

# Rotura del ligamento cruzado anterior en la mujer deportista: factores de riesgo y programas de prevención

África D. Lluna Llorens, Bárbara Sánchez Sabater, Isabel Medrano Morte, Elena M. García García, Sara Sánchez López, Juan F. Abellán Guillén

Hospital General Universitario Morales Meseguer, Murcia.

**Recibido:** 23.01.2017  
**Aceptado:** 23.05.2017

## Resumen

**Objetivo:** La lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA) es la segunda lesión deportiva más frecuente tras el esguince de tobillo. Provoca inestabilidad de la rodilla y afecta al rendimiento deportivo, por lo que es importante saber qué lo favorece y cómo lo podemos evitar. En este trabajo se expone la epidemiología de la lesión del LCA haciendo referencia a los factores de riesgo predisponentes y a los programas preventivos de la misma. El objetivo de este trabajo ha sido mostrar los factores de riesgo que predisponen a una mayor incidencia de lesión del ligamento cruzado anterior, así como presentar la efectividad de los programas de prevención de la misma.

**Método:** Se ha realizado una revisión de la literatura a través de PubMed, Cochrane y UpToDate incluyendo los metanálisis o ensayos clínicos publicados en los últimos 10 años.

**Resultados:** La incidencia de lesión es mayor en la mujer que en el hombre con una relación 3:1, y sobre todo se produce en deportes como el fútbol y el baloncesto, donde se realizan ejercicios como pivotar, cambio brusco de dirección en la carrera o frenar de forma brusca. Los factores de riesgo son multifactoriales, entre ellos los únicos modificables son los factores de riesgo biomecánicos y es en ellos donde se centran los programas de prevención.

**Conclusiones:** Las mujeres tienen una mayor incidencia de lesión de LCA. Los programas de prevención se centran en factores de riesgo modificable, principalmente en el entrenamiento neuromuscular y disminuyen de forma estadísticamente significativa tanto en el fútbol como en el balonmano, pero no en el baloncesto. Estos programas se centran en ejercicios de fortalecimiento, control proximal y ejercicios pliométricos.

## Palabras clave:

Ligamento cruzado anterior. Prevención. Deportistas. Factores de riesgo

## Anterior cruciate ligament injury in the female athlete: risk and prevention

### Summary

**Background:** The anterior cruciate ligament (ACL) injury of the knee is the second most common sports injury after the ankle sprain. It causes knee instability and impacts sport performance. Knowing what predisposes this injury is important to prevent it, specially in women, where the rate is higher. This paper presents the ACL injury epidemiology, making reference to the underlying risk factors and its preventive programmes. The aim of this study was to show the risk factors that predispose to a higher incidence of anterior cruciate ligament injury, as well as to present the effectiveness of the prevention programs.

**Methods:** A literature review through PubMed, Cochrane and UpToDate has been performed including the meta-analysis or clinical trials published over the past 10 years.

**Results:** The injury incidence rate is three times higher in women than in men. It specially develops in sports like football and basketball, i.e., sports where pivoting, sharp running direction changes or abruptly stopping exercises are more common. The risk factors are multifactorial; and the only adjustable ones are the biomechanical risk factors. Prevention programmes are focused in these factors, trying to enhance strength and biomechanical proprioception.

**Conclusions:** After the review we can conclude that ACL injuries are more frequent in women. Prevention programmes focus on neuromuscular training (strengthening exercises, proximal control and plyometric exercises) and they reduces significantly the injury for football and handball players, but not for basketball ones. The programmes focus on strengthening exercises, proximal control and plyometric exercises.

**Key words:**  
Anterior cruciate ligament. Prevention. Athlete. Risk factors.

**Correspondencia:** África Dakota Lluna Llorens  
E-mail: africadakotalluna@gmail.com

## Introducción

La tasa de lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA) varía en función del género, del deporte y según los programas de prevención<sup>1</sup>. Ésta es mayor en las mujeres respecto a los hombres, y se observa una mayor incidencia en deportes como el fútbol y el baloncesto<sup>1</sup>. La lesión del LCA es la segunda lesión deportiva más frecuente tras el esguince de tobillo<sup>2</sup>, por lo que es importante determinar los factores de riesgo, prestando atención a aquellos que son modificables, ya que en ellos es donde se centran los programas de prevención.

