgo de rodilla aplicada en descarga de peso con un miembro inferior, en posición casi de extensión, más cargas rotacionales, resulta en las acciones que más incrementan el estrés sobre el LCA y constituye el mecanismo lesional más descripto (Shimokochi & Shultz, 2008).

En conclusión, el mecanismo de ruptura del ligamento cruzado anterior es el de rotación externa tibial con pie asentado en el piso y flexión de 20° a 30°, posición en donde se produce la mayoría de las acciones deportivas.

Es importante destacar que la tensión antero posterior o de traslación tibial que produce la lesión se acompaña con un movimiento de rotación externa tibial y un colapso en valgo de la rodilla, lo que representa un mecanismo lesional en los tres planos de movimiento del espacio.

En los casos de ruptura por contacto, que, como expusimos, representan el menor porcentaje, el LCA se lesionará tras la aplicación de una fuerza externa a la rodilla y este tipo de traumatismo puede implicar a diferentes estructuras de la rodilla. La desafortunada tríada de O'Donohue (LCA, LLI y menisco) es el clásico ejemplo de lesiones asociadas tras un traumatismo externo en la rodilla (Prentice, 2001).

3.1.2 Factores de riesgo intrínsecos

El análisis de los factores de riesgo asociados a la lesión de LCA por mecanismo de no contacto, resulta importante, ya que nos permitiría inferir cuáles son aquellos factores que influyen para que una acción aislada por parte del deportista, bajo ciertas circunstancias, provoque la ruptura del LCA, mostrando un patrón lesional no frecuente en estructuras estabilizadoras, como los ligamentos.

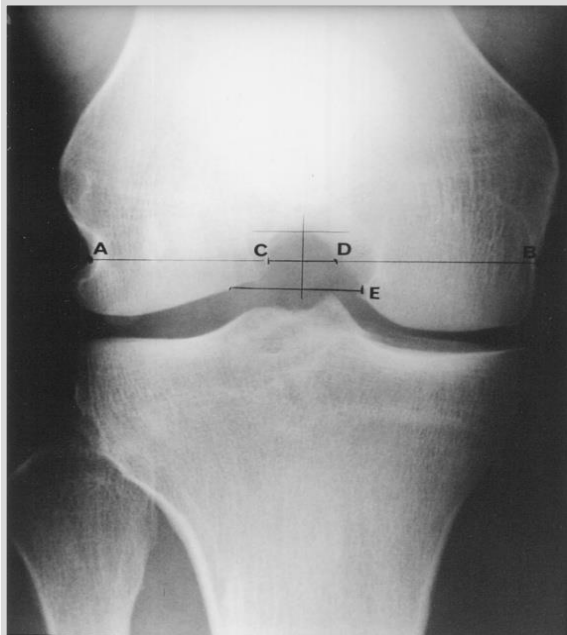
Estos factores de riesgo pueden ser divididos en dos, como indica el modelo de Meeuwisse (1994): extrínsecos o intrínsecos. Dentro de los factores intrínsecos, encontramos los factores de género, anatómicos, neuromusculares y hormonales, propuestos por dos grandes consensos donde se congregaron algunos de los principales referentes en esta área (Griffin LY et al 2006 y Renstrom, P., Ljungqvist, A., Arendt, E., Beynon, B., Fukubayashi, T., Garrett, W., & Engebretse, L 2008). En referencia a los factores de riesgo externos, aparecen algunos, como el coeficiente de fricción de la interface calzado superficie o la influencia de las reglas, equipamientos y condiciones meteorológicas.

Sobre la base de esto, nosotros nos centraremos en los factores de riesgo más directamente implicados en este hecho, es decir, en aquellos que pueden ser modificados o al menos atenuados por el desarrollo de los modelos preventivos.

Factores anatómicos

Dentro de los factores anatómicos más mencionados en la literatura científica, se encuentra la relación del ancho de la muesca intercondílea con la lesión de LCA. La muesca intercondílea es la arcada entre los cóndilos, debajo de tróclea femoral, donde se alojan y transcurren los ligamentos cruzados de la rodilla. Ello hizo presumir a una serie de autores que si la relación entre el ancho de esta muesca, en una radiografía de frente simple, con el ancho bicondíleo se presentaban disminuidos, el riesgo de sufrir una lesión de ligamento cruzado anterior se incrementaba. El argumento era que el espacio que este tenía para discurrir y cumplir su función estabilizadora era menor; además, explicaban la función de cizalla que esta muesca podría ejercer sobre estos.

Figura 1: Radiografía de frente que muestra la relación del ancho bicondíleo con el ancho de la muesca intercondílea



Fuente: Myer Gregory et al., 2009, pág. 105.

En este sentido, varios autores, como Shelbourne, Davis y Klootwyk (1998); Souryal y Freeman (1993); LaPrade y Burnett (1993), citados en una revisión de Beynnon, Johnson, Abate, Fleming y Nichols (2005) determinan que pacientes con una muesca intercondílea angosta, en relación al índice que correlaciona el ancho intercondíleo y el ancho bicondíleo, presentan mayor riesgo de sufrir lesiones de LCA (Figura 1). Este hecho fue incluido en el último encuentro del comité olímpico (Renstrom, P., Ljungqvist, A., Arendt, E., Beynnon, B., Fukubayashi, T., Garrett, W. & Engebretse, L 2008), siendo aceptado como un factor de riesgo importante en la incidencia de lesiones de LCA.

Este hecho es planteado como de igual importancia tanto en mujeres como en varones, pero sin duda es un factor de riesgo intrínseco (según el modelo de Bahr, 2005, ampliando el de Meeuwisse, 1994) que, sumado a otros factores de riesgo tanto intrínsecos como extrínsecos, genera un atleta predispuesto y luego susceptible a sufrir esta lesión.

En este sentido, el Hunt Valley Comitty (Griffin LY et al 2006), relacionó varios factores de riesgo intrínsecos, sugiriendo que atletas en edad colegial que presenten una combinación de un índice de masa corporal aumentado, una muesca intercondílea angosta y un aumento de la hiperlaxitud articular están preferentemente predispuestos a sufrir esta lesión.

Género

Se ha planteado que, por diversas características anatómicas, neuromusculares y biomecánicas, las mujeres presentan un mayor riesgo de sufrir lesiones de LCA por acciones de no contacto en diferentes deportes de situación.

En este sentido, algunos de los tantos trabajos que muestran esta diferencia en la incidencia de lesiones de LCA son los de Bjordal, Arnly, Hannestad y Strand (1997); Agel, Arendt y Bershadsky (2005), y Mihata LC, Beutler AI, Boden BP. (2006), quienes detectaron una mayor incidencia de lesiones en mujeres futbolistas que en varones. Diversos estudios también encontraron esta diferencia de género en la distribución de las lesiones de LCA en jugadores de hándbol y vóleibol.

Factores hormonales

En relación a las diferencias hormonales entre géneros y su influencia en varias direcciones de análisis entre varones y mujeres, indagar si existen dentro de estas diferencias hormonales algunas características que puedan influir en la mayor incidencia de lesiones de LCA en mujeres resulta obvio.

El Hunt Valley Comitty, en 2005, (Griffin LY et al., 2006) listó una serie de conclusiones sobre los factores de riesgo hormonales; las más destacadas en este punto son:

- No existe consenso en la comunidad científica sobre el rol que juegan las hormonas sexuales específicas en la incidencia de lesiones de LCA. Sin embargo, se requieren mayores investigaciones en esta área.
- Las intervenciones hormonales para la prevención de la lesión del LCA no están actualmente justificadas.
- No existe evidencia que recomiende modificar o restringir las participaciones en deportes para mujeres durante cualquier momento de su ciclo menstrual.
- Aunque no está bien definida la participación del estrógeno o cualquier otra hormona en la incidencia de lesiones de LCA, parece haber una distribución desigual de las hormonas en el ciclo menstrual, lo que sugiere una participación hormonal en la distribución de las lesiones de LCA; aunque la evidencia de la participación hormonal como factor de riesgo intrínseco no es concluyente.

Dedrick y cols. (2008) investigaron el efecto de las hormonas sexuales a través del ciclo menstrual y su relación con el control neuromuscular del miembro inferior. En este trabajo, se detectó que las mujeres deportistas utilizan diferentes patrones de control neuromuscular durante los saltos con caída (dropjumps) cuando los niveles de estrógeno son altos (fase lútea) comparado con cuando estos niveles son bajos (fase folicular temprana).

Los resultados que sugirieron estas conclusiones son el retardo en la activación en EMG (Electromiografía) del semitendinoso en el contacto en el suelo durante la fase lútea. Ello demuestra una diferencia significativa entre la fase folicular temprana y tardía, y también una diferencia de tiempos disminuida de activación entre el glúteo mayor y semitendinoso en la fase folicular tardía. Estos resultados finalmente sugieren un comportamiento diferente de co-contracción entre el glúteo y el semitendinoso, que resulta en un cambio en el comportamiento neuromuscular de las mujeres de acuerdo a la fase menstrual. Estos autores resaltan finalmente que las mujeres parecen utilizar diferentes patrones neuromusculares en el test del dropjump cuando el estrógeno está alto, a diferencia de cuando se encuentra bajo.

Finalmente, está claro que el factor hormonal no es concluyente todavía, aunque los diferentes autores destacan la presencia de ciertos cambios durante el ciclo menstrual que pueden predisponer a la lesión de LCA e insisten en continuar con los trabajos de investigación en este campo a los fines de esclarecer aún más el papel que juegan las hormonas en la incidencia de lesiones LCA en mujeres.

