

INFLUÈNCIA DE L'ENTRENAMENT DEL CORE EN EL RISC DE LESIÓ DEL LIGAMENT ENCREUAT ANTERIOR EN JUGADORES D'HANDBOL

Autors: Álvaro Cano Garrido i Ana Ferri-Caruana

RESUM

En l'handbol, i sobretot en la categoria femenina, el risc de patir una lesió del lligament encreuat anterior (LEA) és molt alt. El trencament del LEA és una lesió greu, de llarga durada i amb una recuperació costosa per als interessos de la jugadora i del club, per tant, és clara la necessitat de reduir el nombre de lesions d'aquest tipus. Són molts els factors de risc, de manera que prevenir la lesió totalment resulta impossible; en canvi, hi ha una sèrie de factors que sí que poden arribar a ser modificables com l'amortiment d'un aterratge després d'un salt o el valg dinàmic del genoll, que ens poden permetre minimitzar el risc d'aquesta lesió. L'objectiu d'aquest estudi és determinar si un entrenament de força específic del core aplicat a un grup de jugadores d'handbol influeix en aquests factors. Per això, un grup de jugadores d'handbol (grup intervenció) van realitzar durant vuit setmanes un entrenament específic del core mentre seguien, de la mateixa manera que el grup control, la rutina setmanal d'entrenament. Es va utilitzar el test DJ abans i després del protocol d'intervenció. Es va observar que l'entrenament específic del core no va produir canvis significatius en els factors de risc anteriorment esmentats, ni tampoc en la variable de rendiment (alçada del salt). Així doncs, es va concloure que l'entrenament específic del core no pot disminuir, ni tampoc augmentar, el risc de lesió en jugadores d'handbol.

PARAULES CLAU

LEA, core, lesió, prevenció, handbol femení

ÍNDIX

1.	Introducció	3
2.	Estat de la qüestió	4
2.1.	Les lesions en l'esport	4
2.1.1.	Les lesions en l'handbol	5
2.2.	El lligament encreuat anterior	8
2.2.1.	Anatomia del lligament encreuat anterior	8
2.2.2.	Biomecànica del lligament encreuat anterior	9
2.2.3.	Funcions del lligament encreuat anterior	9
2.2.4.	Factors de risc	10
2.2.5.	Mecanismes de lesió.	12
2.3.	Prevenició de lesions	14
2.4.	Transcendència del core	16
3.	Hipòtesi i objectius	20
4.	Material i mètode	21
4.1.	Disseny de l'estudi	21
4.2.	Selecció de subjectes i consentiment informat	21
4.3.	Característiques de la mostra	22
4.4.	Cites i cronograma	22
4.5.	Tècniques i instrumentació	23
4.5.1.	Tècniques	23
4.5.2.	Instrumentació	24
4.6.	Procediments	24
4.6.1.	Procediments del test Drop Jump	24
4.6.2.	Procediments de la intervenció	26
4.7.	Anàlisi estadística	28
5.	Resultats	29
6.	Discussió	31
7.	Conclusió	35
8.	Limitacions	36
9.	Referències	37
10.	Annexos	43

1. Introducció

L'handbol és un dels esports més populars arreu del món i així ho demostra el seu continu creixement en participants i espectadors. Admès com a esport olímpic des de 1972, és una de les pràctiques esportives més populars a Europa després del futbol, el voleibol i el bàsquet. La Federació Internacional d'Handbol (International Handball Federation, IHF) està integrada oficialment per 150 federacions que representen aproximadament 800.000 equips i més de 19 milions d'esportistes (IHF,2004; www.ihf.inf).

A Espanya, segons el Consell Superior d'Esports, l'handbol ocupa el tercer lloc en nombre de llicències dins dels esports col·lectius, només superat pel futbol i el bàsquet. El nombre de llicències va ser de 98.709 l'any 2017, de les quals 33.889 practicants eren dones.

De la mateixa manera que augmenta el nombre de participants en l'handbol femení, també ho fa el risc de patir qualsevol classe lesió que pugui obstaculitzar la trajectòria esportiva de les jugadores i fins i tot plantejar-se l'abandó de l'esport en qüestió.

Diversos estudis demostren el risc considerable de patir una lesió en l'handbol femení. Si aprofundim en els estudis veiem amb claredat que el problema principal està en el complex articular del genoll, més concretament en el trencament del lligament encreuat anterior (LEA), una lesió de llarga durada, amb un procés lent de recuperació i un alt risc de recaiguda.

És cert que durant les últimes dècades s'ha investigat molt sobre els principals factors de risc de la lesió del LEA, el mecanisme de lesió, la diferència quant al sexe, etc. El més sorprenent de tot és que a pesar de tot això i també a pesar dels coneguts programes de prevenció, el nombre de lesions no s'ha reduït de manera significativa. Sabem amb

certesa que reduir el risc de patir aquesta lesió a zero és impossible, ja que la causa és d'origen multifactorial, però també és cert que hi ha alguns aspectes que es poden controlar i millorar.

Aquest treball d'investigació tracta de determinar si un entrenament de força específic del core és capaç de reduir alguns factors de risc de patir la lesió del LEA, entre altres: la flexió de maluc i de genoll, la dorsiflexió de turmell i el valg de genoll durant els aterratges després d'un salt o les asimetries que es donen entre la cama dominant i la no dominant. Amb aquesta finalitat s'ha realitzat de primer una exhaustiva revisió bibliogràfica sobre la lesió del LEA i s'han estudiat en profunditat els factors de risc modificables d'aquesta lesió.

Per consegüent, es va utilitzar el test Drop Jump (DJ) a fi d'observar canvis significatius o no en les variables de l'estudi, entre les jugadores d'handbol que havien estat sotmeses a un entrenament específic del core (grup experimental) i un grup de jugadores que no l'havia realitzat (grup control). A més, també s'ha estudiat si l'entrenament específic del core influeix en una variable de rendiment com l'altura del salt en el DJ.

2. Estat de la qüestió

2.1. Les lesions en l'esport

En determinats moments, l'activitat esportiva pot representar un perill per a la salut en forma de lesions esportives. És lògic pensar que, a mesura que augmenta el nombre de participants en la pràctica esportiva, també ho farà el nombre de lesions. L'abast del problema de les lesions esportives sovint es descriu per la incidència de les lesions i pels indicadors de la gravetat de les lesions esportives. La incidència de lesions esportives s'expressa preferiblement com el nombre de lesions per temps d'exposició (per

exemple, per cada 1.000 hores de participació esportiva) per facilitar la comparació dels resultats entre els estudis (van Mechelen, Hlobil & Kemper, 1992).

La gravetat de les lesions esportives es pot descriure atenent sis criteris: la naturalesa de la lesió esportiva, la durada i la naturalesa del tractament, el temps de pràctica o joc perdut en l'esport, les hores de treball perdudes, els danys permanents i el cost econòmic (van Mechelen, Hlobil & Kemper, 1992).

Les lesions en si no sols afecten d'una manera aïllada les persones que les pateixen, sinó que també perjudiquen els entrenadors, preparadors físics, familiars, equips, clubs i fins i tot els patrocinadors. S'estima que un jugador lesionat d'un equip de la UEFA Champions League costa al club entre 500.000 i 600.000 euros mensuals. Atès que el nombre mitjà de dies d'absència en un equip pertanyent a aquesta competició, amb una plantilla de 25 a 28 jugadors és d'uns 1.100 dies l'any, el cost mitjà per al club degut a les lesions és d'uns 20 milions d'euros anuals (Ekstrand, 2016).