## Epidemiología de la lesión del LCA

### Incidencia

La incidencia de lesión del ligamento cruzado anterior varía en los diferentes trabajos publicados y esto puede deberse a la diferente actividad física realizada por los participantes del estudio. Es imprescindible remarcar que los datos publicados son heterogéneos y que la incidencia de lesión depende en mayor medida del rendimiento deportivo<sup>1,2</sup> y por tanto del control neuromuscular, lo que habrá que tener en cuenta al analizar los resultados.

La relación de la incidencia mujer:hombre en la lesión del LCA ha suscitado gran interés recientemente. En el estudio de Prodromos *et al.*<sup>1</sup> la incidencia de rotura del LCA (mujer: hombre) según el deporte fue: baloncesto, 3.5:1; fútbol, 2.67:1; hockey, 1.18:1. Según el nivel de las deportistas: en la escuela secundaria fue de 0.09, mientras que en el hombre fue de 0.02. y la relación mujer:hombre era de 4.5:1. En la universidad, la tasa fue de 0.29 para la mujer y de 0.08 para el hombre, con una relación mujer:hombre de 3.63:1 y a nivel profesional, fue de 0.20 para la mujer y de 0.21 para el hombre y la relación mujer: hombre fue de 0.95:1. Según estos datos, conforme la deportista femenina se hace más profesional, su incidencia de lesión disminuye hasta llegar a igualarse a la del hombre.

### Factores de riesgo

Para entender porque la lesión es más frecuente en la mujer y cómo podemos prevenirla, es importante identificar los factores de riesgo. La causa de aumento de lesión del LCA es multifactorial y los factores de riesgo se han catalogado en: ambientales, anatómicos, hormonales y biomecánicos<sup>3</sup>.

#### Factores ambientales

La temperatura de las superficies, la fricción entre los materiales, y el diseño de las suelas puede ser un factor de riesgo de lesión del LCA<sup>3</sup>. Estos factores afectan por igual a hombre y mujer, por lo que no predisponen a una mayor incidencia en la mujer.

#### Factores hormonales

La evidencia de los efectos de las hormonas sexuales en el tejido conectivo es limitada y los resultados de algunos estudios son inconsistentes. Sin embargo, la síntesis de colágeno puede verse disminuida

hasta un 40% por los estrógenos a niveles fisiológicos, y hasta un 50% inducida por niveles farmacológicos de estrógenos<sup>3</sup>.

#### Factores anatómicos

Las diferencias anatómicas entre el hombre y la mujer pueden ser un factor que contribuya a un incremento en el riesgo de lesión del LCA. Sin embargo, estos factores no son modificables y sobre ellos no se pueden aplicar medidas preventivas.

- El ancho de la escotadura intercondílea en mujeres es de menor tamaño que en los hombres, sin embargo esto no ha demostrado diferencias en el riesgo de lesión del LCA<sup>3</sup>.
- El área transversal del LCA es mayor en los hombres<sup>3</sup>, lo que sugiere que un menor diámetro del LCA en mujeres puede ser un factor de riesgo de rotura.
- El ángulo Q, cuyo valor normal es de 8 a 17°, es mayor en la mujer. Este aumento se debe a que generalmente la pelvis de la mujer es más ancha y el fémur más corto<sup>3</sup> o que un ángulo Q elevado aumenta el estrés medial sobre los ligamentos de la rodilla<sup>3</sup>.
- El ángulo entre el tendón rotuliano y la tibia afecta a la fuerza de cizallamiento aplicada.

#### Factores biomecánicos

El músculo cuádriceps presenta mayor activación muscular durante los esfuerzos en flexión de la rodilla, mientras que los isquiotibiales tienden a relajarse, además en las deportistas al inducir fatiga muscular y realizar maniobras deportivas como aterrizaje con una sola pierna o cambio de dirección en la carrera, se produce una disminución de la flexión de la cadera, incremento de la rotación interna de la misma, incremento del valgo en rodilla y rotación externa de la tibia, lo que lleva a una menor estabilidad de la articulación de la rodilla<sup>3</sup>. En el hombre todo esto es menos frecuente porque tienen un mayor control muscular. La ausencia de este control en la mujer, especialmente en la adolescente, provoca una mayor predisposición de deslizamiento del fémur sobre la tibia y mayor estrés del LCA.

