



Entrenament preventiu de les lesions del lligament encreuat anterior en jugadores d'handbol: una revisió sistemàtica

Maria Cadens^{1*} , Antoni Planas¹ , Sergi Matas¹  i Xavier Peirau¹ 

¹ Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya



Citació

Cadens, M., Planas, A., Matas, S. & Peirau, X. (2021). Preventive Training of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Handball Players: a Systematic Review. *Apunts Educación Física y Deportes*, 146, 68-77. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/4\).146.08](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/4).146.08)

Editat per:

© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

*Correspondència:

Maria Cadens Roca*
mcadens@gencat.cat

Secció:

Preparació física

Idioma de l'original:

Català

Rebut:

12 de gener de 2021

Acceptat:

29 d'abril de 2021

Publicat:

1 d'octubre de 2021

Coberta:

Jocs Olímpics de Tòquio 2020 –
Taekwondo: Pes mosca femení
49 kg. Combat per la medalla
d'or. Adriana Cerezo Iglesias
(Espanya) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailàndia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japó) 24.07.2021.
REUTERS / Murad Sezer

Resum

L'handbol és un esport que requereix la repetició de moviments i accions d'alta intensitat, com aterratges amb una cama i accions d'u contra u, que afavoreixen el mecanisme lesiu del lligament encreuat anterior. L'entrenament preventiu pot modificar els factors de risc neuromusculars associats al risc de patir aquesta lesió en esportistes femenines. Determinar-ne les característiques (durada, freqüència, tipus d'exercici...) i els components (força, pliometria, equilibri...) és fonamental a l'hora de dissenyar un entrenament que sigui específic i individualitzat per a la jugadora. Els objectius d'aquest treball van ser identificar i categoritzar els components comuns dels programes d'entrenament preventiu de la lesió del lligament encreuat anterior en jugadores d'handbol i descriure i classificar els exercicis que formen cada categoria. Es va realitzar una revisió sistemàtica seguint les directrius de la declaració PRISMA a les bases de dades Web of Science, Sport Discus, PubMed, Scopus, Cochrane i ScienceDirect. Els criteris d'inclusió van ser: (a) les participants eren jugadores d'handbol de qualsevol edat i de sexe femení, (b) hi havia una intervenció amb un entrenament preventiu, i (c) s'informava de la incidència lesiva amb el nombre de lesions de LEA. S'hi van incloure sis estudis i se'n va avaluar la qualitat metodològica mitjançant l'eina ROB 2.0. Els resultats indiquen que la majoria d'intervencions incloïen més d'un component d'entrenament amb una durada mitjana de 15 minuts i que els exercicis que més variaven entre els diferents programes van ser els de pliometria.

Paraules clau: entrenament, handbol femení, lligament encreuant anterior, prevenció.

Introducció

L'handbol és un dels esports amb més nombre de lesions per no contacte del lligament encreuat anterior (LEA) (De Loës et al., 2000; Myklebust et al., 1997). En el 90 % dels casos, la lesió està relacionada amb un canvi de direcció o amb un aterratge amb una sola extremitat inferior després d'un salt (Olsen et al., 2004; Takahashi et al., 2019). Aquests tipus d'accions afavoreixen la posició de valg del genoll en flexió i rotació interna de la tibia respecte al fèmur, que és el principal mecanisme lesiu del LEA (Koga, H., 2010). És una de les lesions de més gravetat, tant pel temps prolongat per tornar a la competició com per les conseqüències a llarg termini (Lai et al., 2018).

La taxa de lesions del LEA en jugadores d'handbol és de 0.7-2.8 lesions per cada 1000 hores d'exposició (Myklebust et al., 1998), amb una incidència de dues a cinc vegades més gran que en els seus homòlegs masculins (Montalvo et al., 2019). Aquesta diferència també s'observa entre els 12 i 16 anys i és durant l'adolescència quan la jugadora és més susceptible de patir aquesta lesió (LaBella et al., 2014; Reckling et al., 2003).

Els factors de risc anatòmics i hormonals que són intrínsecs i no modificables i, a més, els factors de risc modificables associats al control neuromuscular són les contribucions etiològiques més importants de la lesió del LEA en esportistes femenines (Griffin et al., 2006; Shultz et al., 2015). Com que l'origen de la lesió és multifactorial, la primera estratègia en la prevenció ha de ser identificar-ne els factors de risc modificables (Fort-Vanmeerhaeghe i Romero, 2013).

Les esportistes solen mostrar menys flexió del genoll i maluc (Bencke et al., 2018) i un augment del valg de genoll (Hewett et al., 2005) en les accions d'aterratge i canvi de direcció. El dèficit de força relativa en extremitats inferiors, sobretot en els isquiosurals (DiStefano et al., 2015), i una activació més baixa d'aquests en relació amb els quàdriceps en aquest tipus d'accions afavoreixen les forces de tracció anterior de la tibia i, com a conseqüència, generen més tensió al LEA (Ahmad et al., 2006).

L'entrenament preventiu aconsella tenir en compte els factors de risc descrits (Gómez et al., 2019), incidint principalment en els patrons de moviment biomecànics anormals i les alteracions neuromusculars, adaptant-se als principis de l'entrenament (Fort-Vanmeerhaeghe i Romero, 2013; Taylor et al., 2015). En esportistes femenines que segueixen entrenaments preventius multifactorials i de caràcter general es demostra una reducció del risc de lesió del LEA (Myer et al., 2013; Petushek et al., 2019; Soomro et al., 2016; Sugimoto et al., 2016).

Els objectius d'aquesta revisió van ser identificar i categoritzar els components comuns dels programes d'entrenament preventiu de la lesió del LEA en jugadores

d'handbol i descriure i classificar els exercicis que formen cada categoria.