Factores biomecánicos y neuromusculares

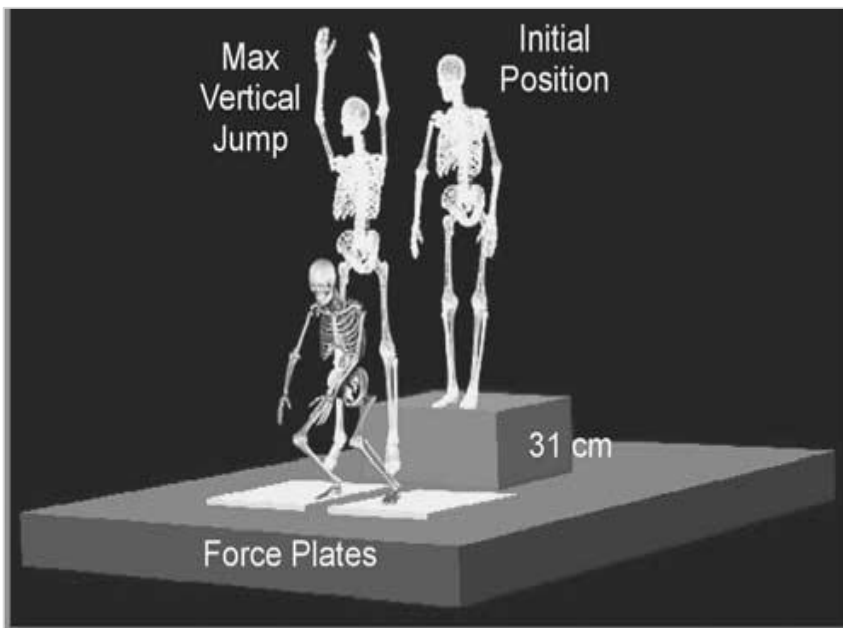
En los últimos años ha existido una creciente preocupación por analizar los patrones neuromusculares de las diferentes actividades promotoras de lesiones de LCA (cambio de dirección, fase de amortiguación de los saltos, frenados más cambios de dirección, etc.) en los diferentes sexos y edades. Estos análisis biomecánicos empezaron a detectar diferencias y alteraciones en dichas acciones, que podían ser tenidas en cuenta como factores de riesgo asociados a la lesión de LCA y tomadas así como foco principal en el desarrollo de actividades que puedan disminuir la incidencia de lesión. Si bien estos trabajos fueron desarrollados especialmente en mujeres, la relación en varones que presenten patrones alterados no puede dejarse de lado.

Para comenzar a desarrollar este tópico, elegimos un trabajo Hewett, Ford y Myer (2005). Esto se debe a que estos autores son reconocidos investigadores de la problemática de los patrones neuromusculares en las caídas de los saltos en mujeres y su relación con la alta incidencia de lesiones de LCA en este género. En este estudio, se concluyó que las mujeres presentaban un momento de valgo dinámico mayor que los varones en este tipo de actividades.

Noyes, Barber-Westin, Fleckenstein, Walsh y West (2005), tomando el dato encontrado por Hewett et al. (2005), diseñaron un modelo de test y evaluación para poder censar la distancia entre rodillas en la caída de un salto, denominado Dropjump Screening Test. Si bien se aclara que este tipo de evaluación a través de traqueo por video o motion análisis no alcanza el nivel de precisión que las evaluaciones cinética y cinemáticas de los estudios en laboratorio, puede resultar un interesante método práctico para poder inferir cuál de nuestros atletas se encuentra en riesgo por falencias en este gesto y así monitorizar la evolución luego de un programa correctivo (Figuras 2 y 3).

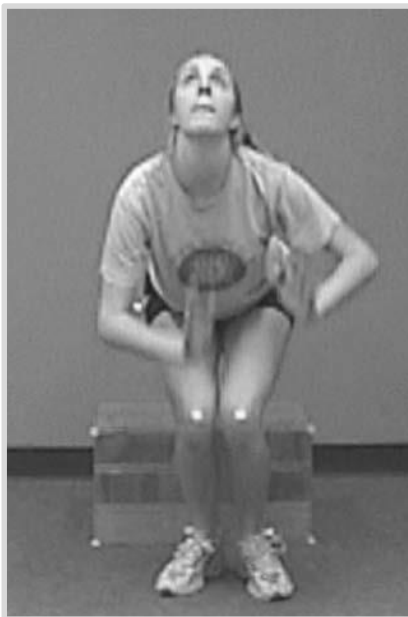
El mismo el autor testeó 325 mujeres y 130 varones de entre 11 y 19 años de edad. Luego se tomó la distancia en centímetros entre las caderas, rodillas y tobillos en el video, normalizada por la distancia entre cadera (esta se utiliza como referencia fija). Encontraron que la mayoría de los varones y mujeres desentrenados presentaban una alineación en valgo durante el video test. Luego, se realizó el programa Sportmetrics de la Universidad de Cincinnati, diseñado por el grupo de Timothy Hewett, con 62 atletas mujeres. Allí se reexaminaron sus características de aterrizaje luego de un salto, lo cual resultó en una significativa mejora de la distancia entre rodillas, normalizada por la distancia entre caderas, y mostró un mayor alineamiento del miembro inferior en la caída luego de un salto.

Figura 2: Drop-jump test



Fuente: [Imagen intitulada de dropjump test]. (s. f.). Extraída de <http://goo.gl/MJjU3Z>

Figura 3: Ejemplo de un Drop-jump test



Fuente: Noyes et al., 2005, pág. 202.

Bing Yu et al. (2005), en línea con el trabajo de Hewett y Noyes, presentaron un importante estudio, ya que ampliaron el espectro de evaluación, relevando los patrones neuromusculares entre géneros y en las diferentes edades madurativas en la caída de los saltos. Concluyeron que jóvenes jugadoras de fútbol recreacionales presentan una disminución de los ángulos de flexión de cadera y rodilla en el momento de la toma de contacto con el suelo, y una disminución de los ángulos de flexión de cadera y rodilla en la amortiguación de la caída de un salto comparado con los varones de la misma edad. Estas diferencias de género en los patrones de flexión de cadera y rodilla ocurren después de los 12 años y se incrementan con la edad hasta los 16 años.

Continuando con la confirmación de esta tendencia, Pappas E, Hagins M, Sheikhzadeh A, Nordin M, Rose D. (2007) reportaron que en mujeres existía un mayor valgo dinámico y mayores fuerzas de reacción vertical (medidos en plataforma de fuerza) en el momento del contacto con el suelo luego de un salto, lo que induce a pensar que los patrones que amortiguan la caída luego de un salto son menos eficientes en mujeres. Los autores señalaron a este hecho como un importante factor de riesgo en la lesión de LCA.

En el estudio de Quatman, Ford, Myer y Hewett (2006) se concluyó que la mayoría de las diferencias cinemáticas y cinéticas entre mujeres y varones deportistas recreacionales durante la caída de los saltos en situación de no fatiga fueron observadas en el plano frontal y no en el plano sagital. Luego, en condiciones de fatiga, las mujeres no son capaces de reducir las magnitudes de las fuerzas de traslación anterior de la rodilla tan efectivamente como los hombres, quienes reducen estas fuerzas a expensas de un mayor ángulo de flexión de rodilla en el momento de amortiguar el salto. Esta ausencia de adaptación a la fatiga en mujeres sugiere un aumento del riesgo en las lesiones de rodilla. Los autores sugieren la inclusión de entrenamiento en fatiga en mujeres para entrenar estas adaptaciones conseguidas en los hombres, con el objetivo de minimizar los efectos de las fuerzas de traslación anterior de la rodilla.

Kernozek, Torry e Iwasaki (2008) postulan que la fatiga neuromuscular causa alteraciones significativas en la caída de saltos en mujeres, en comparación con los varones. Su estudio evaluó la caída de saltos y el patrón neuromuscular en este gesto tanto en mujeres como en varones, antes y después de un protocolo de fatiga realizado a través de sentadilla paralela al 60 % de 1 RM (Repetición Máxima) hasta la fatiga. Las mayores diferencias encontradas por este estudio son que, si bien ambos grupos aumentaban la flexión de cadera en la caída post-fatiga, los hombres aumentaban el pico de flexión de rodilla también en comparación con las mujeres, que los mantenían inalterables. Por otro lado, los hombres presentan mayor pico de ángulos en varo, independientemente de la fatiga, mientras que las mujeres presentan un mayor momento de valgo en general. Finalmente, las mujeres presentan una mayor fuerza de traslación anteroposterior en la rodilla post-fatiga con respecto a los hombres. Estos resultados fundamentan las conclusiones alcanzadas por este autor.

Ya que la incidencia de lesiones de ligamento cruzado anterior (LCA) sigue siendo elevada en los deportistas jóvenes y que las atletas mujeres tienen una incidencia mucho más elevada de lesiones de LCA en los deportes de equipo tales como el baloncesto y el balonmano, la comisión médica del COI (Comité Olímpico Internacional) invitó a un grupo multidisciplinario de expertos médicos y científicos en LCA a:

- 1) revisar las pruebas actuales, incluyendo datos referentes a los nuevos registros escandinavos de lesiones en LCA;
- 2) evaluar críticamente estudios de mecánica de lesiones;
- 3) considerar los elementos clave en el éxito de los programas de prevención;
- 4) incluir un resumen de la gestión clínica y la cirugía, así como del tratamiento conservador;
- 5) identificar las áreas nuevas de investigación.