En nivells inferiors, les lesions, a més de comportar temps perdut, poden ocasionar l'abandó de la pràctica esportiva, ja que no es disposen dels mateixos mitjans que en l'elit (equip mèdic, fisioterapeutes, readaptadors, etc.).

A fi d'evitar totes aquestes adversitats, és necessari un programa de prevenció de lesions que ens assegure la disponibilitat i la continuïtat dels jugadors al llarg de la temporada.

2.1.1. Les lesions en l'handbol

La incidència general de lesions en l'handbol varia entre 0,6 lesions i 6,5 per cada 1000 hores de joc (Seil, Rupp, i cols., 1998; Monaco, Mauricio i cols., 2014; E.T. Rafnsson i cols., 2017), si bé les dades d'incidència lesional varien en funció del moment de la lesió, el sexe, l'edat o la regió anatòmica.

Si parlem del moment en què té lloc la lesió, podem observar que les dades registrades sobre el nombre de lesions que es produeixen en un entrenament varien entre 0,6 i 3,0 per cada 1000 hores de joc. Aquesta xifra és molt menor que el nombre de lesions produïdes en competició, ja que varia entre 15,0 i 30,9 per cada 1000 hores de joc (Tabben, Landreau, Chamari, i cols., 2018; Rafnsson i cols., 2017; Seil, Rupp, Tempelhof, i Kohn, 1998; Monaco, Mauricio i cols., 2014).

Quant al sexe, trobem que les dades també varien. Wedderkopp i col·laboradors van observar una incidència de 40,7 lesions per cada 1000 hores de joc en jugadores d'handbol entre 16 i 18 anys, dades d'incidència lesional que són majors que les de l'handbol masculí (Wedderkopp i cols., 1997).

Respecte a l'edat, no s'aprecien diferències significatives sobre la incidència lesional en els joves, de 6,0 per 1000 hores totals, respecte a la dels adults, 6,5 per 1000 hores totals (Monaco, Mauricio i cols., 2014).

Durant els últims 20 anys, la intensitat de l'handbol ha augmentat, a causa d'una major velocitat en el joc, un nombre més gran de gols anotats i la velocitat en els gestos (Rafnsson i cols., 2017). Això podria haver afectat el perfil lesional segons la regió anatòmica. En aquest aspecte, cal dir que són més freqüents les lesions als membres inferiors a causa de gestos com aterratges, canvis de direcció o fintes a velocitats elevades.

Troblem dades en nombrosos estudis que han estat extrets de les millors lligues europees d'aquest esport, i també han estat analitzades dades de les principals seleccions nacionals en els tornejos més prestigiosos del panorama de l'handbol. En un d'aquests estudis s'observa que l'extremitat superior va estar involucrada en el 37% de les lesions, i l'extremitat inferior en el 54%. El genoll va ser l'articulació més comunament

lesionada, seguida dels dits, els turmells i els múscles. Les lesions de genoll van ser les més greus i les més freqüents en jugadors d'alt nivell (Monaco i cols., 2018).

En la mateixa línia va dirigida la investigació duta a terme per Rafnsson i col·laboradors en les principals lligues islandeses. L'estudi diferencia les lesions agudes (resultat d'un traumatisme) i per sobreús. S'observa que el 59,3% de lesions tingueren lloc al membre inferior i un 24,4% van ser lesions de genoll, és a dir, un quart de les lesions agudes (resultat d'un fort traumatisme) tingueren lloc en aquest complex articular (Rafnsson i cols. 2017).

En una altra investigació (Junge i cols. 2006) en què es van analitzar les principals lesions i la seua gravetat, en 6 tornejos internacionals, es va concloure que les lesions van afectar més sovint les extremitats inferiors (42%), en concret el genoll (13%). A més de les 11 lesions amb una absència estimada d'un mes o més, comprenien 6 lesions de genoll: 5 trencaments de lligaments, 1 lesió de menisc.

En la taula següent trobem el nombre i el percentatge de les lesions agudes i per sobreús en diferents regions anatòmiques (Rafnsson i cols. 2017).

Taula 1. Nombre i percentatge de les lesions agudes i per sobreús en diferents regions anatòmiques.

TABLE 4. Number and Percentage of Acute and Overuse Injuries in Different Locations						
	Acute		Overuse		Total	
	Number	%	Number	%	Number	%
Head, neck	3	5.7	1	3.0	4	4.7
Trunk	6	11.3	13	39.4	19	22.1
Sternum/rib/thorax	3	5.7	0	0.0	3	3.4
Abdomen	1	1.9	0	0.0	1	1.1
Low back/pelvis	2	3.8	13	39.4	15	17.2
Upper extremity	4	7.5	8	24.2	12	13.9
Shoulder	1	1.9	7	21.2	8	9.3
Upper arm	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Elbow	0	0.0	1	3.0	1	1.2
Forearm	1	1.9	0	0.0	1	1.2
Hand/finger	2	3.8	0	0.0	2	2.3
Lower extremity	40	75.5	11	33.3	51	59.3
Hip/groin	3	5.7	3	9.1	6	7.0
Thigh	2	3.8	0	0.0	2	2.3
Knee	14	26.4	7	21.2	21	24.4
Leg	2	3.8	0	0.0	2	2.3
Ankle	10	18.9	0	0.0	10	11.6
Foot/toe	9	17.0	1	3.0	10	11.6
Total	53	100	33	100	86	100

*%: Percentatge

No hi ha canvis significatius si busquem diferències en la regió anatòmica més lesionada entre sexes. El membre inferior és també la zona més castigada en l'handbol femení. Tot i que sembla que les dones tendeixen a tenir més esquinçades de turmell que els homes, també tenen una major incidència lesional al genoll, més concretament al LEA. En l'estudi de Petersen i cols. (2005), més de la meitat de les lesions de genoll (5/9) de les jugadores del grup control van ser trencaments del LEA.

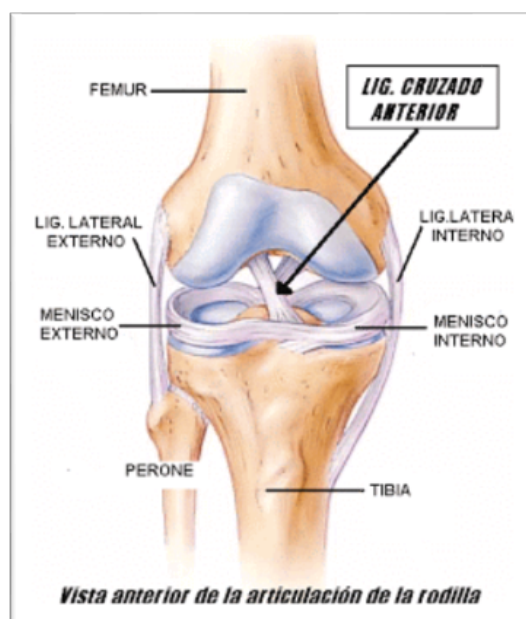
2.2. El lligament encreuat anterior

En aquest punt ens disposem a analitzar detalladament la naturalesa anatòmica i el paper biomecànic del LEA, tot seguit parlarem de totes les seues funcions, dels principals riscos de lesió d'aquest lligament i, per descomptat, del mecanisme lesional. Finalment, exposarem la incidència d'aquesta lesió en diferents esports.