Metodologia

L'estudi va seguir les directrius de la declaració PRISMA per a revisions sistemàtiques amb la finalitat d'assegurar una estructura i desenvolupament adequats (Urrutia i Bonfill, 2010).

Es va realitzar una cerca bibliogràfica a les bases de dades Web of Science (WOS), Sport Discus, PubMed, Scopus, Cochrane i ScienceDirect combinant les següents paraules clau: "female" o "woman" o "girl", "handball", "exercise" o "training" o "prevention" o "intervention" i "ACL injury" o "anterior cruciate ligament injury" o "lower limb injury" o "knee injury" (Taula 1). Es van considerar tots els articles científics publicats en català, castellà i anglès, aplicant-hi els següents criteris d'inclusió: (a) les participants eren jugadores d'handbol de qualsevol edat i de sexe femení, (b) hi havia una intervenció amb un entrenament preventiu, i (c) s'informava de la incidència lesiva amb el nombre de lesions de LEA. Es van excloure els articles dels quals no s'obtingués el text complet o fossin revisions.

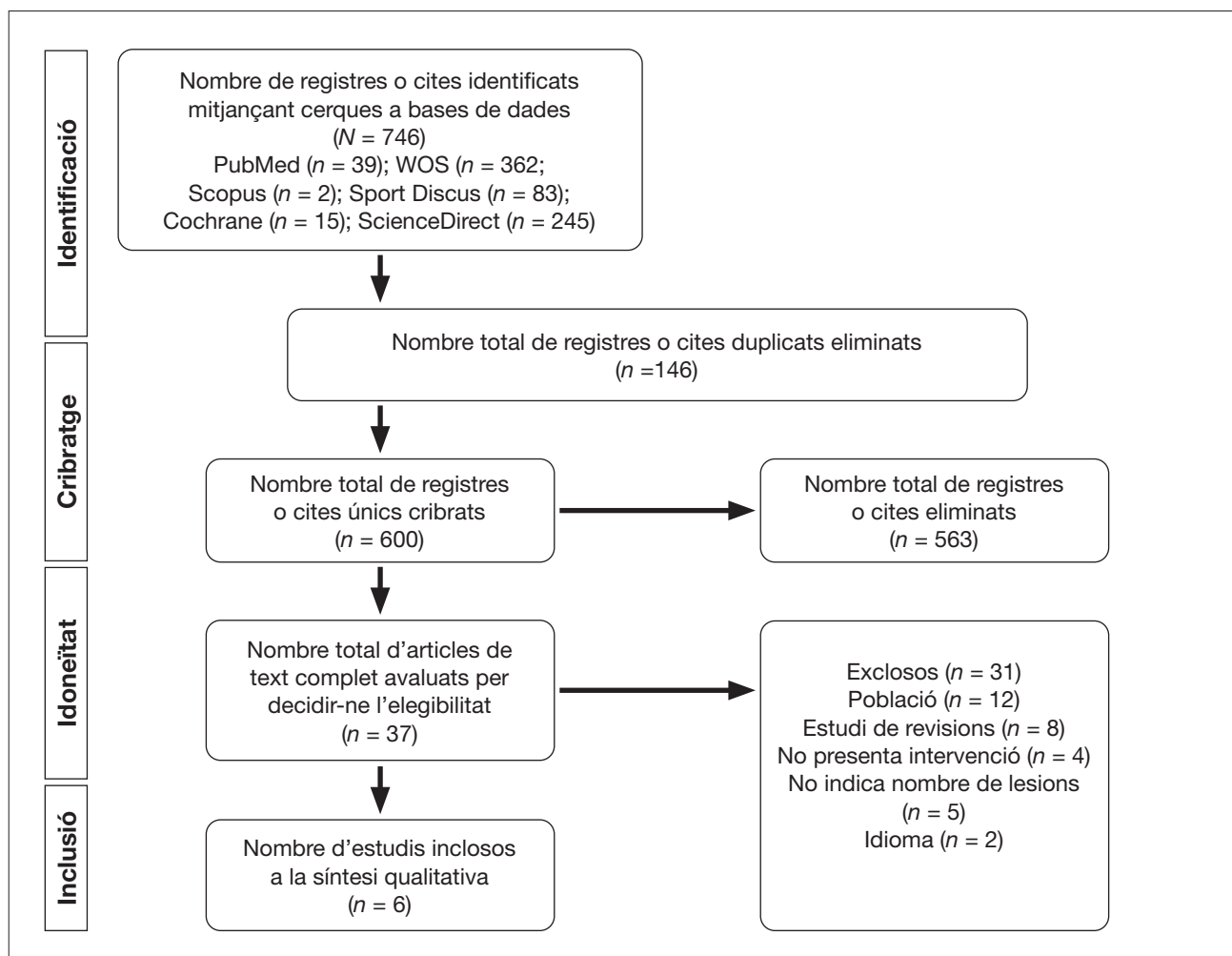
Per dur a terme l'extracció de dades es va registrar el país on es va realitzar l'estudi, l'edat de les participants, la mostra analitzada, la freqüència de sessions setmanals i la durada de les sessions. També es va registrar la descripció de tots els exercicis que es realitzaven en cada un dels entrenaments preventius dels estudis i es van classificar en cinc categories:

- 1) Agilitat: exercicis que es destinaven a promoure la capacitat de canviar de direcció o velocitat del cos sencer en resposta a un estímul (Sheppard i Young, 2006).
- 2) Carrera: exercicis que es destinaven al desenvolupament del patró motor locomotor basat en el moviment i la tècnica (Jeffreys, I., 2019).
- 3) Equilibri: exercicis que implicaven mantenir una posició monopodal o bipodal específicament dissenyats per desafiar l'estabilitat i millorar la consciència propioceptiva (Crossley et al., 2020).
- 4) Força: exercicis que s'utilitzaven per millorar la capacitat muscular mitjançant la utilització del pes corporal propi, pes lliure, gomes elàstiques o màquines lliures (Crossley et al., 2020).
- 5) Pliometria: exercicis que incloïen moviments dinàmics potents, com saltar, aterrar o fer rebots (Crossley et al., 2020). Els exercicis de pliometria es van classificar en tres nivells, tenint en compte la intensitat (augment de la velocitat horitzontal o de l'altura vertical) i la complexitat del moviment.