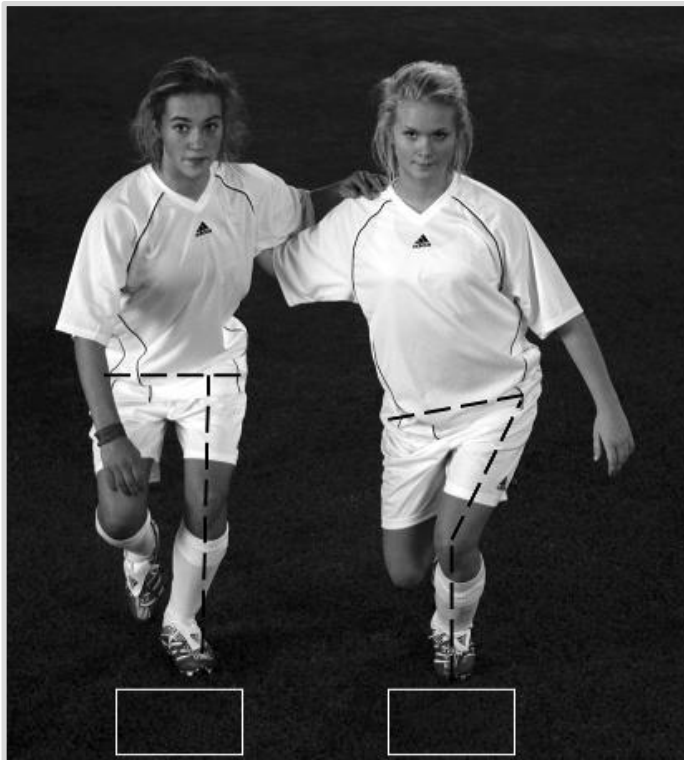
Este grupo determinó que los factores de riesgo para las mujeres que sufren lesiones de LCA incluyen:

1. Estar en la fase preovulatoria del ciclo menstrual (en comparación con la fase posovulatoria);
2. Tener disminuido el ancho de la muesca intercondílea en una radiografía simple;
3. La presencia de un aumento del momento de valgo en rodilla (un torque intersegmental hacia el valgo) durante el impacto en el momento de la caída luego de un salto.

Concluyeron finalmente que, bien diseñados, los programas de prevención de lesiones pueden reducir el riesgo de LCA para los atletas, en particular en las mujeres. Estos programas tratan de alterar la carga dinámica de la articulación tibiofemoral a través de formación de patrones neuromusculares y propioceptivos óptimos o al menos correctores de los defectos.

Estos autores subrayan que el correcto aterrizaje y amortiguación luego de un salto, y las técnicas de cambios de dirección, son los aspectos clave en el desarrollo de estos programas preventivos. Esto incluye un aterrizaje suave con la parte delantera del pie y el hacer retroceder a la parte posterior del pie, con la participación de la flexión de la rodilla y cadera, donde se posibilite el aterrizaje en dos pies y, por otro lado, se evite el valgo dinámico excesivo de la rodilla (Renstrom et al., 2008).

Figura 4: Ejemplo alteración dinámica del miembro inferior que fomenta el valgo dinámico de la rodilla



Fuente: [Imagen intitulada de alteración dinámica]. (s. f.). Extraída de <http://goo.gl/xPf9kV>

Givoni, Pham, Allen y Proske (2007) realizaron un reporte sobre los efectos del ejercicio sobre la posición de la rodilla y su estabilidad. Este trabajo determinó que los hombres tenían mejor capacidad de co-contracción muscular voluntaria que aumentaba el stiffness en el plano sagital o la capacidad de los músculos de limitar las fuerzas de traslación anterior de la tibia con respecto a las mujeres. Con ello, determinaron que las mujeres tienen menor capacidad muscular de proteger las estructuras ligamentarias de las rodillas que los hombres.

Cambios de dirección como factor de riesgo en las lesiones de LCA

En relación al análisis de los cambios de dirección como factores de riesgo, el foco ha estado centrado en las características biomecánicas de estos, especialmente en las cargas o momentos sobre la rodilla, de acuerdo a diferentes cambios de dirección, como el corte hacia el mismo lado (side step cut, donde la dirección del desplazamiento es hacia el mismo lado que se acercaba, a través de un pivote sobre la pierna opuesta; ver Figura 5) o hacia el lado contrario (crossover cut, donde el cambio de dirección se realiza pivoteando sobre la misma pierna del lado de la dirección del desplazamiento; ver Figura 6).

En este punto, Lloyd (2001) estableció en un interesante trabajo que la maniobra que más conducía a una tensión sobre el LCA era el cambio de dirección pivoteando sobre el lado opuesto de la dirección del cambio.

Figura 5: Ejemplo de cambio de dirección Sidecut



Fuente: [Imagen intitulada sobre Mario Bolatti]. (s.f). Extraído de <https://goo.gl/iic5z1>

En esta maniobra, para contrarrestar las fuerzas de flexión, el cuádriceps debe aplicar grandes momentos de extensión que resultan en una fuerza anterior sobre la tibia, aproximadamente desde los 45° de flexión hacia extensión completa. En este gesto, tanto en el momento de la aceptación del peso como en el momento del empuje de

despeje de la pierna, las fuerzas de traslación anterior producidas por los momentos del cuádriceps se suman a un gran momento de rotación interna tibial y de valgo, lo que genera importantes fuerzas de extensión en el LCA.

Este hecho se suma a que cuando fueron evaluados los cambios de dirección en condición pre-programada versus condición no pre-programada o repentina, las fuerzas de valgo o varo, es decir, los momentos laterales y rotacionales sobre la rodilla, se incrementaron en las maniobras no pre-programadas.

Este trabajo sugiere, por lo tanto, que debe contemplarse la enseñanza y progresión en la habilidad de cambiar de dirección con los fines de disminuir la incidencia de lesiones de LCA por no contacto. Esto puede conseguirse mediante la mejora del posicionamiento de la rodilla en los cambios de dirección en ambas situaciones, tanto no programadas como pre-programadas, así como los tiempos de reacción de los isquiotibiales a los fines de minimizar las fuerzas de traslación anterior producidas por el cuádriceps.

Figura 6: Ejemplo de cambio de dirección crosscut



Fuente: Adaptado de [cambio de dirección]. (s.f.). Extraído de <http://goo.gl/IXX0kl>

Sell (2006) propone que la dirección del salto y las habilidades tanto previstas como reactivas (no previstas o no pre-programadas) afectan significativamente los ángulos articulares, las fuerzas de reacción vertical, los momentos de la rodilla y las fuerzas de traslación anterior de la tibia. Las mujeres demostraron diferentes características cinemáticas, cinéticas y electromiografías en estas actividades. Los saltos con direcciones influyeron significativamente en la biomecánica de la rodilla, lo cual sugirió que los saltos laterales son los más peligrosos para la rodilla en los saltos con stop. Los saltos reactivos o no preprogramados también fueron significativamente más peligrosos en este tipo de saltos. Los resultados de este estudio indican que la dirección y la reactividad de los saltos deberían ser incluidas en las metodologías de estudio y los programas preventivos.

El trabajo de Landry, McKean, Hubley-Kozey, Stanish y Deluzio (2007) intentó evaluar las diferencias de género en la cinemática y cinética, y patrones neuromusculares de los miembros inferiores en jugadores adolescentes de fútbol durante la realización de

maniobras de cambios de dirección no anticipadas. Este estudio fue realizado en laboratorio, analizando la maniobra de cambio de dirección mediante análisis tridimensional de las características planteadas anteriormente. El hallazgo más importante de este estudio radica en que las mujeres presentan una mayor activación del gemelo en comparación con los hombres, en donde este desbalance en la activación del gemelo no estaba presente. Por otro lado, también se demostró una mayor activación del recto femoral durante toda la fase de apoyo y se vio que las mujeres realizan esta maniobra con menor flexión de cadera.

La relevancia clínica planteada por este estudio radica en que las mujeres presentan un incremento en la actividad del gemelo combinado con una mayor actividad del recto femoral y menor flexión de cadera que los hombres. Estos factores están asociados a un rol importante en el aumento de la incidencia de lesiones e LCA en mujeres comparado con los varones.

3.1.3 Factores de riesgo extrínsecos

Los factores de riesgo extrínsecos más descritos y propuestos en la literatura para la lesión de LCA son las relaciones entre el calzado y la superficie de juego o la superficie donde se configura la base de sustentación del sujeto que juega a un deporte.

En este punto, entonces se han propuestos algunos trabajos en donde se analizó la epidemiología de la lesión de LCA en diferentes superficies de juego no encontrando en fútbol diferencias significativas de riesgo lesional entre césped o gramilla tradicional y césped sintético. Por otro lado, solo un trabajo estudió las características de los tapones en el fútbol y la incidencia de lesiones de LCA, y planteó que con la utilización de tapones más largos la incidencia era mayor (Villwock, Meyer, Powell, Fouty, & Haut, 2009).