2.2.1. Anatomia del lligament encreuat anterior

El LEA és una estructura intraarticular i extrasinovial, situada en l'escotadura intercondílica del genoll, que discorre obliquament des de la seua inserció a nivell de la

regió anteromedial del replà tibial, cap arrere, dalt i fora, fins a la porció medial del còndil femoral lateral. El LEA està format per dos fascicles: fascicle anteromedial (fi) i posterolateral (porció principal). El fascicle anteromedial està format per les fibres que s'insereixen en la part més proximal de la inserció femoral a la més anterior i medial de la inserció tibial. Les fibres que van de la porció més distal de la inserció femoral i s'insereixen en la porció posterolateral de l'ancoratge tibial constitueixen el fascicle posterolateral (Sanchis & Gomar Sancho, 1992).



Il·lustració 1. Vista anterior de l'articulació del genoll.

2.2.2. Biomecànica del lligament encreuat anterior

Durant l'extensió de la cama, el LEA xoca contra el sostre de l'escotadura intercondílica la qual cosa limita una major extensió. A mesura que anem incrementant els graus de flexió del genoll, els dos fascicles s'enrotllen girant les fibres posterolaterals per davall de les anteromedials. El lligament perd la forma de margalló, que presenta amb l'extensió del genoll, i va assumint una forma de cordó redó i enrotllat. S'ha demostrat que les fibres del LEA no són paral·leles en l'extensió, sinó que presenten una torsió externa de 46°. Quan el genoll es flexiona a 90°, l'angle de torsió s'incrementa a 105°.

fet que posa de manifest aquest enrotllament progressiu que el lligament pateix amb la flexió del genoll (Sanchis & Gomar Sancho, 1992).

2.2.3. Funcions del lligament encreuat anterior

Segons Silvers i Mandelbaum (2007), el LEA compleix les funcions següents:

- ✓ És un dels principals estabilitzadors de l'articulació del genoll.
- ✓ Evita l'excessiva translació anterior de la tibia en el fèmur.
- ✓ Limita la rotació interna de la tibia.
- ✓ Treballa col·lectivament amb el lligament encreuat posterior (LEP) per estabilitzar el genoll durant el moviment dinàmic.
- ✓ Proporciona estabilitat a l'articulació del genoll en el pla frontal durant les càrregues en var i valg.

A més, segons l'investigador Panesso, cal tenir en compte que els músculs que actuen sobre l'articulació de genoll tenen potencial per a generar forces de tensió sobre el LEA o, al contrari, minimitzen la càrrega mecànica sobre aquest (Panesso i cols., 2009).

2.2.4. Factors de risc

Està demostrat que les dones pateixen la lesió del LEA més sovint que els homes. El motiu principal és degut als factors de risc segons el sexe. Aquests factors de risc es poden dividir en: factors anatòmics, biomecànics, neuromusculars i hormonals.

- FACTORS ANATÒMICS: (Shultz, Nguyen i Schmitz, 2008). En comparació dels homes, les dones presenten:
 - Major laxitud general de les articulacions.
 - Major anteversió de maluc.
 - Angles tibiofemorals i fèmurs més curts.
 - o Major *genu recurvatum* (hiperextensió de genoll).

- Major angle Q en dones que en homes (Griffin i cols., 2006). L'angle Q ha estat proposat com un factor que contribueix al risc de lesions de genoll per alterar la cinemàtica de les extremitats inferiors. La magnitud de l'angle del quàdriceps femoral (angle Q), el grau de valg estàtic i dinàmic del genoll, la pronació del peu, l'índex de massa corporal (IMC) i la geometria del LEA són factors anatòmics que han estat associats a un major risc de lesió del LEA sense contacte.



Il·lustració 2. Valg dinàmic de genoll durant la realització d'un esquat unilateral en una dona.

- FACTORS BIOMECÀNICS i NEUROMUSCULARS: (McClay i Ireland, 2001; Leppänen, Pasanen, Krosshaug, i cols., 2017; Malloy, Morgan, Meinerz, Geiser, i Kipp, 2015; Hewett, Ford, Hoogenboom i Myer, 2010)
 - Presenten menors nivells de propiocepció.
 - Major activació del quàdriceps en detriment de la cadena posterior (isquiosurals) en frenades i aterratges.
 - Menor flexió de genoll en els aterratges (aterratges rígids), associat a un major risc de lesió del LEA.

- Menor dorsiflexió del turmell, cosa que comporta majors moments pic d'abducció de genoll, majors angles pic d'abducció de genoll i menors angles pic de flexió de genoll, això porta al valg de genoll esmentat adés.
- Asimetria entre la cama dominant i la cama no dominant.
- FACTORS HORMONALS: (Shultz i cols., 2005; Khowailed, Petrofsky, Lohman, Daher i Mohamed, 2015).
 - Les diferències de sexe en la laxitud del genoll són dependents del cicle menstrual, i coincideixen amb elevacions significatives en els nivells d'estradiol.
 - Les dones utilitzen diferents estratègies de control neuromuscular durant diferents fases del cicle menstrual, la qual cosa pot contribuir a augmentar el risc de lesió del LEA.

Finalment, cal dir que, a més de tots aquests factors que intervenen en el risc de lesió, n'hi ha molts més com l'historial clínic, una mala rehabilitació, un pla de prevenció de lesions incomplet o mal plantejat, la condició física, el clima, l'estat del terreny de joc, un equipament inadequat, factors socials i psicològics, etc. Alguns d'aquests factors poden ser modificables, però altres no.

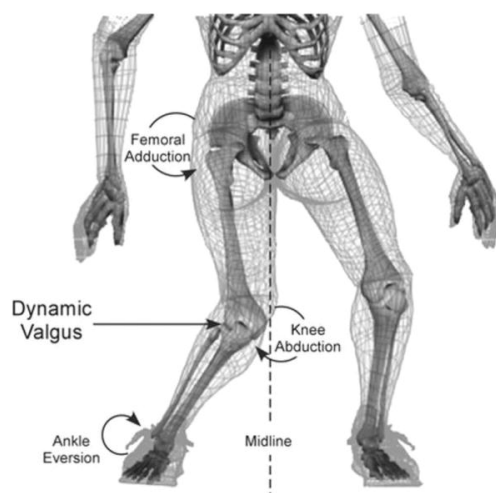
2.2.5. Mecanismes de lesió

Hi ha dos tipus de lesió del LEA: les que són produïdes per contacte o sense contacte. Les lesions produïdes per contacte són les que tenen lloc quan hi ha un xoc entre dos jugadors dins d'una acció en què es disputen un baló, o bé d'un jugador amb un objecte com el pal de la porteria. Són difícils de prevenir, ja que tenen lloc d'una manera fortuïta. En canvi, les lesions provocades sense contacte són les més investigades, ja que es poden reduir d'una manera significativa. Sorprenentment, més de dos terços de les lesions reportades en el LEA són d'origen sense contacte (Silvers i Mandelbaum, 2007).