Cada exercici només es podia classificar en una categoria, però un programa d'entrenament podia estar format per una categoria o més.

Taula 1*Estratègia i clau de cerca.*

Base de dades	Equació
Web of Science (WOS)	#1 TS = (female* OR women OR girl*) #2 TS = (handball) #3 TS = (exercis* OR training OR prevent* OR intervention) #5 TS = (ACL injur* OR anterior cruciate ligament injur* OR lower limb injur* OR knee injur*) #1 AND #2 AND #3 AND #5
Sport Discus	(female* OR women OR girl*) AND handball AND (exercis* OR training OR prevent* OR intervention) AND (ACL injur* OR anterior cruciate ligament injur* OR lower limb injur* OR knee injur*)
PubMed	(((((female*[Title/Abstract] OR women[Title/Abstract] OR girl*[Title/Abstract]) AND (handball[Title/Abstract])) AND (exercis*[Title/Abstract] OR training[Title/Abstract] OR prevent*[Title/Abstract] OR intervention[Title/Abstract])) AND (ACL injur*[Title/Abstract] OR anterior cruciate ligament injur*[Title/Abstract] OR lower limb injur*[Title/Abstract] OR knee injur*[Title/Abstract]))
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (female* OR women OR girl*) AND TITLE-ABS-KEY (handball) AND TITLE-ABS-KEY (exercis* OR training OR prevent* OR intervention) AND TITLE-ABS-KEY (acl AND injur* OR anterior AND cruciate AND ligament AND injur* OR lower AND limb AND injur* OR knee AND injur*))
Cochrane	(female* OR women OR girl*) in Title Abstract Keyword AND handball in Title Abstract Keyword AND (exercis* OR training OR prevent* OR intervention) in Title Abstract Keyword AND (ACL injur* OR anterior cruciate ligament injur* OR lower limb injur* OR knee injur*) in Title Abstract Keyword
ScienceDirect	(females OR women OR girls) AND (ACL injury OR anterior cruciate ligament injury) AND (exercise OR training OR prevention) AND handball

**Figura 1***Diagrama de flux del procés de selecció bibliogràfica.*

Taula 2

Puntuacions dels estudis revisats amb l'eina ROB 2.0.

Estudi	D1	D2	D3	D4	D5	General
Achenbach et al. (2018)	+	+	+	+	+	+
Myklebust et al. (2003)	-	+	+	+	+	-
Olsen et al. (2005)	+	+	+	+	+	+
Petersen et al. (2005)	-	+	+	+	+	-
Wedderkopp et al. (1999)	+	+	+	+	+	+
Zebis et al. (2016)	+	+	+	+	+	+

Nota. D1 = procés d'aleatorització; D2 = desviacions de les intervencions previstes; D3 = dades de resultats; D4 = mesura del resultat; D5 = notificació dels resultats.

Avaluació de risc de biaix

Dos revisors (MC i SM) van avaluar independentment la qualitat metodològica dels articles inclosos mitjançant l'eina ROB 2.0, que consta de cinc dominis i un criteri general. Els cinc dominis són: (a) biaix derivat del procés d'aleatorització, (b) biaix degut a desviacions de les intervencions previstes, (c) biaix per falta de dades en els resultats, (d) biaix en la mesura del resultat i (e) biaix en la notificació dels resultats (Sterne et al., 2019).

Resultats

Selecció dels estudis

La recopilació inicial d'articles per a aquesta revisió va ser de 746 documents originals. Després de descartar-ne els duplicats ($n = 146$), fer el cribratge per títol i resum ($n = 563$) i aplicar els criteris d'inclusió ($n = 31$) (Figura 1), es van incloure tres estudis que no complien completament amb els criteris d'inclusió (els participants eren homes i dones, i la mostra practicava handbol i futbol), ja que s'ajustaven a l'objectiu de la revisió. Finalment, sis estudis van ser inclosos per fer l'anàlisi (Urrutia i Bonfill, 2010).

La qualitat metodològica global dels sis estudis inclosos es resumeix a la Taula 2.

Per facilitar-ne la comprensió, es van agrupar els resultats de les dades extretes en funció de les característiques de la població analitzada (país, edat i mostra) i en funció dels components, la durada i els exercicis dels programes d'entrenament.

Característiques dels estudis

En la majoria dels estudis inclosos ($4/6 = 66\%$) les participants van ser jugadores d'handbol adolescents (menors de 18 anys). En l'estudi de Zebis et al. (2016) les participants podien practicar handbol o futbol i en els estudis d'Achenbach et al. (2018) i Olsen et al. (2005) es van incloure participants tant del sexe femení com del masculí (Taula 3).

En l'estudi de Zebis et al. (2016) es va utilitzar el mateix programa d'entrenament que en l'estudi d'Olsen et al. (2005). En l'estudi de Wedderkopp et al. (1999) no s'indicaven els exercicis que es van utilitzar en el programa d'entrenament.