En definitiva, sobre este punto parece existir una relación entre el coeficiente de fricción entre el calzado y la superficie de juego y la incidencia de lesiones de LCA, por lo que es esperable que todas las condiciones y elementos que eleven este coeficiente de fricción se conviertan en un factor de riesgo extrínseco que, al impactar en deportistas con factores intrínsecos presentes, incrementen el riesgo de sufrir lesiones de LCA. En principio, en esta lesión, estos dos puntos son los factores de riesgos extrínsecos más estudiados.

3.1.4 Modelos de abordaje preventivo para la lesión de LCA

Chappell y Limpisvasti (2008), basándose en que las estrategias de control motor alterado en mujeres aumentan el riesgo de lesión por no contacto del LCA, estudiaron los efectos y eficacia de un programa preventivo basado en el entrenamiento neuromuscular y pliométrico, en el intento de corregir estos patrones de control. Para este estudio, todos los sujetos realizaron entrenamiento neuromuscular y de estabilización del núcleo corporal; luego se analizó la biomecánica de la rodilla con motion análisis tridimensional, lo que relevó las cinética y cinemática de la técnica del salto antes y después del entrenamiento. En este estudio, se comprobó que 6 semanas de entrenamiento de este tipo produjeron mejoras selectivas en el rendimiento de los

atletas en las técnicas de los saltos y se concluyó que este tipo de estrategias preventivas pueden ser de utilidad en la disminución de la incidencia de lesiones de LCA.

En forma accesoria y analizando el foco del entrenamiento de la fuerza en los músculos que influyen en la dinámica de la rodilla como recurso preventivo de lesiones de LCA, Herman et al (2008) publicó un trabajo en el cual estableció que el entrenamiento de la fuerza en forma aislada no era suficiente para disminuir la incidencia de lesiones de LCA. En este trabajo, 9 semanas de entrenamiento de la fuerza no lograron producir diferencias significativas en los patrones cinéticos y cinemáticos en los test de Stop-jumps, comparado con sujetos que no realizaron este entrenamiento.

Ello sugiere que las intervenciones combinadas de entrenamiento coordinativo o neuromuscular con el entrenamiento de la fuerza de los grupos musculares antagónicos protectores de la rodilla y los músculos estabilizadores de la pelvis podrían ser de utilidad en este sentido. Nosotros estimamos que el entrenamiento de la fuerza de grupos musculares débiles debería ser integrado en ejercicios sinérgicos que logren también adaptaciones neuromusculares para mejorar tanto los niveles de fuerza como los patrones cinéticos y cinemáticos en las acciones promotoras de lesiones de LCA.

Una guía de corrección de los patrones cinéticos y cinemáticos alterados puede ser esta simple tabla propuesta a continuación, elaborada por el Hunt Valley Comitty en 2005, donde se muestra hacia dónde estaría apuntada la corrección técnica a fin de disminuir un riesgo detectado.

Tabla 1: Componentes de la prevención

El riesgo	La estrategia	¿Cómo?
Rodillas extendidas	Flexionar las rodillas	Mayor amortiguación de la caída
Caderas extendidas	Flexionar las rodillas	Mayor amortiguación de la caída
Valgo de rodilla	Minimizar el valgo	Control de la caída
Perdida de balance	Mejorar el balance	Entrenamiento del balance dinámico
Pobre habilidades motoras	Mejorar la agilidad	Ejercicios de habilidades

Fuente: Adaptado de Griffin et al., 2006.

Ampliando las direccionalidades del entrenamiento preventivo de LCA, podríamos citar a Zazulack, Hewett, Reeves, Goldberg & Cholewicki (2007). En su estudio se reportó que el entrenamiento de propiocepción del núcleo corporal, evaluado en reposicionamiento activo del tronco, predice el riesgo de lesiones de LCA en mujeres, pero no en varones deportistas, por lo que se sugirió que este tipo de entrenamiento del core posibilita una mayor estabilización del centro corporal tendiente a que, a partir de este core estable, las transferencias de fuerzas hacia las extremidades puedan realizarse en forma más coordinada coadyuvando al entrenamiento neuromuscular corrector de las falencias técnicas.

Como conclusión de este apartado, es importante destacar el trabajo de Mandelbaum et al. (2005), quienes estudiaron la eficacia de un entrenamiento neuromuscular y

propioceptivo en la disminución de la incidencia de lesiones de LCA en mujeres futbolistas. Este trabajo no aleatorizado, controlado y con una muestra importante (1041 mujeres futbolistas en el grupo de intervención y 1905 mujeres en el grupo control) realizó el seguimiento de la implementación de este programa durante dos años y logró una reducción del 88 % en el primer año y el 74 % en el segundo año, como muestra la tabla. Estos autores concluyeron que el uso de entrenamiento neuromuscular y propioceptivo tiene una directa influencia en la disminución de la incidencia de lesiones de LCA en mujeres futbolistas (Tablas 2 y 3).

Tabla 2: Tasa de incidencia y riesgo relativo de lesiones de ACL por el total de exposición

	Nº total de exposición	Nº de lesiones LCA	Tasa de incidencia	Riesgo relativo
Año 1				
Entrenadas	37,476	2	0.05	0.114
No entrenadas	68,580	32	0.47	
Total	106056	34		
Año 2				
Entrenadas	30,384	4	0.13	0.259
No entrenadas	68,868	35	0.51	
Total	99,252	39		
Año 1 y 2 combinados				
Entrenadas	67,860	6	0.09	0.181
No entrenadas	137,448	67	0.49	
Total	205,308	73		
Tasa basada en lesiones por 1,000 horas de exposición				

Fuente: Adaptación propia de Mandelbaum et al., 2005.

Tabla 3: Tasa de incidencia y riesgo relativo de lesiones de LCA por jugador

	Nº de Sujetos	Nº de lesiones LCA	Tasa resultante por jugador	Riesgo relativo
Año 1				
Entrenadas	1,041	2	1.9	0.114
No entrenadas	1,905	32	16.8	
Total	2,943	34		
Año 2				
Entrenadas	844	4	4.74	0.259
No entrenadas	1,913	35	18.3	
Total	2,757	39		
Año 1 y 2 combinados				
Entrenadas	1,885	6	3.18	0.1814
No entrenadas	3,818	67	17.6	
Total	5,703	73		
Descenso total de lesiones de LCA por año 1 $(16.8-1.9)/16.8*100= 88 \%$				
Descenso total de lesiones de LCA por año 2 $(18.3-4.74)/18.3*100=74 \%$				
Tasa basada en lesiones por 1,000 jugadores				

Fuente: Adaptación propia de Mandelbaum, 2005.

Este trabajo presenta puntos débiles en su diseño, como por ejemplo, el uso de un diseño no randomizado, con la inscripción voluntaria de las participantes, lo que pudo generar un sesgo debido a un efecto de motivación ocasionado por la parcialidad en la elección de la muestra. Por otro lado, que los atletas no hayan sido evaluados neuromuscularmente antes y después del entrenamiento puede haber alterado algunos factores, lo que torna desconocida la real eficacia de este programa para reducir el riesgo de lesión por no contacto del ligamento cruzado anterior. Al margen de estas críticas, este programa prometedor merece, al menos, un estudio más pormenorizado.

Contrariamente a lo encontrado por Mandelbaum et al. (2005) y el programa de Hewett et al. (2005), Pfeiffer, Shea, Roberts, Grandstrand y Bond (2006) diseñaron un estudio prospectivo de cohorte usando atletas mujeres de colegio secundario (jugadoras de fútbol, vóley y básquetbol) de 15 escuelas (112 equipos; 1439 jugadoras) durante dos temporadas consecutivas, dividiéndolas en grupo control (862 jugadoras) y grupo de entrenamiento (577 jugadoras). El grupo de entrenamiento participaba de un programa de entrenamiento pliométrico diseñado con el fin de corregir la estrategia de caída de saltos, el cual realizaban 2 veces a la semana durante toda la temporada, mientras se relevó epidemiológicamente la tasa de lesiones de LCA en ambos grupos durante este periodo. En este estudio se encontró que este tipo de entrenamiento con foco en las técnicas de caída luego de un salto y desaceleración, previo a un cambio de dirección y realizado con esta frecuencia semanal, no resultó efectivo en la disminución de la incidencia de lesiones de LCA en mujeres adolescentes.

Con respecto a este trabajo, la crítica radica en que probablemente el programa elegido no haya sido correctamente aplicado, la dosificación resultase insuficiente o bien el

programa no sea el acorde. En este sentido, los programas que han reportado éxito tienen su foco en re-entrenar las estrategias de control de los miembros inferiores, tronco y miembros superiores. Los objetivos radican en la utilización de este entrenamiento para re-entrenar en forma sinérgica los isquiotibiales, músculos de la cadera y áreas del core o núcleo corporal, con el objetivo de una activación coordinada en el realineamiento corporal durante la ejecución de estas estrategias de movimiento; utilizar dosificaciones relativamente mayores (3 veces a la semana por 60 min, aproximadamente) y, finalmente, en la utilización de entrenadores certificados en el método.

Concluyendo con este apartado, podemos decir que, si bien la evidencia no es del todo contundente respecto de las estrategias que pueden prevenir la incidencia de lesiones de LCA, los entrenamientos específicos que han documentado un relativo éxito al respecto son aquellos que intentan una correcta alineación del cuerpo en general y de los miembros inferiores en particular, especialmente en aquellos movimientos riesgosos para la articulación de la rodilla. El foco está en el intento de corregir la coordinación de movimiento y la estabilidad corporal global en determinadas acciones que son promotoras de lesiones.