Los factores de riesgo biomecánicos son los únicos considerados modificables y es por ello donde se centran los programas de prevención. Con un mayor control neuromuscular hay un menor riesgo de lesión del LCA, esto explica que a medida que incrementa el nivel deportivo, donde las exigencias de entrenamiento son mayores, las incidencias mujer:hombre son cercanas a 1:1.

### Programas de prevención

Los componentes biomecánicos y neuromusculares son los únicos modificables. Recientes estudios ponen de manifiesto que determinados factores de riesgo como un incremento del valgo en la rodilla, la limitación de la flexión de la cadera o la rotación interna de la misma predispone a un mayor riesgo de rotura del LCA<sup>4,5</sup>. Es posible controlar la magnitud de estos movimientos aumentando el soporte muscular y alternándolo con la técnica deportiva, todo ello a través de los programas preventivos de entrenamiento neuromuscular (PNMT). Un meta-análisis reciente evaluó la efectividad de los PNMT en su conjunto y demostraron que estos programas reducen la lesión del LCA en mujeres jóvenes<sup>4</sup>.

El entrenamiento promueve el desarrollo muscular, mejora los patrones de movimiento y protege de la lesión del LCA; sin embargo no está claro que tipo de ejercicios son los más eficaces para prevenir esta lesión. Al valorar los distintos estudios, dónde los grupos incluidos no son homogéneos<sup>6-8</sup>, es esencial determinar qué tipo de ejercicios incluidos en los PNMT reducen de forma significativa la lesión del LCA.

En un meta-análisis publicado por Sugimoto *et al.*<sup>4</sup> se quería establecer que ejercicios tenían un mayor efecto profiláctico en la reducción de lesión del LCA. Se examinaron cuatro categorías de ejercicios: equilibrio, ejercicios pliométricos, entrenamiento de la fuerza y del control proximal. Los resultados mostraron un menor número de lesiones del LCA estadísticamente significativo ( $p = 0,001$ ) con los PNMT que se centraron en ejercicios de fortalecimiento, de control proximal y pliométricos.

Los factores de riesgo neuromusculares son modificables a través del entrenamiento lo que lleva a un mayor rendimiento deportivo, además dado que la mayoría de lesiones del LCA ocurren en situaciones de no-contacto, se hace necesario tener en cuenta las diferentes exigencias

biomecánicas de los distintos deportes, así como actuar sobre el gesto deportivo en función de la disciplina.

Se han descrito distintos programas de entrenamiento para disminuir la incidencia de lesión del LCA<sup>9-10</sup>. Los más importantes quedan reflejados en la revisión sistemática publicada por Michaelidis *et al*<sup>9</sup> donde se proponen 12 PNMT que a pesar de sus diferencias centran su plan de entrenamiento en el desarrollo neuromuscular e incluyen los tipos de ejercicios que han demostrado reducciones estadísticamente significativas en la lesión del LCA.

### Programas entrenamiento

Se han propuesto distintos programas de prevención destinados a reducir la incidencia de lesión del LCA en la mujer deportista. Las características y los ejercicios de cada uno de estos programas están resumidos en la Tabla 1. Para determinar si son o no efectivos, han sido evaluados mediante estudios con grupo control. A continuación se presentan los principales estudios que evalúan dichos programas.