Components dels programes d'entrenament

L'equilibri estava inclòs en tots els programes d'entrenament, seguit de la pliometria ($5/6 = 83\%$), mentre que l'agilitat i la força es treballaven en la meitat dels estudis analitzats ($3/6 = 50\%$). La combinació de diferents components en l'entrenament preventiu era el més comú en els estudis analitzats ($5/6 = 83\%$). Només Wedderkopp et al. (1999) utilitzaven l'equilibri com a únic component del programa (Taula 3).

Durada dels programes d'entrenament

La durada dels entrenaments variava entre 10 i 20 minuts (Taula 3). Si un programa exposava un interval de temps, es va registrar el valor màxim del rang. La majoria dels programes analitzats tenien una durada de 15 minuts ($4/6 = 66\%$).

Taula 3*Característiques de l'estudi.*

Estudi	Població			Freqüència ^a	Durada (min)	Nombre d'exercicis	Components				
	País	Edat (anys)	Mostra analitzada				C	E	F	A	P
Achenbach et al. (2018)	Alemanya	Gl: 14,9 ± 0,9 ^b GC: 15,1 ± 1,0 ^b	N = 174 Gl: n = 98 GC: n = 76	PRE: 2/3 TEMP: 1	15	5	X	✓	✓	X	✓
Myklebust et al. (2003)	Noruega	21 - 22	Temporada 1: n = 855 (58 equips) Temporada 2: n = 850 (52 equips)	PRE: 3 TEMP: 1	15	3	X	✓	X	✓	✓
Olsen et al. (2005)	Noruega	Gl: 16,3 ± 0,6 ^b GC: 16,2 ± 0,6 ^b	N = 1586 Gl: n = 808 GC: n = 778	PRE: 3 TEMP: 1	15 - 20	4	✓	✓	✓	✓	✓
Petersen et al. (2005)	Alemanya	Gl: 19,8 GC: 19,4	N = 276 Gl: n = 134 (10 equips) GC: n = 142 (10 equips)	PRE: 3 TEMP: 1	10	4	X	✓	X	X	✓
Wedderkopp et al. (1999)	Dinamarca	16 - 18	N = 237 Gl: n = 111 GC: n = 126	TEMP: totes	10 - 15	3	X	✓	X	X	X
Zebis et al. (2016)	Dinamarca	Gl: 15,9 ± 0,4 ^c GC: 15,6 ± 0,5 ^c	N = 40 Gl: n = 20 GC: n = 20	PRE: 3 (12 setmanes)	15	3	✓	✓	✓	✓	✓

Nota. C: carrera; E: equilibri; F: força; A: agilitat; P: pliometria; Gl: grup intervenció; GC: grup control; PRE: pretemporada; TEMP: temporada.

^aExpressat en sessions per setmana. ^bL'estudi inclou homes i dones. ^cL'estudi inclou futbol i handbol.

Taula 4*Exercicis dels programes d'entrenament.*

Carrera		Agilitat	Força
Córrer endavant ^{c, f}		Moviments de frenada i canvi de direcció (<i>plant and cut</i>) ^{c, f}	Nordic Hamstring ^{a, c, f}
Córrer d'esquena ^{c, f}		Córrer i frenar (<i>run and plant</i>) ^b	Esquat fins a 80° de flexió de genoll ^{c, f}
Córrer aixecant els genolls i puntades de taló ^{c, f}		Córrer i frenar (<i>run and plant</i>) amb pilota ^b	Planxa ^a
De costat lateralment creuant les cames (carioca) ^{c, f}			Planxa lateral ^a
De costat corrent amb els braços alçats (desfilada) ^{c, f}			
Córrer endavant amb rotacions de tronc ^{c, f}			
Córrer endavant amb parades intermitents ^{c, f}			
Velocitat de carrera ^{c, f}			
Equilibri		Pliometria	
Superfície estable	Unipodal, ulls tancats i pertorbació ^a	Aterratge estàtic	Aterratge amb dues cames després de salt amb una cama ^b
	Unipodal i ús de la pilota (llançament, passada-recepció o bot) ^d		Aterratge amb dues cames després de salt amb una cama i llançament ^{c, f}
	Bipodal ^b		Aterratge amb dues cames després de llançament des d'una caixa de 30-40 cm ^b
	Bipodal i esquat ^{b, c, f}		Aterratge amb una cama des d'una caixa de 30-40 cm ^b
Superfície inestable (màrfega, plat de Freeman, BOSU...)	Bipodal i pertorbació ^{b, c, d, f}	Aterratge controlat encadenant una acció posterior	Encadenar salts amb dues cames (endavant-endarrere, de costat a costat, gir 180°) ^{b, d}
	Bipodal i ús de la pilota (llançament, passada-recepció o bot) ^{b, c, d, f}		Encadenar salts amb dues cames amb pertorbació ^b
	Bipodal i ús de la pilota (recepció amb salt) ^b		Encadenar salts endavant d'una caixa a una màrfega i a la inversa ^d
	Unipodal i esquat ^{b, c, f}		Salt de terra a una màrfega amb llançament i encadenar salt de costat a costat ^d
	Unipodal i pertorbació ^{b, c, f}	Disminuir el temps de contacte amb el terra	Salt d'una caixa a una màrfega amb llançament i encadenar salt de costat a costat ^d
	Unipodal i ús de la pilota (llançament, passada-recepció o bot) ^{b, c, d, f}		Salt d'una caixa a una màrfega amb ulls tancats i encadenar salt de costat a costat ^d
	Unipodal, ús de la pilota (llançament, passada-recepció o bot) i pertorbació ^b		Salts laterals (patinador) ^a
	Unipodal, ús de la pilota (llançament, passada-recepció o bot) i ulls tancats ^{b, d}		Gambades frontals ^{a, c, f}
	Unipodal, ús de la pilota (llançament, passada-recepció o bot), ulls tancats i objectiu precisió ^d		Encadenar salts multidireccionals amb una cama ^a
			Encadenar salts endavant amb una cama ^{c, f}

^aAchenbach et al. (2018). ^bMyklebust et al. (2003). ^cOlsen et al. (2005). ^dPetersen et al. (2005). ^eWedderkopp et al. (1999).^fZebis et al. (2016).