El mecanisme de lesió del LEA sense contacte al terreny de joc normalment involucra una desacceleració brusca, un canvi de direcció brusc, un aterratge des d'un salt amb una flexió inadequada del genoll i el maluc en extensió, o un lapsus de concentració, com a resultat d'un canvi imprevist en la direcció del joc (Silvers i Mandelbaum, 2007).

També la posició en què es trobe el peu durant l'acció hi té un paper crucial. Si durant una maniobra el peu està en una posició de cadena cinètica tancada i en pronació, la tibia es trobarà girada internament, el genoll estarà en o prop de l'extensió completa (flexió 0-20°); si l'atleta intenta canviar de direcció, el resultat serà una torsió amb una força excessiva que pot potencialment forçar o trencar el LEA (Zahinos, González, i Saliner, 2010).

Altres autors (Besier i cols., 2001; Olsne i cols., 2005) opinen que el mecanisme més freqüent de la lesió de LEA és degut a la rotació del fèmur sobre la tibia, amb el peu fix a terra durant un moviment de valg en el moment flexor, que contraresta així l'acció potent del quàdriceps que fa lliscar cap avant la tibia respecte al fèmur i lesiona el LEA.



Il·lustració 2. Mecanisme de lesió del LEA sense contacte.

2.3. Prevenció de lesions

Un programa de prevenció és un conjunt d'accions construïdes d'una manera lògica a partir d'una necessitat, a fi de complir l'objectiu traçat. En l'àmbit de l'esport, un programa de prevenció de lesions té per finalitat reduir el nombre més gran de lesions possible, com el seu propi nom indica. Van Mechelen i cols. (1992) van establir una proposta de prevenció en una seqüència de quatre passos:

- I. Establir l'abast del perjudi.
- II. Identificar els factors de perjudi.
- III. Introduir mesures preventives.
- IV. Avaluar-ne les conseqüències.

En les últimes dècades hi ha hagut un augment significatiu dels estudis epidemiològics que aporten informació sobre els dos primers passos: la identificació de la incidència lesional en cada esport, junt amb els factors i mecanismes que intervenen en la producció de les lesions, així com establir els possibles factors que provoquen la lesió, sobre els quals actuar preventivament. Meeuwisse (1994) va desenvolupar un pla per a

explicar els diferents factors de risc que intervenen en la producció de lesions esportives, en el qual va rebutjar enfocaments que implicaven un únic factor.

Més avant, aquesta proposta es completa amb la complexa interacció dels processos interns i externs (Parkkari i cols., 2001). És a dir, factors intrínsecs (predisposició de l'esportista) i factors extrínsecs (exposició a factors de risc), encara que en realitat el procés indica que aquests factors es produeixen en un context complex (Peterson i cols., 2003).

Entre els factors intrínsecs més importants hi hauria l'existència d'una lesió prèvia i la rehabilitació inadequada, l'edat, l'estat de salut de l'esportista, l'estat psicològic, etc. Quant als factors extrínsecs, aquests són: tipus d'activitat i gest motor específic per a l'esport, volum de la càrrega d'entrenament, entrenament i l'exposició a la competició, temps, material, equipament, tipus de superfície de joc, condicions ambientals i fatiga anatòmica (Peterson i cols., 2003).

2.3.1. Prevenció de lesions en l'handbol

Una vegada mostrada l'alta incidència lesional de LEA dins de l'handbol, podríem dir que pràcticament és una espècie de lesió característica d'aquest esport, i si parlem de l'handbol femení, encara més. En altres esports com el futbol, algunes associacions com la Unió of European Football Associations (UEFA) han pres mesures relacionades amb la prevenció de lesions, fins al punt de promoure la col·laboració entre clubs, amb l'objectiu de reduir el risc lesional. D'altra banda, la Fédération Internationale de Football Association (FIFA) ha establert un programa de prevenció de lesions conegut com a FIFA11+.

Desgraciadament, en l'àmbit de l'handbol la realitat és molt diferent. Cap organisme o associació, com la IHF o l'European Handball Federation (EHF), han pres cap mesura enfront d'aquesta situació.

D'altra banda, gràcies a la literatura científica trobem programes de prevenció realitzats en distints equips de l'elit femenina de l'handbol en què la prevenció de les lesions del LEA és possible gràcies a un entrenament neuromuscular basat en la millora del manteniment de l'equilibri, el control motor i l'aterratge després del salt (Myklebust i cols. 2003). No obstant això, no s'ha trobat cap estudi sobre l'entrenament específic del core i la seua relació amb la prevenció de la lesió del LEA en dones esportistes amb alt risc de patir aquesta lesió (per exemple, jugadores de futbol o handbol). És sorprenent, perquè sí que hi ha programes de prevenció basats en salts i aterratges, i ambdós són habilitats complexes que per a ser realitzades correctament i sense risc de lesió és necessari tenir un core fort i estable.

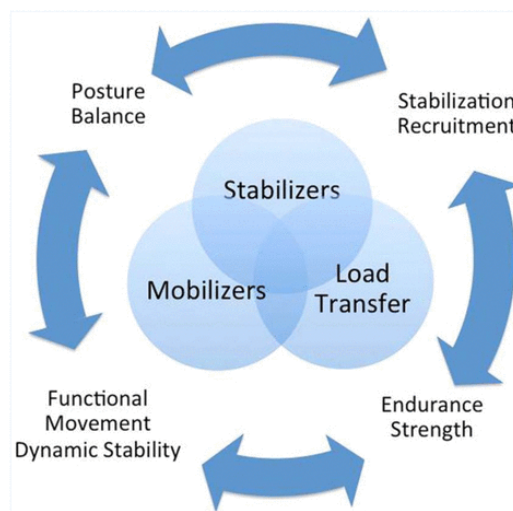
2.4. Transcendència del core

El core és un concepte funcional utilitzat habitualment per a referir-se conjuntament a les estructures musculars i osteoarticulars de la part central del cos, sobretot del raquis lumbodorsal, la pelvis i els malucs. Aquest concepte s'ha fet servir especialment en l'àmbit esportiu, ja que les estructures referides participen conjuntament en el manteniment de l'estabilitat del tronc i en la generació i transferència de forces des de la part central del cos cap a les extremitats en activitats tan diverses com córrer, llançar o colpejar, i és el centre de les cadenes cinètiques que participen en aquestes accions (Vera-Garcia i cols., 2015).

Segons els investigadors Bliven i col·laboradors, el core és un espai tridimensional limitat per:

- ✓ El diafragma (límit superior).
- ✓ Els abdominals: recte abdominal, transvers abdominal i oblics (límit anterior i lateral).
- ✓ El maluc: psoes, recte femoral, sartori, tensor de la fàscia lata, pectini, gluti major, mitjà i menor, semitendinós, semimembranós, bíceps femoral, adductors, quàdriceps, bessons i piriforme (límit inferior).
- ✓ El sòl pelvià (límit inferior).
- ✓ L'esquena: erector, quadrat lumbar, paraespinals, psoes major, multífid, iliocostal i rotatoris (límit posterior).