Acciones preventivas en la disminución de la incidencia de ligamento cruzado anterior (LCA)

Este apartado resulta, si se quiere, el más confuso y difícil en el intento de establecer indicaciones precisas para la disminución de la incidencia de lesiones de LCA.

El cuerpo de conocimiento actual ha promovido suficiente información sobre los factores de riesgos intrínsecos y extrínsecos que incrementan el riesgo de lesiones de LCA y, por lo tanto, en el direccionamiento de las intervenciones preventivas. Sin embargo, faltan mayores trabajos de investigación que detecten estrategias organizadas y efectivas en este sentido.

Existen entonces algunos puntos que parecen al menos claros. Por ejemplo, podemos inferir que los recursos de Video Screening utilizados con el fin de detectar falencias en los movimientos más riesgosos tal como el Dropjump Screening Test, propuesto por Noyes et al. (2005) y el LESS (landing error scoring system), recientemente validado (Padua et al., 2009), son útiles, por un lado, para detectar sujetos en riesgo y, por el otro, al menos como herramientas prácticas para evaluar y controlar la evolución de las técnicas neuromusculares correctoras que utilicemos con nuestros atletas.

Figura 7: Dropjump utilizado en el score LEES



Fuente: [Imagen intitulada de dropjump]. (s. f.). Extraída de <https://goo.gl/xsz6Tt>

Debe considerarse, que si bien sabemos que también pueden existir errores o déficit biomecánicos en los cambios de dirección, que actúen como factores de riesgo intrínsecos, estos pueden inferirse de estas herramientas de screening, por lo que es válido decir que estas son específicas para valorar los aspectos biomecánicos de los saltos, en especial en la fase de caída o amortiguación.

Podemos decir entonces, que todavía no existe un recurso simple de campo que permita establecer déficits biomecánicos en los cambios de dirección, las cuales resultan ser las acciones más riesgosas en fútbol debido al gran volumen y variabilidad con la que aparecen en el desarrollo de la competencia en fútbol.

También debemos plantear que la evidencia sobre la efectividad de los programas preventivos es más contundente hasta ahora sobre mujeres jugadoras de fútbol (entre otros deportes de cinemática y cinética de acciones similares) que en hombres.

En cuanto a las intervenciones preventivas, las tendencias parecen inclinarse ya definitivamente hacia el entrenamiento pliométrico, con principal foco sobre las modificaciones biomecánicas en las técnicas y estrategias de caídas en los saltos y cambios de dirección.

Los trabajos precursores en este sentido fueron los del grupo de investigación de Hewett et al. (1996) y el de Mandelbaum et al. (2005). Este último estudio, en especial, se focalizó sobre la eficacia de un entrenamiento neuromuscular y de agilidad en la disminución de la incidencia de lesiones de LCA en mujeres futbolistas.

En definitiva, y a manera de resumen, podemos decir, respecto del diseño de programas preventivos con el objetivo de disminuir la incidencia de lesiones de LCA, que estos presentan actualmente un relativo consenso en cuanto a:

- Realizar estrategias específicamente de desarrollo y mejora de los aspectos biomecánicos de los saltos y cambios de dirección.

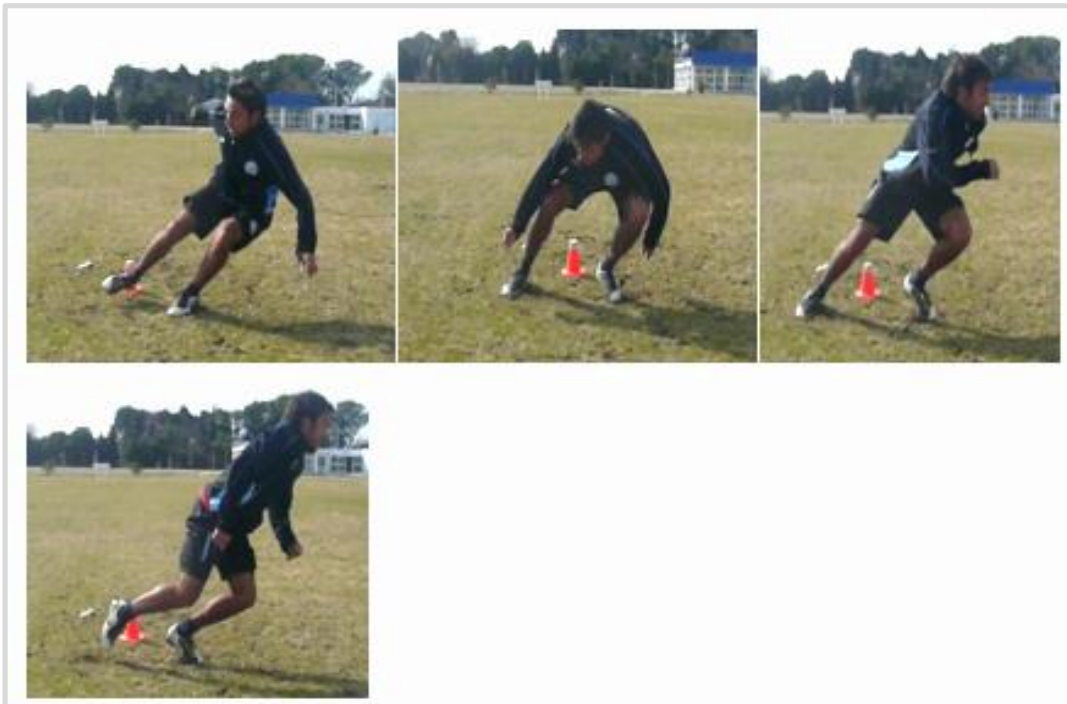
- Que el entrenamiento neuromuscular (NM), pliométrico (PLYO) y de agilidad (AGY) es la herramienta más efectiva en este sentido, siempre y cuando se realice con control y corrección por parte de los responsables del programa (corrección de técnicas).
- Apuntar a una mayor amortiguación y descenso del centro de gravedad en estas técnicas para fomentar la protección del isquiotibial sobre el LCA (plano sagital) y la corrección de los momentos de abducción de la rodilla (valgo dinámico) (corrección en plano frontal).
- Realizar estos programas más de una vez a la semana para resultar efectivos y como mínimo durante un periodo de seis semanas, tal como sugiere Hewett et al. (2006).
- Las estrategias deben incluir acciones NM y PLYO monopodales para resultar efectivas y transferibles a las correcciones relativas con el mecanismo lesional (Brown, Palmieri-Smith y McLean, 2010).
- Están claras también las influencias de la inestabilidad dinámica o pobre control del Core, especialmente en acciones dinámicas, sobre la alteración de los patrones biomecánicos de miembros inferiores (MMII), con especial influencia sobre la rodilla y el colapso en valgo, planteadas inicialmente por el trabajo de Zazulack et al. (2007). Por esto es que las estrategias de prevención deberían incluir core training (Zazulack et al., 2007).
- Las intervenciones resultan significativamente más efectivas sobre mujeres que sobre varones; pero sobre varones con déficit neuromuscular o factores de riesgos detectados estas resultan también beneficiosas.
- Las sugerencias de Bahr (2009) se dirigen a que las intervenciones sobre jugadores que presenten factores de riesgo, especialmente detectados por las herramientas simples de screening validadas (LEES y DJST drop jump screening test), son más efectivas y eficientes que las aplicadas sobre la población total. Por lo que resultaría interesante formar un subgrupo de intervención a partir de la aplicación del LEES, por ejemplo.
- Las intervenciones mencionadas deberían incluirse a partir de los 12 años (LaBella et al, 2011) y con énfasis en estas fases sensibles de desarrollo de patrones y habilidades relacionadas a las técnicas de salto y cambio de dirección, donde las modificaciones serán más efectivas y determinantes.

En conclusión, entonces, podríamos organizar este subgrupo de intervención a partir de la realización, al inicio de la temporada, del LESS, que determinará cuáles son los jugadores con factores de riesgo biomecánicos para la lesión de LCA. Posteriormente, este subgrupo debería realizar intervenciones pliométricas y de agilidad en forma diferenciada del grupo general, al menos dos veces a la semana, durante por lo menos seis semanas, bajo supervisión y coaching de las estrategias motrices relacionadas a las

técnicas de caída en los saltos y cambios de dirección. Finalmente, se debería establecer un monitoreo de las modificaciones conseguidas durante el resto de la temporada.

Las intervenciones NM, PLYO y de AGY deberían incluir saltos y caídas bipodales y monopodales en diferentes direcciones, desplazamientos con cambios de dirección en diferentes angulaciones y sentidos (cross cut y side step cut), entrenamiento de la estabilidad dinámica y fomento del descenso del centro de gravedad, así como core training especialmente progresando hacia ejercicios en descarga de peso y dinámicos.

Figura 8: Secuencia de 4 frames extraídas de 30 frames de análisis para coaching de un shuttle run a 100 % de la V máxima



Fuente: Archivo propio, inédito [de captura o elaboración].

Unidad 3.2 Prevención de lesiones articulares más frecuentes de MMSS (lesiones de hombro)

3.2.1 Epidemiología de lesiones de hombro en deporte y mecanismo lesional más frecuente

Las lesiones de hombro en los deportes pueden ser traumáticas o por sobreuso en origen, y el dolor de hombro resulta ser frecuente en el deporte, en especial en aquellos con un número alto de gestos del MMSS sobre cabeza.