Exercicis dels programes d'entrenament

Els programes d'entrenament incorporaven entre tres i cinc exercicis a cada sessió.

En els exercicis d'agilitat no s'especificava l'execució, però incorporaven moviments de frenada i canvis de direcció combinats amb accions de llançament.

Els exercicis de carrera formaven part de l'escalfament i estaven enfocats en el desenvolupament de la tècnica de desplaçament.

Els exercicis d'equilibri més utilitzats van ser sobre superfícies inestables (plat de Freeman, màrfega, BOSU...), amb recolzament unipodal o bipodal i amb l'ús de pilota, ja fos per fer accions de llançament, passada, recepció o bot (Taula 4).

Tots els exercicis d'equilibri seguien una progressió en l'execució: s'hi incorporaven diferents pertorbacions internes (extremitats de la jugadora en moviment) i externes (manipular una pilota per realitzar diferents accions tècniques relacionades amb el llançament o el desequilibri de la parella) i es reduïen les aferències sensibles per limitar la visió.

El Nordic Hamstring va ser l'únic exercici que coincidia en els programes d'entrenament que incloïen la força com a component.

Finalment, els exercicis classificats en pliometria eren els més variats, ja que incloïen salts en diferents plans i eixos, amb pertorbacions i aterratges, amb una i dues cames, i, a més a més, des de diferents alçades (Taula 4).

El temps de treball més comú per a cada exercici va ser de 30 segons.

Discussió

Cinc de les sis intervencions van incloure més d'un component d'entrenament (Achenbach et al., 2018; Myklebust et al., 2003; Olsen et al., 2005; Petersen et al., 2005; Zebis et al., 2016), mentre que un estudi tenia l'equilibri com a únic component (Wedderkopp et al., 1999).

També es va observar que la durada mitjana dels entrenaments era de 15 minuts, que incloïen entre tres i cinc exercicis per sessió i que els exercicis que variaven més entre els diferents programes van ser els de pliometria.

Components dels programes d'entrenament

La combinació més freqüent va ser l'entrenament d'equilibri amb el de pliometria (5/6 = 83 %), fet que no coincidia amb les revisions de Petushek et al. (2019), Yoo et al. (2010) o Taylor et al. (2015), que conclouen que l'entrenament de força combinat amb el de pliometria és la combinació més favorable per disminuir el risc de lesió del LEA en noies adolescents.

L'entrenament de la força ha estat poc representat en els estudis analitzats (3/6 = 50 %). Myer et al. (2004) i Lloyd i Oliver (2012) remarcaven la prioritat de desenvolupar aquesta capacitat en etapes de creixement, sobretot en noies, per compensar els canvis antropomètrics i hormonals que s'esdevenen durant el punt màxim de la velocitat de creixement (PHV). Segons Fort-Vanmeerhaeghe et al. (2016), l'objectiu és crear una estructura estable prèvia al treball pliomètric o més específic de l'esport, per disminuir els factors de risc neuromusculars descrits anteriorment, ja que, al contrari que en els nois, no s'han demostrat correlacions entre l'alçada, el pes i el rendiment neuromuscular en la fase de maduració en les noies (Hewett et al., 2016).

El treball d'equilibri s'aplicava en tots els estudis de la revisió (Taula 3) i en la majoria dels casos (5/6 = 83 %) era amb la combinació d'un altre component. Aquest fet coincideix amb els resultats de les revisions de Yoo et al. (2010) i Sugimoto et al. (2015) en esportistes femenines, que demostraven que el treball d'equilibri per si sol no té resultats però en combinació amb altres, sí.

Els exercicis d'estabilització en l'aterratge que se centren en l'optimització de l'activació muscular per assegurar la tècnica i l'alineació adequada dels salts (aterratge suau i genolls alineats) s'havien inclòs per definició dins del component pliomètric. Altres estudis, com Brunner et al. (2019) i Petushek et al. (2019), els classificaven com a exercicis tècnics. Brunner et al. (2019) els atorgaven menys importància pel fet que els esports en els quals se centrava la seva revisió (futbol i hoquei pista) no contemplaven el salt com una acció usual. En canvi, a l'handbol, els salts i les recepcions de salts, sobretot amb una cama, són unes de les accions específiques, juntament amb l'acció d'u contra u, que més afavoreixen un conjunt de mecanismes que poden provocar la lesió del LEA (Myklebust et al., 1997; Olsen et al., 2004; Takahashi et al., 2019). Per tant, la progressió del treball pliomètric ha de posar el focus a la tècnica d'aterratge, per poder anar augmentant la intensitat i la variabilitat, per exemple, implicant diferents plans i eixos, incloure pertorbacions amb estímuls externs o un mòbil, combinar accions esperades i inesperades per millorar la capacitat de *feedforward* (preactivació), augmentar la intensitat del cicle d'estirament i escurçament del múscul, combinar accions elàstiques i reactives i introduir progressivament l'estat de fatiga (Bedoya et al., 2015; Ford et al., 2011; Fort-Vanmeerhaeghe et al., 2016).

Durada dels programes d'entrenament

La majoria dels estudis coincideixen en una durada aproximada de 15 minuts (Taula 3). Els resultats de la revisió de Taylor et al. (2015) no van revelar cap tendència

clara que permeti recomanar paràmetres de durada per als programes d'entrenament. En canvi, Padua et al. (2018) demostraven que existia una disminució dels índexs de lesió del LEA en programes d'entrenament que van durar aproximadament 15 minuts o més.