La naturalesa inherent a aquests límits musculars produeix un efecte d'estabilització semblant al d'una cotilla en el tronc i la columna. Aquest sistema complex que coneixem com a core té diverses funcions, com ara la d'estabilitzador local i global, de mobilitzador global i la de transferència de càrregues. A més, té un paper clau en la restauració de la força i la resistència, i en la recuperació de la postura i l'equilibri per mitjà de la regulació del sistema de control neuromuscular (Bliven i Anderson, 2013).



Il·lustració 3. Components de l'estabilització funcional del core (Huxel Bliven i Anderson, 2013)

Resulta lògic pensar que els programes d'exercici per a millorar l'estabilitat del core han de centrar-se en l'activació muscular, el control neuromuscular, l'estabilització estàtica i l'estabilitat dinàmica (Bliven i Anderson, 2013). En l'esport professional i amateur són habituals els programes d'exercicis per al condicionament de la musculatura del core. Els objectius d'aquests programes solen ser la millora del rendiment esportiu i la prevenció de lesions per mitjà del desenvolupament de les diferents qualitats dels músculs del tronc, especialment la resistència, la força i la capacitat d'estabilització de les estructures del core (Vera-Garcia i cols., 2015).

Segons Zazulaket i cols. (2007), els dèficits en el control neuromuscular del core poden portar a un desplaçament incontrolat del tronc durant el moviment atlètic, la qual cosa al seu torn pot col·locar l'extremitat inferior en una posició de valg, augmentar el moviment d'abducció del genoll i la torsió, i provocar una tensió alta del lligament del genoll i una lesió del LEA. Per tant, observem amb claredat que els factors relacionats amb l'estabilitat del core són predictors fiables del risc de lesions atlètiques de genoll. Així, les propostes compreses dins d'un bon programa de prevenció de lesions hauran d'incorporar exercicis o tasques amb l'objectiu de millorar l'estabilitat del core.

2.4.1. Entrenament funcional del core

Funció significa, bàsicament, propòsit. Així és que quan apliquem el terme a entrenar-se per a l'esport parlem d'un entrenament amb un propòsit. Qualsevol entrenament que treballa els abdominals o els malucs pot ser considerat treball de la zona mitjana o del core. Encara que moltes vegades aquests músculs es treballen d'una manera poc lògica, sense tenir realment en compte les funcions reals d'aquests. Encara més, molts exercicis que s'usen i es prescriuen per treballar el core poden arribar a exacerbar el dolor d'esquena en comptes d'alleujar-lo o prevenir-lo. A més, observem que l'esport tracta de l'estabilització de la zona mitjana i la rotació del maluc (Boyle, 2016).

Michael Boyle, un dels majors experts en l'entrenament de força, en el llibre *New Functional Training for Sports* defensa tres tipus bàsics d'exercicis per al core:

1. L'antiextensió, funció principal dels músculs anteriors de la zona mitjana, han d'entrenar-se com a estabilitzadors de la pelvis davall de la caixa toràcica, no com a flexors del tronc.

2. La flexió antilateral desenvolupa el quadrat lumbar i els oblics com a estabilitzadors de la pelvis i els malucs, no com a flexors laterals del tronc.

3. L'antirotació es desenvolupa per mitjà de progressions dels exercicis d'antiextensió i per mitjà de l'ús de patrons diagonals i forces rotatòries.

Un programa d'entrenament centrat en accions que no es produeixen en l'activitat esportiva, simplement no té sentit. La clau és dissenyar programes que realment preparen l'esportista per al seu esport. Així, doncs, l'objectiu principal d'aquest tipus de programa d'entrenament, basat en el funcionament de les cadenes cinètiques i la ciència de l'anatomia funcional, és reduir les lesions, atès que l'èxit o el fracàs d'un programa de força i condicionament es mesura més en funció de la salut de l'esportista que de les seues victòries o derrotes (Boyle, 2016).

3. Hipòtesi i objectius

Una vegada realitzat l'estudi bibliogràfic sobre les distintes lesions en l'àmbit de l'handbol, la prevenció de lesions i, especialment, sobre la lesió del LEA en jugadores d'handbol, ens disposem a l'exposició de la hipòtesi principal en què aquest treball es basa i la relacionarem amb els objectius que es pretenen aconseguir. Partim de la següent hipòtesi principal: l'execució d'un entrenament específic del core en un equip d'handbol femení redueix significativament alguns riscos de lesió del LEA i, per

aquesta raó, és una mesura de prevenció d'aquesta lesió. Aquesta hipòtesi podrà ser verificada o desmentida al final del treball.

Des d'una altra perspectiva, els objectius marcats d'aquest treball estan relacionats amb la hipòtesi anteriorment proposada. L'objectiu principal de l'estudi és comprovar si l'aplicació d'un entrenament específic del core en jugadores d'handbol femení redueix alguns dels factors de risc de trencament del LEA.

Els objectius específics són els que segueixen:

- 1- Determinar la variació en la flexió de maluc i genoll i la dorsiflexió de turmell després de l'aplicació de l'entrenament de força del core.
- 2- Determinar la variació de l'angle del valg dinàmic de genoll durant la realització del DJ després de l'aplicació de l'entrenament de força del core.
- 3- Avaluar les asimetries entre la cama dominant i la no dominant abans i després de l'aplicació de l'entrenament de força del core.
- 4- Determinar en quina mesura l'aplicació d'un programa de força del core influeix en la millora del salt.
- 5- Comparar la variació de les variables anteriors amb les d'un grup de control.

4. Material i mètode

4.1. Disseny de l'estudi

L'estudi realitzat compleix els requisits d'un estudi experimental en què es realitza un assaig clínic controlat no aleatori. Per determinar si l'entrenament de la força del core influeix en les variables relacionades amb els factors de risc de la lesió del LEA, un grup de jugadores d'handbol (grup de intervenció) van realitzar durant vuit setmanes un entrenament específic del core mentre seguien, igual que el grup control, la rutina diària

d'entrenaments d'handbol. La recollida de dades tingué lloc abans i després de la intervenció.

4.2. Selecció de subjectes i consentiment informat

Primerament, es va contactar amb el club. A continuació, es va plantejar la realització de la investigació i quan es va obtenir una resposta afirmativa es va passar a la selecció de la mostra. La selecció va ser mitjançant un mostratge probabilístic aleatori simple. Els criteris d'inclusió per a aquest estudi han estat jugadores sanes, en disposició d'entrenar-se contínuament, amb edats compreses entre 17 i 22 anys. Algunes jugadores van ser excloses perquè havien patit en el passat una lesió del LEA o perquè tenien alguna lesió que els impedia participar amb normalitat en la dinàmica de l'equip.

Totes les jugadores en van ser informades i es va obtenir el seu consentiment. En el cas de les jugadores menors de 18 anys, els pares van signar el document. Durant la intervenció, cap jugadora va haver de ser donada de baixa.

4.3. Característiques de la mostra

La mostra s'ha dividit en dos grups: el grup de control (GC) i el grup que ha realitzat l'entrenament del core (GEC).