**Tabla 1. Programas de prevención de lesión del LCA en la mujer deportista.**

Programa	Deporte	Características
SPORTSMETRICS	Fútbol Voleibol Baloncesto	- Sesión: 60-90 min - Frecuencia: 3 días/semana - Tiempo total: 6 semanas (sólo pretemporada)
FATP	Fútbol	- Sesión: 75min - Frecuencia: 3 días/semana - Tiempo total: 7 meses
PEP	Fútbol	- Sesión: 20 min - Frecuencia: 2-3 días/semana - Tiempo total: 12 semanas
KLIP	Fútbol	- Sesión: 20 min - Frecuencia: 2 días/semana - Tiempo total: 4-5 meses
FIFA 11	Fútbol	- Sesión: 15 min - Frecuencia: 1 día/semana - Tiempo total: 7,5 meses
SÖDERMAN	Fútbol	- Sesión: 10-15 min - Frecuencia: 3 días/semana - Tiempo: 6 meses
MYKLEBUST	Balonmano	- Sesión: 15 min - Frecuencia: 1 día/semana - Tiempo total: 5 meses
OLSEN	Balonmano	- Sesión: 15-20 min - Frecuencia: 1 día/semana - Tiempo total: 5 meses
PETERSEN	Balonmano	- Sesión: 10 min - Frecuencia: 1 día/semana - Tiempo total: 8 semanas
PASANEN	Hockey	- Sesión: 20-30 min - Frecuencia: 2-3 días/semana (intenso) alternando con 1 día/semana (mantenimiento) - Tiempo total: 6 meses
WALDEN	Fútbol	- Sesión: 15 min - Frecuencia: 2 días/semana - Tiempo total: 7 meses
HTP	Fútbol	- Sesión: 20-25min - Frecuencia: 2 días/semanas (pretemporada) / 1 día/semana (temporada) - Tiempo total: 9 meses

*Sportsmetrics*

Estudio prospectivo para evaluar el efecto de los PNMT sobre la incidencia de lesión de rodilla en deportistas de sexo femenino. Compararon aquellas en las que se aplica el programa con aquellas sin un programa de entrenamiento específico, además con un grupo de deportistas varones no entrenados en distintos deportes (fútbol, voleibol y baloncesto). La incidencia de lesión de las deportistas entrenadas no fue significativamente menor que en los deportistas masculinos no entrenados; sin embargo, sí que se observó una diferencia significativa en la reducción de la lesión del LCA entre las mujeres en las que se aplicó un PNMT respecto a las que no seguían un programa de entrenamiento. Este estudio prospectivo demostró una menor incidencia de lesión de rodilla en mujeres después de un programa de entrenamiento pliométrico específico<sup>11</sup>.

*Programa de entrenamiento de Frappier (FATP)*

En el estudio de Heidt *et al.*<sup>12</sup> se pretendía establecer que efecto se conseguía con un programa de entrenamiento en la pretemporada en jugadoras de fútbol respecto a aquellas que no lo seguían. En dicho estudio se llegó a la conclusión de que en esta población eran más frecuentes las lesiones en el miembro inferior, de que el grupo entrenado presentaba menor incidencia de lesión de forma estadísticamente significativa y, aunque no se pudo establecer de forma estadísticamente significativa, también se observó que el grupo entrenado tenía menor incidencia de lesión del LCA. Por todo ello, concluyeron que el condicionamiento físico lleva a una reducción en la incidencia de lesiones en las jugadoras de fútbol.

*Programa preventivo y mejora del rendimiento (PEP)*

Se realizó un ensayo clínico donde se aleatorizó a jugadoras de fútbol en un grupo de estudio y en un grupo control. Se pretendía establecer que los PNMT disminuían la incidencia de lesión del LCA sin mecanismo de contacto. Se concluyó que con el programa PEP se reducía la incidencia de lesión del LCA, incluyendo en aquellas deportistas que tenían historia previa de lesión del LCA<sup>13</sup>.

*Prevención de lesión ligamentosa en la rodilla (KLIP)*

Estudio prospectivo realizado durante dos años para evaluar los efectos de los programas preventivos en futbolistas, jugadoras de baloncesto y voleibol de la escuela secundaria. Los resultados sugirieron que un programa centrado en ejercicios pliométricos donde se valora la mecánica de aterrizaje del salto y la desaceleración brusca, no reduce la incidencia de lesión en las deportistas si se realiza 2 veces por semana durante 20 minutos<sup>14</sup>.

*Programa preventivo FIFA 11*

El propósito de este ensayo clínico controlado aleatorizado fue investigar el efecto de la combinación de ejercicios pliométricos, de fuerza, equilibrio y de control proximal, sobre el riesgo de lesiones en el fútbol juvenil femenino. No se observó ninguna diferencia en la tasa general de lesiones entre el grupo de intervención y el grupo control, ni en la incidencia de cualquier tipo de lesión. La resolución del estudio, donde no se observa ningún efecto con la aplicación de los ejercicios, puede ser debido a un bajo cumplimiento del programa preventivo por parte del grupo de estudio<sup>15</sup>.