Exercicis dels programes d'entrenament

Només a les revisions de Padua et al. (2018) i Arundale et al. (2018) es fa una descripció detallada dels exercicis que estan incorporats en els diferents programes de prevenció de la lesió del LEA.

El Nordic Hamstring és l'exercici proposat pels tres estudis que inclouen la força al programa d'entrenament. És importat realitzar un treball de força i d'activació de la musculatura isquiosural en posicions properes a la màxima extensió del genoll, ja que és l'encarregada d'evitar la translació anterior en la tibia i protegir el LEA (Sugimoto et al., 2015).

Les planxes que Achenbach et al. (2018) proposen al seu programa d'entrenament tenen l'objectiu de millorar el control neuromuscular d'aquesta zona, ja que un dèficit de força i un control inadequat del tronc en els exercicis que impliquen canvis ràpids de posició durant els moviments de canvi de direcció, frenada i aterratge comprometen l'estabilitat dinàmica i provoquen un augment de la càrrega d'abducció del genoll (Zazulak et al., 2007). S'ha demostrat que el mecanisme de la lesió del LEA sense contacte en dones esportistes inclou la inclinació lateral del tronc amb el cos desplaçat sobre una cama; per tant, serà un dels patrons que s'hauran de corregir a l'hora d'executar tasques d'agilitat (Hewett et al., 2009; Olsen et al., 2004).

Alterant l'estat d'equilibri a través de les diferents pertorbacions proposades als programes d'entrenament, es busca una millora de la consciència de la posició, del moviment i de la regulació muscular de l'articulació del genoll davant d'un estímul, és a dir, es pretén estimular els receptors propioceptius per afavorir la coactivació muscular i millorar el temps d'activació (Padua et al., 2018).

Tot i així, Fort-Vanmeerhaeghe et al. (2016) proposen que l'execució dels exercicis d'equilibri haurien de buscar l'especificitat i el dinamisme del gest esportiu, ja que quan la jugadora pateix la lesió del LEA acostuma a estar en moviment, per exemple, fent un canvi de direcció o un aterratge després d'un salt.

Aprendre a aterrar és probablement més important que aprendre a enlairar-se, pel fet que la càrrega que ha d'absorbir la jugadora pot arribar a ser d'entre 5.7 i 8.9 vegades el seu pes corporal, depenent de la trajectòria i temps de vol i la velocitat del salt (Mothersole et al., 2014). Achenbach et al. (2018), Myklebust et al. (2003) i Petersen et al. (2005) inclouen exercicis que combinen l'habilitat

d'aterratge amb altres moviments. Els exercicis enfocats a disminuir el temps de contacte amb el terra s'han de realitzar un cop assolits els nivells anteriors i garantint la qualitat del moviment.

Les propostes d'exercicis de pliometria són majoritàriament generals. Per tant, es considera necessària més especificitat perquè la jugadora pugui reconèixer els patrons de moviment que afavoreixen el mecanisme lesiu del LEA (Fort-Vanmeerhaeghe et al., 2016).

Segons l'evidència disponible, es recomana que els programes d'entrenament multicomponent amb la finalitat de disminuir el risc de lesió del LEA incloguin retroacció sobre la tècnica i la qualitat del moviment i incorporin exercicis de les categories d'agilitat, equilibri, força i pliometria.

Conclusions

Els programes d'entrenament per a la prevenció de la lesió del LEA en jugadores d'handbol es realitzen entre dues i tres vegades a la setmana durant aproximadament 15 minuts. Es categoritzen en cinc components: carrera, agilitat, força, equilibri i pliometria. Un mateix programa pot estar format per un component o més. La combinació més freqüent va ser l'entrenament pliomètric amb el d'equilibri, amb aquest últim com a component comú en tots els programes d'entrenament.

Els exercicis que formen la categoria de carrera estan enfocats en el desenvolupament de la tècnica de desplaçament; els exercicis d'agilitat incorporen moviments de frenada i canvis de direcció combinats amb accions de desplaçament; els exercicis de força se centren en les extremitats inferiors i el tronc; els exercicis d'equilibri són sobre superfície estable i inestable, amb recolzament unipodal o bipodal, i amb ús de la pilota, i finalment, els exercicis de pliometria són en diferents plans i eixos, amb pertorbacions i aterratges amb una o dues cames i, a més a més, des de diferents alçades.

Limitacions

Un dels principals problemes va ser l'escàs nombre d'estudis, l'elevada variabilitat quant a components i la combinació d'aquests i la poca individualització dels continguts dels programes d'entrenament segons les característiques de la jugadora.

En tots els articles s'analitzen únicament els resultats en participants femenines jugadores d'handbol, excepte en els d'Achenbach et al. (2018) i Olsen et al. (2005), que també hi inclouen participants masculins. En l'estudi de Zebis et al. (2016) les jugadores que es van analitzar podien practicar o bé futbol o bé handbol.