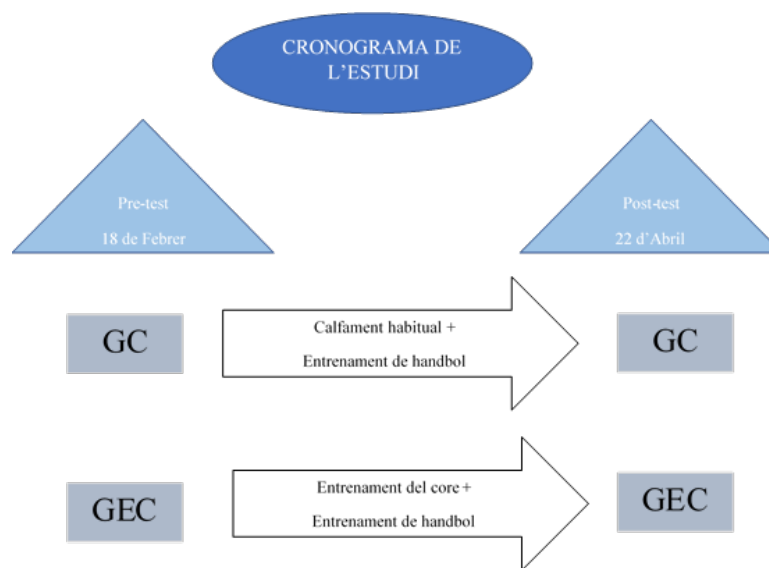
Tabla 2. Característiques de la mostra.

	N	Edat	Pes	Estatura	Anys de pràctica
GEC	10	19,70	63,93	1,68	11,10
GC	8	19,25	59,38	1,62	11,38
TOTAL	18	19,48	61,66	1,65	11,24

GEC: grup entrenament del core; GC: grup control; N.: nombre de jugadores; edat expressada en anys; pes en kg; estatura en metres.

4.4. Cites i cronograma

Totes les jugadores van ser citades el dia 18 de febrer per als primers mesuraments, igual que el dia 22 d'abril per a les segones. Aquests mesuraments es van dur a terme al mateix pavelló on s'entrenaven i on prèviament van ser col·locades les càmeres i els *steppers*; als llocs corresponents. Abans de procedir als mesuraments, les jugadores van ser informades de la indumentària corresponent per a la prova: pantalons curts i sostenidors esportius.



Il·lustració 4. Cronograma de l'estudi. GEC: grup experimental, GC: grup control

4.5. Tècniques d'instrumentació

4.5.1. Tècniques

Per a l'obtenció de dades i l'anàlisi posterior es va realitzar el test Drop Jump (DJ), un test proposat pel professor Carmelo Bosco (1983). El test consisteix en el fet que el subjecte ha de situar-se sobre un escaló a una alçada determinada (en aquest cas, 30 cm), s'ha de deixar caure sobre el terra i, una vegada que hi ha pres contacte, ha de generar un esforç sobtat i màxim que el propulse verticalment cap amunt. Gràcies al treball de Redler i cols. (2016), sabem que el test DJ és totalment vàlid si volem valorar possibles dèficits de control neuromuscular com el valg dinàmic de genoll durant

l'aterratge. A més, amb l'objectiu de determinar els graus de valg en dinàmic de les jugadores, utilitzem el programa d'anàlisi de vídeo *Kinovea*.

Segons Ford, Myer i Hewett (2007), el DJ posseeix una alta fiabilitat per a analitzar variables biomecàniques en atletes joves. És excel·lent tant per al pla sagital (en la mateixa sessió ICC > 0 = 0,925, entre sessions ICC > 0 = 0,8), com per al pla frontal (en la mateixa sessió ICC > 0 = 0,778, entre sessions ICC > 0 = 0,748).

Així mateix, podem analitzar l'asimetria de forces entre la cama dominant i la no dominant fent el test DJ amb una cama i mesurant l'altura dels salts gràcies a l'aplicació *My Jump 2*.

4.5.2. Instrumentació

Els materials següents van ser utilitzats per a la realització del test:

- ✓ Dos mòbils Samsung Galaxy A6 amb dos trípodes de suport.
- ✓ Un escaló de 30 centímetres d'altura.
- ✓ *Tape* de color blanc.
- ✓ Un ordinador HP Pavilion 22 amb el programari d'anàlisi de vídeo *Kinovea* instal·lat.
- ✓ Bàscula.
- ✓ Cinta mètrica.

Els materials següents van ser utilitzats per a la realització de l'entrenament d'intervenció del core:

- ✓ Gomes elàstiques.
- ✓ *Minibands*.
- ✓ Rodes abdominals

4.6. Procediments

4.6.1. Procediments del test Drop Jump

Disposició del material de mesurament

En primer lloc, es van col·locar els mòbils sobre els trípodcs en plans diferents, el sagital i el frontal. Tots dos a una distància de 3,6 metres respecte a l'*step* i a una altura d'1,02 metres, seguint la línia d'estudis semblants (Barber-Westin i cols., 2006; Noyes i cols., 2005).

Disposició de les marques al cos

D'acord amb els procediments d'estudis previs (Barber-Westin i cols., 2006; Noyes i cols., 2005; Dingenen i cols., 2015; Hewett i cols., 2005; Leppänen, Pasanen, Krosshaug, i cols., 2017; Leppänen, Pasanen, Kujala, i cols., 2017; Nilstad i cols., 2014; Redler i cols., 2016), per a una millor estimació de les marques en l'anàlisi dels vídeos, es va utilitzar *tape* blanc sobre els punts anatòmics clau i van ser col·locats tenint en compte els nostres objectius d'estudi.

Les regions anatòmiques en què van ser col·locades les marques van ser aquestes (de baix a dalt): cinquè metatars, mal·lèol lateral, centre del turmell, ròtula, epicòndil lateral del fèmur, superfície lateral de la cama, superfície lateral de la cuixa, trocànter major i espina anterosuperior de l'os ili.

La mateixa persona responsable de la investigació, junt amb un membre del cos tècnic, es van encarregar de posar les marques a totes les jugadores i es van assegurar que no es movien o queien durant la realització de les gravacions.

Protocol del test DJ

Tant per fer els primers mesuraments com els segons, es va seguir el procediment basat en dos estudis previs (Dingenen i cols., 2015; Leppänen, Pasanen, Krosshaug, i cols., 2017). Les jugadores van rebre instruccions de deixar-se caure des d'un escaló de 30 cm d'altura, aterrar, realitzar un salt màxim i tornar a aterrar. De primer amb dues cames, després amb la dreta i finalment amb l'esquerra. La cama que va ser testada primerament es va decidir aleatòriament, tal com van fer Dingenen i cols. (2015) en el seu estudi.

En aquest estudi, com acabem de dir, es va decidir passar el test a la cama dreta abans que l'esquerra. Tot això es va fer amb els braços fent anses, recolzats als malucs, sense tapar les marques i descalces. Després de cada salt havien de tornar a pujar a l'escaló i esperar el senyal que es donava una vegada passats 30 segons.

Abans del test es va fer un calfament estàndard (5 minuts a trot suau). El calfament estava controlat per un membre del cos tècnic a fi d'assegurar-se que es complia el temps i la intensitat estipulats. Després havien d'acostar-se a la zona on es realitzaven tres salts per familiaritzar-se amb el test (ambdues cames, un amb la dreta i un altre amb l'esquerra).

Tot seguit es realitza el test respectant les instruccions explicades més amunt. La prova es va considerar no vàlida si les jugadores saltaven des de l'*step* en comptes de deixar-se caure, si la cama de no suport tocava el terra, si movien els braços o si perdien clarament l'equilibri durant el test. Si la jugadora feia una repetició no vàlida, es deixaven passar 30 segons i es repetia.