*Söderman*

Estudio prospectivo basado en ejercicios de equilibrio. Se pretendía establecer si la realización de este tipo de ejercicios dentro de un PNMT podía reducir las lesiones en miembros inferiores en las futbolistas en comparación con aquellas que no seguían el programa. Se estableció que no existían diferencias en los grupos de estudio, ni en cuanto a la incidencia ni en el tipo de lesión<sup>16</sup>.

*Myklebust*

Estudio prospectivo que valora la aplicación de un programa de entrenamiento donde los ejercicios de equilibrio que se centran en el control neuromuscular y las habilidades de aterrizaje. Al finalizar el estudio, se observó una reducción en la incidencia de lesión en las deportistas de élite que habían completado el programa en comparación con aquellas que no lo hicieron. Se concluyó que es posible la prevención de lesión del LCA con un PNMT adecuado<sup>17</sup>.

*Olsen*

Ensayo clínico controlado aleatorizado, donde se evaluó la eficacia de un programa de calentamiento para reducir la incidencia de lesiones de rodilla y tobillo en jugadoras de balonmano. El programa de calentamiento pretendía mejorar la técnica de aterrizaje, el control neuromuscular, la fuerza y el equilibrio. Se observó que prevenía las lesiones y por tanto se estableció que debía introducirse como parte de los PNMT<sup>18</sup>.

*Petersen*

Estudio retrospectivo donde se evaluaron los efectos del PNMT en la incidencia de lesión de tobillo y rodilla, aplicado en jugadoras de balonmano. Se concluyó que el entrenamiento neuromuscular está indicado y es efectivo en la prevención de lesiones de rodilla y tobillo en jugadoras de balonmano<sup>19</sup>.

*Pasanen*

PNMT que pretendía mejorar las habilidades motoras, el control del cuerpo, así como preparar y activar su sistema neuromuscular. El objetivo era prevenir las lesiones sin contacto en la rodilla, aplicando el estudio a jugadoras de hockey. Tras la realización del estudio se llegó a la conclusión que el programa preventivo es efectivo y puede ser recomendado en el entrenamiento semanal de éstas deportistas<sup>20</sup>.

*Walden*

Ensayo clínico aleatorizado donde se valoró un programa preventivo centrado en ejercicios de control proximal, equilibrio y la alineación adecuada de la rodilla en futbolistas. Se concluyó que el programa de calentamiento reducía de forma estadísticamente significativa la tasa de lesiones del LCA<sup>21</sup>.

*Programa de entrenamiento "Harmoknee" (HTP)*

Se realizó un ensayo clínico sobre un programa multifacético preventivo en futbolistas. Se llegó a la conclusión que la incidencia de lesiones de rodilla en jóvenes futbolistas se reducía mediante el ejercicio físico, si éste se aplicaba junto a una adecuada educación deportiva<sup>22</sup>.

Además en un estudio publicado recientemente por Zebis *et al.*<sup>23</sup>, se evaluó la reducción de la lesión del LCA, al realizar cambios bruscos

de dirección, mediante la aplicación de programas de prevención. Se realizó un ensayo clínico con una muestra de 40 mujeres jugadoras de baloncesto o balonmano, entre 15-16 años, donde se asignó de forma aleatoria a 20 en un grupo control y a 20 en un grupo de entrenamiento neuromuscular. El programa preventivo consistía en ejercicios de calentamiento donde se analizaba la actividad (contracción isométrica) del músculo vasto lateral (VL), del semitendinoso (ST) y el bíceps femoral mediante electromiografía (EMG) durante 12 semanas. Se observó diferencias entre los grupos de seguimiento en la actividad del VL-ST (43% de diferencia entre los grupos; IC 95% 32% a 55%)<sup>23</sup>.

## Conclusiones

Las deportistas tienen más o menos 3 veces mayor incidencia de lesión del LCA en el baloncesto y en el fútbol que los hombres, sin embargo aquellas que practican deporte a un nivel alto de rendimiento se lesionan con menor frecuencia al poseer un mejor control neuromuscular en miembros inferiores.

Los programas de prevención se centran en el entrenamiento neuromuscular y se han observado reducciones de la incidencia estadísticamente significativas tanto en el fútbol como en el balonmano, sin embargo las reducciones en las tasas de la incidencia en el baloncesto no son estadísticamente significativas. Los análisis de subgrupos actuales indican que los programas de fortalecimiento, ejercicios de control proximal y los ejercicios pliométricos aumentan la efectividad en la reducción de las lesiones del LCA en las deportistas.