Referències

- Achenbach, L., Krutsch, V., Weber, J., Nerlich, M., Luig, P., Loose, O., Angele, P., & Krutsch, W. (2018). Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(7), 1901-1908. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4758-5>
- Ahmad, C. S., Clark, A. M., Heilmann, N., Schoeb, J. S., Gardner, T. R., & Levine, W. N. (2006). Effect of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament laxity. *American Journal of Sports Medicine*, 34(3), 370-374. <https://doi.org/10.1177/0363546505280426>
- Arundale, A. J. H., Bizzini, M., Giordano, A., Hewett, T. E., Logerstedt, D. S., Mandelbaum, B., Scalzitti, D. A., Silvers-Granelli, H., & Snyder-Mackler, L. (2018). Exercise-Based Knee and Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. <https://doi.org/10.2519/jospt.2018.0303>
- Bedoya, A. A., Miltenberger, M. R., & Lopez, R. M. (2015). Plyometric Training Effects On Athletic Performance In Youth Soccer Athletes: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2351-2360. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000877>
- Bencke, J., Aagaard, P., & Zebis, M. K. (2018). Muscle Activation During ACL Injury Risk Movements in Young Female Athletes: A Narrative Review. *Frontiers in Physiology*, 9, 445. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00445>
- Brunner, R., Friesenbichler, B., Casartelli, N. C., Bizzini, M., Maffiuletti, N. A., & Niedermann, K. (2019). Effectiveness of multicomponent lower extremity injury prevention programmes in team-sport athletes: An umbrella review. *British Journal of Sports Medicine*, 53(5), 282-288. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098944>
- Crossley, K. M., Patterson, B. E., Culvenor, A. G., Bruder, A. M., Mosler, A. B., & Mentiply, B. F. (2020). Making football safer for women : a systematic review analysis of injury prevention programmes in 11 773 female football (soccer) players. *British Journal of Sports Medicine*, 0, 1-12. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101587>
- De Loës, M., Dahlstedt, L. J., & Thomée, R. (2000). A 7-year study on risks and costs of knee injuries in male and female youth participants in 12 sports. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 10(2), 90-97. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2000.010002090.x>
- DiStefano, L. J., Martinez, J. C., Crowley, E., Matteau, E., Kerner, M. S., Boling, M. C., Nguyen, A.-D., & Trojian, T. H. (2015). Maturation and sex differences in neuromuscular characteristics of youth athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(September), 2465-2473. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001052>
- Ford, P., de Ste Croix, M., Lloyd, R., Meyers, R., Moosavi, M., Oliver, J., Till, K., & Williams, C. (2011). The Long-Term Athlete Development model: Physiological evidence and application. *Journal of Sports Sciences*, 29(4), 389-402. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.536849>
- Fort-Vanmeerhaeghe, A., Romero-Rodríguez, D., Lloyd, R. S., Kushner, A., & Myer, G. D. (2016). Integrative Neuromuscular Training in Youth Athletes. Part II: Strategies to Prevent Injuries and Improve Performance. *Strength and Conditioning Journal*, 38(4), 9-27. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000234>
- Fort-Vanmeerhaeghe, A., & Romero, D. (2013). Análisis de los factores de riesgo neuromusculares de las lesiones deportivas. *Apunts Medicina de l'Esport*, 48(179).
- Gómez, A., Roqueta, E., Tarragó, J. R., Seirul-lo, F., & Cos, F. (2019). Training in Team Sports: Coadjuvant Training in the FCB. *Apunts Educación Física y Deportes*, 138, 13-25. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/4\).138.01](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/4).138.01)
- Griffin, L. Y., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Bahr, R., Beynon, B. D., DeMaio, M., Dick, R. W., Engebretsen, L., Garrett, W. E., Hannafin, J. A., Hewett, T. E., Huston, L. J., Ireland, M. L., Johnson, R. J., Lephart, S., Mandelbaum, B. R., Mann, B. J., Marks, P. H., Marshall, S. W., ... Myklebust, G. (2006). Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: A review of the Hunt Valley II Meeting, January 2005. *American Journal of Sports Medicine*, 34(9), 1512-1532. <https://doi.org/10.1177/0363546506286866>
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., Van Den Bogert, A. J., Paterno, M. V., & Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 492-501. <https://doi.org/10.1177/0363546504269591>
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Paterno, M. V., & Quatman, C. E. (2016). Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *Journal of Orthopaedic Research*, 34(11), 1843-1855. <https://doi.org/10.1002/jor.23414>
- Hewett, T. E., Torg, J. S., & Boden, B. P. (2009). Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: Lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. *British Journal of Sports Medicine*, 43(6), 417-422. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.059162>
- Jeffreys, I. (2019). *El calentamiento. Maximizar el rendimiento y mejorar el desarrollo físico a largo plazo* (Madrid). Ediciones Tutor, S.A.
- Koga, H. (2010). Mechanisms for Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries: Knee Joint Kinematics in 10 Injury Situations. *The American Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1177/0363546510373570>
- LaBella, C. R., Hennrikus, W., & Hewett, T. E. (2014). Anterior Cruciate Ligament Injuries: Diagnosis, Treatment, and Prevention. *Pediatrics*, 133(5), e1437-e1450. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-0623>
- Lai, C. C. H., Ardern, C. L., Feller, J. A., & Webster, K. E. (2018). Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review with meta-analysis of return to sport rates, graft rupture rates and performance outcomes. *British Journal of Sports Medicine*, 52(2), 128-138. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096836>
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength and Conditioning Journal*, 34(3), 61-72. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31825760ea>
- Montalvo, A. M., Schneider, D. K., Yut, L., Webster, K. E., Beynon, B., Kocher, M. S., & Myer, G. D. (2019). "What's my risk of sustaining an ACL injury while playing sports?" A systematic review with meta-analysis. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 53, Issue 16). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096274>
- Mothersole, G., Cronin, J. B., & Harris, N. K. (2014). Jump-Landing Program for Females. *Strength and Conditioning Journal*, 36(4), 52-64. <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000078>
- Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2004). Rationale and Clinical Techniques for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Among Female Athletes. *Journal of Athletic Training*, 39(4), 352-364. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC535528/>
- Myer, G. D., Sugimoto, D., Thomas, S., & Hewett, T. E. (2013). The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: A meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1177/0363546512460637>
- Myklebust, G., Engebretsen, L., Brækken, I. H., Skjøberg, A., Olsen, O.-E., & Bahr, R. (2003). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clin J Sport Med*, 13(2), 71-78. <https://doi.org/10.1097/00042752.200303000-00002>
- Myklebust, G., Maehlum, S., Engebretsen, L., Strand, T., & Solheim, E. (1997). Registration of cruciate ligament injuries in Norwegian top level team handball. A prospective study covering two seasons. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 7(5), 289-292. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1997.tb00155.x>
- Myklebust, G., Maehlum, S., Holm, I., & Bahr, R. (1998). A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 8(3), 149-153. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1998.tb00185.x>
- Olsen, O.-E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury Mechanisms for Anterior Cruciate Ligament Injuries in Team Handball. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(4), 1002-1012. <https://doi.org/10.1177/0363546503261724>