Els primers tres salts vàlids de cada tipus (dues cames, cama dreta i cama esquerra) es van seleccionar i es van incloure per a l'anàlisi posterior.

Les variables que es van obtenir en aquest test van ser: flexió de maluc (FM), flexió de genoll (FG), dorsiflexió de turmell (DFT) i valg en dinàmic del genoll (VDG). Aquestes variables es van calcular a partir dels angles registrats en el programari *Kinovea*.

La variable altura de salt (AS), variable de rendiment, es va calcular per mitjà de l'aplicació *My jump 2*.

4.6.2. Procediments de la intervenció

Entrenament de força del core

La proposta d'exercicis per a l'entrenament de força del core van involucrar diversos músculs i reproduïen moviments funcionals. Dividim l'entrenament del core en tres tipus d'exercicis (antiextensió, flexió antilateral i antirotació) basant-nos en la proposta de Michael Boyle, la qual apareix en el seu llibre *New Functional Training for Sports*. Les progressions es van fer basant-se en la progressió indicada en aquest llibre, modificant els temps de cada exercici, descans i resistència de la goma elàstica, adaptat a les nostres possibilitats i necessitats. A més, va ser inclòs un treball específic de gluti mitjà, atès el paper fonamental que té en la prevenció de lesions del LEA.

Taula 3. Exercicis, temps de treball i descans de l'entrenament del core.

Setmana	1	2
Antiextensió	Planxa frontal (3x20'')	Planxa frontal (3x25'')
Antirotació	Planxa estirant un braç (3x20'')	Planxa estirant un braç (3x25'')
Flexió antilateral	Planxa lateral (3x20'')	Planxa lateral (3x25'')
Gluti mitjà	<i>Clam-shell</i> estirat 1 (3x20R)	<i>Clam-shell</i> estirat 1 (3x25R)

Setmana	3	4
Antiextensió	Planxa serra (3x20'')	Planxa serra (3x25'')

Antirotació	Rellotge en planxa (3x20'')	Rellotge en planxa (3x25'')
Flexió antilateral	Planxa lateral + rem amb goma (3x20'')	Planxa lateral + rem amb goma 2 (3x25'')
Gluti mitjà	<i>Clam-shell</i> estirat 2 (3x20'')	<i>Clam-shell</i> estirat 2 (3x25'')

Setmana	5	6
Antiextensió	Ab wheel (3x20'')	Ab wheel (3x25'')
Antirotació	<i>Press pallof</i> Isomètric (3x20'')	<i>Press pallof</i> isomètric (3x25'')
Flexió antilateral	Llenyater semiagenollat (3x20'')	Llenyater semiagenollat (3x25'')
Gluti mitjà	Abduccions amb goma de peu 1 (3x20'')	Abduccions amb goma de peu 1 (3x25'')

Setmana	7	8
Antiextensió	Gateig (3x20'')	Gateig (3x25'')
Antirotació	<i>Press pallof</i> 1 (3x20'')	<i>Press pallof</i> 2 (3x25'')
Flexió antilateral	Llenyater semiagenollat en línia (3x20'')	Llenyater semiagenollat en línia (3x25'')
Gluti mitjà	Abduccions amb goma de peu 2 (3x20'')	Abduccions amb goma de peu 2 (3x25'')

Aclariment: Els descansos entre sèries són de 10'', mentre que el temps estimat per als descansos entre exercici i exercici és de 20''; s = segons ; 1 i 2 indiquen la resistència de la goma

Protocol d'intervenció de l'entrenament

Els exercicis es van fer dos dies per setmana (els dimarts i dijous) a l'inici de l'entrenament habitual de l'equip. Es van dividir els dos grups d'entrenament; mentre el GC realitzava el calfament habitual, el GEC realitzava l'entrenament del core. La durada total de la intervenció va ser de vuit setmanes.

4.7. Anàlisi estadística

El tractament estadístic de les dades es va efectuar amb el programari SPSS v.20 per a Mac (IBM.SPSS. Chicago, Illinois.)

Es va establir un valor de $p < 0,05$. Les proves realitzades van ser:

- Estadística descriptiva per al càlcul de les mitjanes, desviació estàndard i error estàndard de les característiques de la mostra i les variables d'estudi.

-Per al coneixement de l'existència o no de diferències significatives intragrup i intergrup es va fer una ANOVA mixta de dos factors:

- Factor intragrup: mesura pre i post.
- Factor intergrup: grup experimental i grup de control.

5. Resultats

Amb l'objectiu de facilitar la comprensió dels resultats s'ha decidit dividir aquest apartat en tres seccions: les dues primeres basades en les variables de risc relacionades amb la lesió del LEA i la tercera basada en la variable de rendiment, altura de salt (AS).

5.1. Flexió de maluc, flexió de genoll i dorsiflexió de turmell

Flexió de maluc: No hi ha una interacció significativa dels factors grup x tipus d'intervenció en la variable FM. $F(1, 16)=0,063$, $p<0,05$, $\eta^2=0,004$.

Flexió de genoll: De la mateixa manera, no hi ha una interacció significativa dels factors grup x tipus d'intervenció en la variable FG. $F(1, 16)=0,392$, $p<0,05$, $\eta^2=0,024$.

Dorsiflexió: Finalment, cal dir que tampoc hi ha una interacció significativa dels factors grup x tipus d'intervenció en la variable DFT. $F(1, 16)=0,001$, $p<0,05$, $\eta^2=0,000$.

Així doncs, no s'ha trobat una diferència entre el grup experimental i el grup de control en les variables FM, FG i DFT, és a dir, la intervenció realitzada no ha suposat una millora significativa entre el grup experimental i el grup de control.

5.2. Valg dinàmic de genoll

Valg dinàmic de genoll dret: Després de fer la prova estadística podem afirmar que no hi ha una interacció significativa dels factors grup x tipus d'intervenció en la variable VDG de la cama dreta. $F(1, 16)=1,353$, $p<0,05$, $\eta^2=0,078$.

Valg dinàmic de genoll esquerre: Tampoc hi ha una interacció significativa dels factors grup x tipus d'intervenció en la variable VDG de la cama esquerra. $F(1, 16)=2,820$, $p<0,05$, $\eta^2=0,150$. De la mateixa manera, no hi ha hagut cap diferència entre el grup experimental i el grup de control.

Aquests resultats ens indiquen que no hi ha hagut cap diferència entre el grup experimental i el grup de control en les variables VDG de la cama dreta i VDG de la cama esquerra, és a dir, la intervenció realitzada no ha suposat una millora significativa entre el grup experimental i el grup de control.

5.3. Variable de rendiment: altura de salt

La variable AS ens dona dos resultats: el primer en relació amb les asimetries de la força entre totes dues cames, mentre que el segon està relacionat amb la millora del rendiment en el salt. D'aquesta manera, ens disposem a analitzar els dos resultats:

Asimetries en la força entre totes dues cames

Altura de salt cama dreta: De nou observem que no hi ha una interacció significativa dels factors grup x tipus d'intervenció en la variable AS de la cama dreta. $F(1, 16)=2,298$, $p<0,05$, $\eta^2=0,126$.