Si bien existe una profusa bibliografía sobre la rehabilitación de la articulación del hombro, los trabajos científicos precisos metodológicamente (como existen para otras lesiones) sobre epidemiología y prevención de lesiones en deportistas son pocos, por lo que debería existir mayor literatura al respecto.

En términos generales, los deportes de equipo que más incidencia tienen en el dolor de hombro, lo que presupone algún daño de este complejo articular, son: el béisbol, el vóleibol y el hándbol; mientras que los deportes individuales con mayor incidencia de dolor de hombro son el tenis o/u otros deportes de raqueta, y la natación.

En un trabajo de Bonza, Fields, Yard y Comstock (2009) se analizaron las lesiones de hombro en deportistas de escuelas secundarias que practicaban distintos deportes, durante dos temporadas. Se encontró que las lesiones más frecuentes son las traumáticas y por contacto (dislocaciones, traumatismos, luxaciones acromioclavicular por caídas), y se produjeron solo un 10 % por diagnósticos de sobreuso. De todas maneras, una limitación de este tipo de estudio es la subestimación de las lesiones por sobreuso, debido a la no pérdida de participación en juegos o entrenamientos en muchos deportistas con dolor de hombro.

Las lesiones más plausibles de prevenir en este tipo de deportes son las lesiones por sobreuso, debido fundamentalmente al volumen de gestos de gran estrés mecánico sobre el hombro que, por lo general, son los gestos sobre cabeza o replicables al patrón motor de lanzamiento.

3.2.2 Factores de riesgo intrínsecos y extrínsecos

Los factores de riesgo intrínsecos y extrínsecos contribuyen a las lesiones por sobreuso del complejo articular del hombro. La interacción de estos presupone que el deportista que los presenta sea susceptible a una lesión por sobreuso, especialmente en deportistas overhead.

Factores de riesgo intrínsecos

Edad



Los problemas por sobreuso se incrementan a medida que aumenta la edad de los deportistas. Por ejemplo, en lanzadores, la incidencia lesional es mayor en deportistas veteranos que en deportistas jóvenes. Es probable que el tiempo de participación en un deporte y, por ende, la acumulación de microtrauma sobre el hombro mientras dura la carrera del deportista puedan ser elementos que se deban considerar en este factor de riesgo.

Factores anatómicos

Las variantes anatómicas del acromión pueden resultar en un factor de riesgo intrínseco cuando se reduce en alguna de ellas el espacio subacromial y especialmente aquellas en donde el acromión presenta forma de gancho. La reducción del espacio subacromial debido a factores anatómicos puede ser especialmente riesgosa en tenistas, nadadores o lanzadores.

Déficit de rotación interna glenohumeral (GIRD) y contractura de la cápsula posterior

La contractura capsular posterior es una causa frecuente de dolor en el hombro. Suele presentarse como una limitación de la rotación interna y dolor.

En el atleta que realiza lanzamientos por encima de la cabeza, la cápsula posteroinferior puede desarrollar una contractura que puede ocasionar una pérdida de la rotación interna. El déficit de rotación interna glenohumeral (DRIG) es la pérdida de rotación interna glenohumeral en los hombros que realizan lanzamientos (en comparación con los que no los realizan) (Burkhart, Morgan, Kibler, 2003).

La primera vez que se evidenció una relación entre el DRIG y la disfunción del hombro en los atletas de lanzamiento fue en 1991. (Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WBB, 2003). En dicho estudio, 39 lanzadores profesionales de béisbol que estaban entrenándose con menos de 25° de rotación interna total (DRIG) y con una pérdida de rotación interna mayor de 35° fueron valorados durante una temporada deportiva. El 60 % de los lanzadores desarrollaron problemas de hombro que les hicieron dejar de lanzar durante el período del estudio (Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WBB, 2003).

La retracción capsular asimétrica del hombro produce la rotación de la cabeza humeral, lo que provoca tensión en los tejidos cuando la cápsula está retraída por intervenciones quirúrgicas previas. Ello hace que la cabeza se mueva en dirección opuesta a la del tejido retraído.

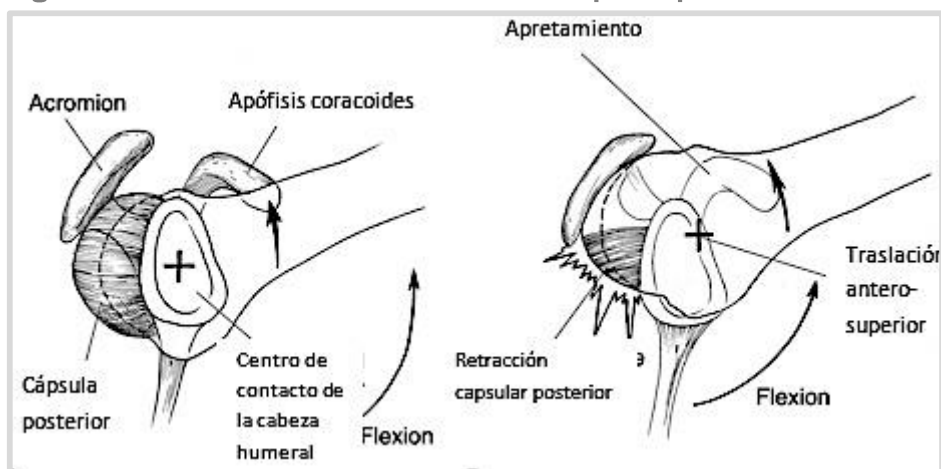
La retracción se opondrá a las cargas y al desplazamiento de la cabeza humeral haciendo que esta se mueva en la glenoides, alejándose de su posición habitual. Este fenómeno se denomina **mecanismo de restricción capsular**.

De forma similar, en una serie de lesiones sintomáticas del labrum superior anteroposterior (LSAP) tipo II, en atletas de lanzamiento, se observó un DRIG significativo en todos los hombros afectados (media 33°, rango de pérdida de rotación interna de 26 a 58°) (Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WBB, 2003).

En otro estudio, jugadores de tenis de alto nivel fueron seguidos de forma prospectiva durante 2 años; un grupo realizó estiramientos capsulares posteroinferiores diarios para minimizar el DRIG, mientras que el grupo de control no realizó estos estiramientos. Durante el período de estudio de 2 años, los deportistas que realizaron estiramientos aumentaron su rotación interna y su rotación total en comparación con el grupo de control. Además, el grupo de estiramiento mostró una disminución del 38 % de problemas de hombro (Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WBB, 2003).

Por último, de los 22 lanzadores de la liga de primera división que realizaron estiramientos manuales diarios durante las temporadas 1997, 1998 y 1999, ninguno presentó patología intraarticular del hombro ni dejó de jugar en ningún momento. Tampoco necesitaron intervenciones quirúrgicas.

Figura 9: Efectos de la contractura de la capsula posterior



Fuente: adaptado de Matsen, Lippitt, Sidles y Harryman, 1994, pág. 40.

A. La laxitud capsular normal permite que la cabeza humeral esté centrada durante la elevación del brazo. B. La retracción capsular posterior puede producir una traslación anterosuperior durante la flexión del hombro.

Disquinesia escapular como factor promotor del impingement subacromial

La disquinesia escapular (DE) es la alteración de la posición o el movimiento normal de la escápula durante los movimientos de la cupla escapulohumeral, lo que se denomina **ritmo escapular**. Esto ocurre en varias de las lesiones que involucran al hombro, y es ocasionado frecuentemente como resultado de una inhibición o desorganización de los patrones de activación en los músculos estabilizadores de la escápula. La DE puede incrementar el déficit funcional, asociado a la lesión del hombro, al alterar el rol de la escápula en el movimiento sincrónico y armonioso de la escapulohumeral en su conjunto (Kibler & McMullen, 2003).

La disquinesia escapular o la falta de control del normal funcionamiento de la escápula en deportes overhead puede ser una importante causa de dolor de hombro, ya que generan una disminución del espacio subacromial, una alteración de las fuerzas de amortiguación necesaria en las fases finales del lanzamiento, atrapamientos de

diferentes estructuras del manguito de los rotadores, un pobre centrado de la cabeza humeral, etcétera.

Factores de riesgo extrínsecos

Exposición a carga sobre el hombro

El principal factor de riesgo extrínseco en las lesiones del complejo articular del hombro parece ser la exposición a regímenes elevados de acciones estresantes sobre las estructuras de este complejo.

Se ha demostrado que en deportistas lanzadores o con gestos sobre cabeza (vóley, hándbol, lanzadores, etc.), a medida que transcurre la temporada y se acumulan grandes volúmenes de gestos sobre cabeza, las alteraciones del ROM de hombro, en especial la rotación interna o externa, o la disquinesia escapular, se ven alteradas. Este hecho se transforma en un promotor del dolor de hombro en estos atletas (Thomas, Swanik, Swanik & Huxel, 2009).

También en tenistas, nadadores o lanzadores, el incremento súbito del volumen de gestos sobre el hombro en diferentes momentos de la temporada o por situaciones determinadas se puede asociar al incremento del riesgo de sufrir dolor de hombro.

3.2.3 Detección de deportistas en riesgo

Al comienzo de la temporada, en deportes que demanden al hombro en forma permanente, se debe realizar una valoración del estatus funcional de esta articulación para detectar posibles factores de riesgo que se transformen, durante la temporada, en lesiones sobre esta articulación.