## Bibliografía

1. Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, Joyce B, Shi K. A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthro*. 2007;23(12):1320-5.
2. McCarthy MM, Voos JE, Nguyen J, Callahan L, Hannafin JA. Injury profile in elite female basketball athletes at the Women's National Basketball Association combine. *Am J Sports Med*. 2013;41(3):645-51.
3. Alanís-Blancas LM, Zamora P, Cruz A. Ruptura del ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas. *Centro Médico ABC*. 2012;54(2):93-7.
4. Sugimoto D, Myer GD, Foss KD. Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females. *Br J Sports Med*. 2015;49:282-9.
5. Myer GD, Sugimoto D, Thomas S. The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2013;41:205-13.
6. Sadoghi P, Keudell A, Vavken P. Effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention training programs. *J Bone Joint Surg Am*. 2012;94:769-76.
7. Gagnier JJ, Morgenstern H, Chess L. Interventions designed to prevent anterior cruciate ligament injuries in adolescents and adults: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2013;41:1952-62.
8. Herman K, Barton C, Malliaras P, Morrissey D. The effectiveness of neuromuscular warm-up strategies, that require no additional equipment, for preventing lower limb injuries during sports participation: a systematic review. *BMC Medicine*. 2012;10:75.
9. Michaelidis M, Koumantakis GA. Effects of knee injury primary prevention programs on anterior cruciate ligament injury rates in female athletes in different sports. *Phys Ther Sport*. 2014;15:200-10.
10. Taylor JT, Ford KR, Nguyen A, Terry LN, Hegedus EJ. Prevention of lower extremity injuries in basketball: A systematic review and meta-analysis. *Sports Health*. 2015;7(5):392-8.
11. Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. The effects of neuromuscular training on the incidence of Knee injury in female athletes. A prospective injury. *Am J Sports Med*. 1999;27(6):699-706.
12. Heidt RS, Sweeterman LM, Carlonas RL, Trauu JB, Tekulve FX. Avoidance of Soccer Injuries with Preseason Conditioning. *Am J Sports Med*. 2000;28(5):659-62.
13. Gilchrist J, Mandelbaum BR, Melancon H, Ryan GW, Silvers HJ, Griffin LY, et al. A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. *Am J Sports Med*. 2008;36(8):1476-83.
14. Pfeiffer RP, Shea KG, Roberts D, Grandstrand S, Bond L. Lack of effect of a knee ligament injury prevention program on the incidence of noncontact anterior cruciate ligament injury. *J of Bone and Joint Surg Am*. 2008;88(8):1769-74.
15. Steffen K, Myklebust G, Olsen OE, Holme I, Bahr R. Preventing injuries in female youth football – a cluster-randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18:605-14.
16. Söderman K, Werner S, Pietilä T, Engström B, Alferdson HB. Balance board training: prevention of the lower extremities in female soccer players? A prospective randomized intervention study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2000;8:356-63.
17. Myklebust G, Engebretsen L, Brekken IH, Skjølberg A, Olsen OE, Bahr R, et al. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clin J Sport Med*. 2003;13:71-8.
18. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I, Bahr R. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *BMJ*. 2005;330(7489):449.
19. Petersen W, Christoph B, Bock W, Schmidt K, Wiemann A, Drescher W, et al. A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2005;125:614-21.
20. Pasanen K, Parkkari J, Pasanen M, Hiilloskorpi H, Mäkinen T, Järvinen M, et al. Neuromuscular training and the risk of leg injuries in female floorball players: cluster randomised controlled study. *BMJ*. 2008;337:295.
21. Walden M, Atroshi I, Magnusson H, Wagner P, Häglund M. Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *BMJ*. 2012;300:3042.
22. Kiani S, Hellquist E, Ahlqvist K, Gedeberg R, Michaëlsson K, Byberg L, et al. Prevention of soccer-related knee injuries in teenaged girls. *Arch of Intern Med*. 2010;170(1):43-9.
23. Zebis MK, Andersen LL, Brandt M, Myklebust G, Bencke J, Lauridsen HB, et al. Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med*. 2016;50(9):552-7.