- Olsen, O.-E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I., & Bahr, R. (2005). Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *British Medical Journal*, 330(7489), 449. <https://doi.org/10.1136/bmj.38330.632801.8F>
- Padua, D. A., DiStefano, L. J., Hewett, T. E., Garrett, W. E., Marshall, S. W., Golden, G. M., Shultz, S. J., & Sigward, S. M. (2018). National Athletic Trainers' Association Position Statement: Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injury. *Journal of Athletic Training*, 53(1), 1062-6050-99-16. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-99-16>
- Petersen, W., Braun, C., Bock, W., Schmidt, K., Weimann, A., Drescher, W., Eiling, E., Stange, R., Fuchs, T., Hedderich, J., & Zantop, T. (2005). A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 125(9), 614-621. <https://doi.org/10.1007/s00402-005-0793-7>
- Petushek, E. J., Sugimoto, D., Stoolmiller, M., Smith, G., & Myer, G. D. (2019). Evidence-Based Best-Practice Guidelines for Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Young Female Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 47(7), 1744-1753. <https://doi.org/10.1177/0363546518782460>
- Reckling, C., Zantop, T., & Petersen, W. (2003). Epidemiology of injuries in juvenile handball players [Article in German]. *Sportverletzung · Sport Schaden*. <https://doi.org/10.1055/s-2003-42149>
- Sheppard, J., & Young, W. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919-932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>
- Shultz, S. J., Schmitz, R. J., Benjaminse, A., Collins, M., Ford, K., & Kulas, A. S. (2015). ACL research retreat VII: An update on anterior cruciate ligament injury risk factor identification, screening, and prevention March 19-21, 2015; Greensboro, nc. *Journal of Athletic Training*, 50(10), 1076-1093. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.10.06>
- Soomro, N., Sanders, R., Hackett, D., Hubka, T., Ebrahimi, S., Freeston, J., & Cobley, S. (2016). The efficacy of injury prevention programs in adolescent team sports: A meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 44(9), 2415-2424. <https://doi.org/10.1177/0363546515618372>
- Sterne, J. A. C., Savović, J., Page, M. J., Elbers, R. G., Blencowe, N. S., Boutron, I., Cates, C. J., Cheng, H. Y., Corbett, M. S., Eldridge, S. M., Emberson, J. R., Hernán, M. A., Hopewell, S., Hróbjartsson, A., Junqueira, D. R., Jüni, P., Kirkham, J. J., Lasserson, T., Li, T., ... Higgins, J. P. T. (2019). RoB 2: A revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*, 366, 1-8. <https://doi.org/10.1136/bmj.l4898>
- Sugimoto, D., Myer, G. D., Barber Foss, K. D., Pepin, M. J., Micheli, L. J., & Hewett, T. E. (2016). Critical components of neuromuscular training to reduce ACL injury risk in female athletes: meta-regression analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(20), 1259-1266. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095596>
- Sugimoto, D., Myer, G. D., Foss, K. D. B., & Hewett, T. E. (2015). Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females: Meta-analysis and subgroup analysis. In *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093461>
- Takahashi, S., Nagano, Y., Ito, W., Kido, Y., & Okuwaki, T. (2019). A retrospective study of mechanisms of anterior cruciate ligament injuries in high school basketball, handball, judo, soccer, and volleyball. *Medicine*, 98(26), e16030. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000016030>
- Taylor, J. B., Waxman, J. P., Richter, S. J., & Shultz, S. J. (2015). Evaluation of the effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention programme training components: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(2), 79-87. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092358>
- Urrutia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metanálisis. In *Medicina Clínica* (Vol. 135, Issue 11, pp. 507-511). <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>
- Wedderkopp, N., Kalltoft, M., Lundgaard, B., Rosendahl, M., & Froberg, K. (1999). Prevention of injuries in young female players in European team handball. A prospective intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 9(1), 41-47. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1999.tb00205.x>
- Yoo, J. H., Lim, B. O., Ha, M., Lee, S. W., Oh, S. J., Lee, Y. S., & Kim, J. G. (2010). A meta-analysis of the effect of neuromuscular training on the prevention of the anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 18(6), 824-830. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0901-2>
- 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. *American Journal of Sports Medicine*, 35(3), 368-373. <https://doi.org/10.1177/0363546506297909>
- Zebis, M. K., Andersen, L. L., Brandt, M., Myklebust, G., Bencke, J., Lauridsen, H. B., Bandholm, T., Thorborg, K., Hölmich, P., & Aagaard, P. (2016). Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 50(9), 552-557. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094776>

Conflicte d'interessos: les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Aquest article està disponible a la url <https://www.revista-apunts.com/ca/>. Aquest treball està publicat sota una llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Les imatges o qualsevol altre material de tercers d'aquest article estan inclosos a la llicència Creative Commons de l'article, tret que s'indiqui el contrari a la línia de crèdit; si el material no s'inclou sota la llicència Creative Commons, els usuaris hauran d'obtenir el permís del titular de la llicència per reproduir el material. Per veure una còpia d'aquesta llicència, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>