Esta valoración se debe, en lo posible, repetir durante ciclos constantes dentro de la misma temporada.

Los puntos a valorar en una evaluación de estos deportistas incluyen:

- **Inspección de la movilidad torácica:** la movilidad de la columna dorsal y el tronco debe ser inspeccionada. La falta de movilidad en esta zona está asociada a disfunciones en el complejo escapulo humeral.
- **Evaluación postural en reposo del hombro:** la observación de la posición del hombro en reposo puede brindar información sobre las estructuras con tendencias a la retracción o retraídas. Un hombro en ante-pulsión, p. ej., puede suponer retracción de los músculos anteriores del hombro y deficiencias en el centrado de la cabeza humeral durante los movimientos de rotación y abducción.
- **Evaluación de la cápsula posterior:** la valoración del estatus de la cápsula posterior del hombro en reposo, entre el miembro dominante y no dominante, puede brindar información del estado de la cápsula posterior del hombro que,

como manifestábamos en puntos anteriores, es un fuerte factor de riesgo para este complejo articular.

- **Evaluación de la disquinesia articular:** de la misma manera que en la valoración de la cápsula posterior del hombro, realizar una inspección del ritmo escapular y de la posición en reposo de la escápula nos da información sobre posibles factores de riesgo asociados al pobre control neuromuscular de la escápula.
- **Evaluación del ROM de hombro:** la valoración del ROM, así como de la estabilidad de articulación del hombro, nos puede informar sobre inestabilidad en la articulación glenohumeral, que se transforma en factor de riesgo para esta articulación.

3.2.4 Modelo de abordaje preventivo para lesiones de hombro

Tomando en consideración todo lo expuesto en esta unidad, el modelo de abordaje para disminuir el riesgo de lesiones de hombro, en especial en deportistas con alto número de patrones de lanzamiento, debería incluir los aspectos más relevantes de los factores de riesgo expuestos.

En deportes de alto impacto sobre el complejo articular del hombro, la utilización de un programa de ejercicios focalizado sobre los factores de riesgo debe incluir todos los elementos de un programa bien balanceado (flexibilidad, fuerza, estabilidad, coordinación y estabilidad del core).

Los programas de ejercicios tradicionales para la prevención de lesiones de hombro incluyen:

- Entrenamiento de la estabilidad glenohumeral: ejercicios de cadena cinética cerrada que aumentan la coactivación de antagonistas.

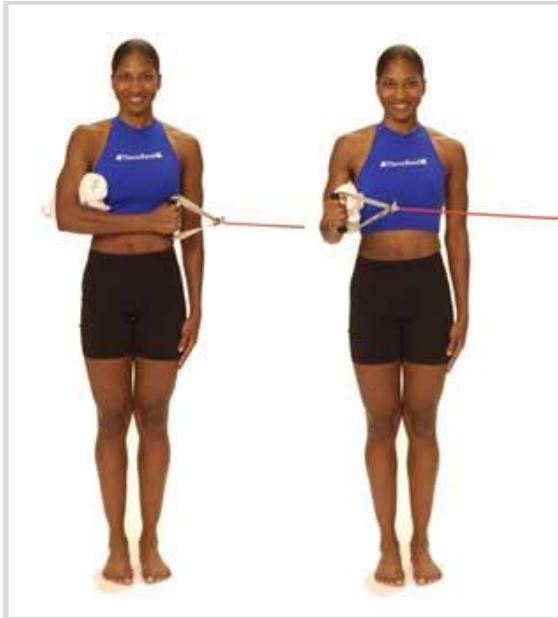
Figura 10: Ejemplo de ejercicios de activación escapular en CCC (Cadena Cinematica Cerrada)



Fuente: [Imagen Intitulada sobre ejercicios de activación escapular] (s.f). Recuperado de <http://goo.gl/0Ib1Sn>

- Entrenamiento de fuerza del manguito de los rotadores.

Figura 11: Ejemplos de ejercicios de rotadores externos de hombro en posición neutra o 0° de ABD (abducción)



Fuente: [Imagen intitulada sobre ejemplos de ejercicios de rotadores externos de hombro en posición neutra o 0° de ABD (abducción)]. (s. f.). Extraída de <http://goo.gl/kCIb3s>

Figura 12: Ejercicio de rotación interna



Fuente: [Imagen intitulada Ejercicio de rotación interna]. (s. f.). Extraída de <https://goo.gl/WHqjHR>

- Entrenamiento de la estabilidad escapular: ejercicios de activación de serrato anterior y trapecio.

Figura 13: Ejemplo de ejercicios analítico e integral para serrato anterior y trapecio fibras inferiores



Fuente: Kibler et al., 2008, pág. 1792.

- Entrenamiento de la movilidad torácica, en especial de la extensión y la rotación.

Figura 14: Ejemplo de ejercicios de movilidad en extensión torácica



Fuente: [Imagen intitulada sobre ejemplo de ejercicios de movilidad en extensión torácica]. (s. f.). Extraída de <http://goo.gl/jC91gL>

- Entrenamiento de la estabilidad del core y del resto de la cadena cinemática.
- Prevención de la rigidez de:
 - cápsula posterior;
 - romboides;
 - dorsal ancho;
 - pectoral menor.

Figura 15: Ejemplo de estiramiento de la capsula posterior



Fuente: Wilk Kevin et al., 2013, pág. 892.

Figura 16: Estiramiento del pectoral menor



Fuente: [Imagen intitulada de estiramiento]. (s. f.). Extraída de <http://goo.gl/S7zpkv>

Figura 17: Estiramiento del dorsal ancho



Fuente: [Imagen intitulada de estiramiento]. (s. f.). Extraída de <https://goo.gl/v2k93q>

En conclusión, es indispensable realizar una correcta evaluación de los deportistas *overhead* y planificar un programa de mantenimiento de la función del complejo articular del hombro, en especial en momentos de mayor incremento del volumen o exposición a gestos demandantes sobre esta articulación. Resulta determinante realizar un patrón sostenido de entrenamiento de los aspectos más importantes de la función neuromuscular de la articulación del hombro.

Referencias

[Imagen intitulada de dropjump test]. (s. f.). Extraída de http://4.bp.blogspot.com/-4b5kap718Fk/VJ_px4ONV2I/AAAAAAAAATg/ax079xD2Xas/s1600/ugr%C3%A1s.jpg

[Imagen intitulada de estiramiento del pectoral menor]. (s. f.). Extraída de <https://http://goo.gl/S7zpkv>

[Imagen intitulada de estiramiento]. (s. f.). Extraída de https://lauralovesfitness.files.wordpress.com/2012/02/dsc_37551.jpg

[Imagen intitulada Ejemplo de ejercicios de movilidad en extensión torácica]. (s. f.). Extraída de <http://goo.gl/jC91gL>

[Imagen intitulada Ejemplos de ejercicios de rotadores externos de hombro en posición neutra o 0° de ABD (abducción)]. (s. f.). Extraída de <http://goo.gl/kCIb3s>

[Imagen intitulada Ejercicio de rotación interna]. (s. f.). Extraída de <https://goo.gl/WHqjHR>

[Imagen intitulada sobre Ejemplo de ejercicios de activación escapular en CCC (Cadena Cinematica Cerrada)]. (s. f.). Recuperada de: [http://shoulder-pain-case-report.blogspot.com.ar/2001;31\(11\):645-654](http://shoulder-pain-case-report.blogspot.com.ar/2001;31(11):645-654)

Agel, J., Arendt, E. A., & Bershadsky, B. (2005). Anterior Cruciate Ligament Injury in National Collegiate Athletic Association Basketball and Soccer A 13-Year Review (Traductor). *Am. J. Sports Med*, 33(4):524-30.

Arendt, E., & Dick, R. (1995). Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer: NCAA data and review of literature (Traductor). *Am J Sports Med*, 23(6), 694-701.

Bahr, R. & Krosshaug, T. (2005). Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport (Traductor). *Br J Sports Med*, 39 39(6):324-9.

Bahr, R. (2009). No injuries, but plenty of pain? On the methodology for recording overuse symptoms in sports (Traductor). *Br J Sports Med*, 43(13), 966-972.

Beynon, B. D., Johnson, R. J., Abate, J. A., Fleming, B. C. & Nichols, C. E. (2005a). Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part 1 (Traductor). *Am J Sports Med*, 33(10), 1579-1602.

Beynon, B. D., Johnson, R. J., Abate, J. A., Fleming, B. C. & Nichols, C. E. (2005b). Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part 2 (Traductor). *Am J Sports Med*, 33(11), 1751-67.

Bjordan, J. M., Arntly, F., Hannestad, B., & Strand, T. (1997). Epidemiology of anterior cruciate ligament injuries in soccer (Traductor). *Am J Sports Med*, 25(3), 341-345.

Bonza, J. E., Fields, S. K., Yard, E. E., & Comstock, R. D. (2009). Shoulder injuries among united states high school athletes during the 2005–2006 and 2006–2007 school years (Traductor). *Journal of Athletic Training*, 44(1),76-83.

Brown, T. N., Palmieri-Smith, R. M., & McLean, S. G. (2010). Knee Kinematics During Single- and Double-Legged Jump Landings Following Six Weeks of Neuromuscular Training (Traductor). *Journal of Athletic Training*, 45(5), 522-541.

Burkhart, S. S., Morgan, C. D. & Kibler, W. B. (2003). The disabled throwing shoulder: Spectrum of pathology. I: Pathoanatomy and biomechanics (Traductor). *Arthroscopy*, 19(4), 404-420.

Burkhart, S. S., Morgan, C. D., & Kibler, W. B. (2000). Shoulder injuries in overhead athletes: The “dead arm” revisited (Traductor). *Clin Sports Med*, 19(1), 125-158.

Chandrashekar N, Slauterbeck J, Hashemi J. (2005) Sex-based differences in the anthropometric characteristics of the anterior cruciate ligament and its relation to intercondylar notch geometry: a cadaveric study. *Am J Sports Med*.;33(10):1492–1498

Chappell, J. D., & Limpisvasti, O. (2008). Effect of a neuromuscular training program on the kinetics and kinematics of jumping tasks (Traductor). *Am J SportsMed*, 36(6), 1081-1086.

Dedrick, G. S., Sizer, P. S., Merkle, J. N., Hounshell, T. R., Robert-McComb, J. J., Sawyer, S. F., ... & Roger James, C. (2008). Effect of sex hormones on neuromuscular control patterns during landing (Traductor). *J Electromyogr Kinesiol*,18(1),68-78.

Givoni, N. J., Pham, T., Allen, T. J., & Proske, U. (2007). The effect of quadriceps muscle fatigue on position matching at the knee (Traductor). *J Physiol*, 584(Pt 1),111-119.

Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynon BD, Demaio M, Dick RW, Engebretsen L, Garrett WE Jr, Hannafin JA, Hewett TE, Huston LJ, Ireland ML, Johnson RJ, Lephart S, Mandelbaum BR, Mann BJ, Marks PH, Marshall SW, Myklebust G, Noyes FR, Powers C, Shields C Jr, Shultz SJ, Silvers H, Slauterbeck J, Taylor DC, Teitz CC, Wojtys EM, Yu B. (2006) Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *Am J Sports Med*. Sep;34(9):1512-32.

Herman DC, Weinhold PS, Guskiewicz KM, Garrett WE, Yu B, Padua DA. (2008). The effects of strength training on the lower extremity biomechanics of female recreational athletes during a stop-jump task. *Am J Sports Med*. Apr;36 (4):733-40.

Hewett, T. E., Ford, K. R., & Myer, G. D. (2005). Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes Part 2, A Meta-analysis of Neuromuscular Interventions Aimed at Injury Prevention (Traductor). *Am. J. Sports Med*, 34(3), 490-498.

Kernozeck, T. W., Torry, M. R., & Iwasaki, M. (2008). Gender differences in lower extremity landing mechanics caused by neuromuscular fatigue (Traductor). *Am J Sports Med*, 36(3), 554-565.

Kibler Ben W., Sciascia Aaron D. Uhl Timothy L. Tambay Nishin, and Cunningham, Thomas. (2008) Electromyographic Analysis of Specific Exercises for Scapular Control in Early Phases of Shoulder Rehabilitation. *The American Journal of Sports Medicine*, 36 (9) 1789-1798

Kibler, B. W., & McMullen, J. (2003). Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain (Traductor). *J Am AcadOrthopSurg*, 11(2), 142-151.

LaBella CR, Huxford MR, Grissom J, Kim KY, Peng J, Christoffel KK. (2011) Effect of neuromuscular warm-up on injuries in female soccer and basketball athletes in urban public high schools: cluster randomized controlled trial. *Arch Pediatr Adolesc Med. Nov;165(11):1033-40.* doi: 10.1001/archpediatrics.2011.168.

Landry, S. C., McKean, K. A., Hubley-Kozey, C. L., Stanish, W. D., & Deluzio, K. J. (2007). Neuromuscular and Lower Limb Biomechanical Differences Exist Between Male and Female Elite Adolescent Soccer Players During an Unanticipated Side-cut Maneuver (Traductor). *Am J SportsMed*, 35(11):1888-900.
ligament injuries in Australian football. *J Orthop Sports Phys Ther.*

Lloyd DG, Buchanan TS, Besier TF (2005). Neuromuscular biomechanical

Lloyd DG. Rationale for training programs to reduce anterior cruciate

Mandelbaum B. R., Silvers, H. J., Watanabe, D. S., Knarr, J. F., Thomas, S. D., Griffin, L. Y. & Garrett W. Jr. (2005). Effectiveness of a Neuromuscular and Proprioceptive Training Program in Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes (Traductor). *Am J Sports Med*, 33(7):1003-10.

Meeuwisse W. (1994) Assessing causation in sport injury: a multifactorial model. *Clin J Sport Med*;4(3):166-70

Mihata LC, Beutler AI, Boden BP. (2006). Comparing the incidence of anterior cruciate ligament injury in collegiate lacrosse, soccer, and basketball players: implications for anterior cruciate ligament mechanism and prevention. *Am J Sports Med. Jun;34(6):899-904.*
modeling to understand knee ligament loading. *Med Sci Sports Exerc.*;37(11):1939-1947

Murata, M. (1996). Height velocity curve in childhood and adolescence (Traductor). *Obstetrical and Gynecological Therapy*, 72(4), 401-406.

Myer Gregory D, Ford Kevin R, Divine Jon G, Wall Eric J, Kahanov Leamor, and Hewett Timothy E. (2009) Longitudinal Assessment of Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury Risk Factors During Maturation in a Female Athlete: A Case Report. *J Athl Train*; 44(1): 101-109

Noyes, F. R., Barber-Westin, S. D., Fleckenstein, C., Walsh, C. & West, J. (2005). The drop-jump screening test: difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes (Traductor). *Am J Sports Med*, 33(2), 197-207.

Padua, D. A., Marshall, S. W., Boling, M. C., Thigpen, C. A., Garrett, W. E. Jr, & Beutler, A. (2009). The Landing Error Scoring System (LESS) Is a Valid and Reliable Clinical Assessment Tool of Jump-Landing Biomechanics. The JUMP-ACL Study (Traductor). *Am J Sports Med*, 37(10), 1996-2002.

Pappas E, Hagins M, Sheikhzadeh A, Nordin M, Rose D. (2007) Biomechanical differences between unilateral and bilateral landings from a jump: gender differences. *Clin J Sport Med*.;17(4):263-268.

Pfeiffer, R.P., Shea, K. H., Roberts, D., Grandstrand, S., & Bond, L. (2006). Lack of effect of a knee ligament injury prevention program on the incidence of noncontact anterior cruciate ligament injury (Traductor). *J Bone Joint Surgery*, 88(8), 1769-1774.

Prentice, W. E. (2001). *Técnicas de Rehabilitación en Medicina deportiva* (2.a edición). Barcelona: Paidotribo.

Quatman, C. E., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2006). Maturation leads to gender differences in landing force and vertical jump performance: a longitudinal study (Traductor). *Am J Sports Med*, 34(5), 806-813.

Renstrom, P. et al. (2008). Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement.

Renstrom, P., Ljungqvist, A., Arendt, E., Beynon, B., Fukubayashi, T., Garrett, W., ... & Engebretse, L. (2008). Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement (Traductor). *Br J Sports Med*, 42(6), 394-412.

Sampietro, M. (2005). Imagen intitulada Ejemplo de cambio de dirección sidecut. Archivo propio, inédito.

Sampietro, M. (2008). Imagen intitulada Ejemplo de cambio de dirección cross cut. Archivo propio, inédito.

Sell TC, Ferris CM, Abt JP, Tsai YS, Myers JB, Fu FH, Lephart SM. (2006) The effect of direction and reaction on the neuromuscular and biomechanical characteristics of the knee during tasks that simulate the noncontact anterior cruciate ligament injury mechanism. *Am J Sports Med*.;34(1):43-54.

Sell, T. C. (2011). An examination, correlation, and comparison of static and dynamic measures of postural stability in healthy, physically active adult (Traductor). *Physical Therapy in Sport*, 13(2), 80-86.

Shimokochi, Y., & Shultz, S. J. (2008). Mechanisms of noncontact anterior cruciate ligament injury (Traductor). *J Athl Train*, 43(4), 396-408. doi: 10.4085/1062-6050-43.4.396

Thomas, S. J., Swanik, K. A., Swanik, C., & Huxel, K. C. (2009). Glenohumeral Rotation and Scapular Position Adaptations After a Single High School Female Sports Season (Traductor). *Journal of Athletic Training, 44*(3), 230-237.

Villwock, M. R., Meyer, E. G., Powell, J. W., Fouty, A. J., & Haut, R. C. (2009). Football Playing Surface and Shoe Design Affect Rotational Traction (Traductor). *Am J Sports Med, 37*(3), 518-525.

Wilk Kevin E, Hooks Todd R., Macrina Leonard C. (2013) The Modified Sleeper Stretch and Modified Cross-body Stretch to Increase Shoulder Internal Rotation Range of Motion in the Overhead Throwing Athlete. *Journal Of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 43* (12) 891-894

Yu, B., McClure, S. B., Onate, J. A., Guskiewicz, K. M., Kirkendall, D. T., & Garrett, W. E.). (2005). Age and Gender Effects on Lower Extremity Kinematics of Youth Soccer Players in a Stop-Jump Task (Traductor). *Am. J. Sports Med, 33*(9):1356-64.

Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007). The Effects Of Core Proprioception On Knee Injury: A Prospective Biomechanical-Epidemiological Study (Traductor). *Am J Sports Med, 35*(3), 368-73.