Altura de salt cama esquerra: Tampoc hi ha una interacció significativa dels factors grup x tipus d'intervenció en la variable AS de la cama esquerra. $F(1, 16)=4,353$, $p<0,05$, $\eta^2=0,214$.

No hi ha hagut diferència entre el grup experimental i el grup de control quant a asimetria de força entre les cames, és a dir, la intervenció realitzada no ha suposat una millora significativa entre el grup experimental i el grup de control.

Rendiment en el salt del DJ

En última instància, cal afirmar que no hi ha una interacció significativa dels factors grup x tipus d'intervenció en la variable AS. $F(1, 16)=9,980$, $p<0,05$, $\eta^2=0,384$.

No hi ha hagut diferència entre el grup experimental i el grup de control quant al rendiment del salt en el test DJ, és a dir, la intervenció realitzada no ha suposat una millora significativa entre el grup experimental i el grup de control.

Abans de passar a la discussió, és necessari recalcar que en els resultats solament hem plasmat les proves d'efectes intrasubjectes. Hem considerat que no cal parlar de les proves d'efectes entre subjectes, ja que si no s'han observat resultats significatius en les primeres proves, òbviament tampoc s'observarà cap resultat significatiu en les segones.

6. Discussió

Com hem vist en el marc teòric d'aquest treball, la tendència a utilitzar l'entrenament del core com a mesura de prevenció de lesions ha augmentat els últims anys. Fins avui, l'entrenament de força i estabilitat d'aquest complex musculoesquelètic exerceix un paper fonamental dins de coneguts programes de prevenció, com el famós FIFA 11 i altres.

En canvi, l'objectiu del nostre estudi s'ha basat a intentar determinar si l'entrenament del core realitzat d'una manera específica i aïllada és suficient per a reduir alguns dels factors de risc en la lesió del LEA.

Amb l'objectiu de facilitar la lectura de la discussió s'ha decidit dividir aquest apartat en tres seccions: les dues primeres basades en les variables de risc relacionades amb la lesió del LEA i la tercera basada en la variable de rendiment, AS.

Respecte als resultats obtinguts en la flexió de maluc, flexió de genoll i dorsiflexió de turmell.

L'entrenament del core no ha suposat cap canvi significatiu en l'FM del GEC (141° abans de la intervenció i 141° després). I tampoc ha suposat cap canvi significatiu en l'FG del GEC (127° abans de la intervenció i 125° després).

Els nostres resultats són diferents dels que va obtenir Pfile i cols. (2013), on es va observar una disminució en la flexió del genoll i del maluc, així com una menor rotació interna de tots dos durant diferents aterratges, després de realitzar un programa d'intervenció d'estabilitat del core.

D'altra banda, els nostres resultats es contradiuen amb un altre estudi (Brown, Palmieri-Smith i McLean, 2014), dut a terme amb una mostra molt semblant a la nostra. Aquesta investigació remarca que tant l'entrenament d'estabilitat del core com l'entrenament pliomètric, junt amb l'entrenament de resistència, produeixen diferents adaptacions biomecàniques. Aquestes diferències poden ser degudes al fet que en aquest estudi no s'ha establert si aquests components d'una manera aïllada poden promoure canvis similars en les dones atletes.

Finalment, cal afegir que tampoc hi ha canvis significatius en la DFT del GEC (98° abans de la intervenció i 92° després). A més, no hem trobat cap estudi en què es confirme que l'entrenament del core té influència sobre l'angle de la DFT.

Respecte als resultats obtinguts en el valg dinàmic de genoll.

Els nostres resultats indiquen que no hi ha canvis significatius en el VDG del GEC (13° abans de la intervenció i 9° després, a la cama esquerra; 13° abans de la intervenció i 10° després, a la cama dreta).

Els resultats que hem obtingut difereixen dels obtinguts per Pfile i cols. (2013), estudi en què es van analitzar els canvis cinemàtics i cinètics en la biomecànica de l'aterratge després d'un programa d'entrenament d'estabilitat central i exercicis pliomètrics de quatre setmanes. Un grup va rebre l'entrenament pliomètric, mentre que l'altre va rebre l'entrenament del core. Els resultats van ser que el grup d'estabilitat del core va demostrar canvis en la cinètica de l'articulació del maluc i en la cinemàtica de l'articulació del genoll.

Aquestes diferències en els resultats poden ser degudes al fet que el grup que va participar en aquesta intervenció d'entrenament del core, va fer exercicis com esquats i camallades, amb les variants respectives. El problema d'aquests exercicis és que involucren estructures musculoesquelètiques que no formen part del core, tal com l'hem definit nosaltres. Per tant, és lògic que els subjectes d'aquest grup demostraren canvis en l'articulació del genoll, ja que durant la intervenció van entrenar els músculs que s'encarreguen de la seua biomecànica.

Respecte als resultats obtinguts en la variable de rendiment: altura de salt.

Asimetries en la força entre les dues cames

En el nostre estudi no s'han observat diferències significatives entre les dues cames de les jugadores. Cap d'elles presentava asimetries en la força calculades respecte a l'AS en el pretest (10 cm d'altura de salt amb sengles cames abans de la intervenció i 12 cm d'altura de salt amb sengles cames després).

Els nostres resultats segueixen la mateixa línia que la investigació de McElveen, Riemann i Davies (2010), que compara salts verticals amb una cama i conclou que no hi ha diferències significatives entre la cama dominant i la cama no dominant en l'AS.

Encara que totes les jugadores del nostre estudi han incrementat l'AS unilateral, aquesta millora continua sense ser significativa. Això pot ser pel fet que el nostre programa d'intervenció no incloïa cap exercici en què es poguera millorar la força dels membres inferiors. La petita millora pot ser atribuïda a una millor transmissió de forces a causa de l'entrenament del core.

Rendiment en el salt del DJ

Els nostres resultats indiquen que la nostra intervenció del core no ha suposat canvis significatius en l'AS dins del GEC (18 cm abans de la intervenció i 22 cm després).

Aquests resultats difereixen d'estudis similars com el d'Ayfon (2014), en què es va concloure que l'entrenament del core, junt amb el mateix entrenament del futbol, millora el salt vertical, o com un altre estudi molt semblant, dut a terme per Taskin (2016), que conclou que l'entrenament del core té efecte sobre múltiples variables del rendiment, entre altres l'altura del salt.

Aquestes diferències poden ser degudes principalment al fet que, en els dos estudis, els grups experimentals fan exercicis com esquats, camallades i diferents tipus de salts. Exercicis que, com hem explicat anteriorment, no tindrien cabuda en una proposta específica d'entrenament del core perquè la major producció de forces prové dels membres inferiors i no de la zona mitjana.

Hem trobat gran quantitat d'estudis que afirmen que l'entrenament del core prevé riscos lesionals i millora el rendiment, però en aquests estudis trobem programes

d'entrenament en els quals es dona poca importància al core i, a més, es duen a terme exercicis que involucren les cames.

Caldria fer investigacions per a analitzar els efectes de l'entrenament del core sobre els riscos de lesió i millor rendiment, en què l'entrenament d'intervenció estiga basat únicament en exercicis específics del core, com ara les planxes frontals, laterals, exercicis de antiextensió, antirotació, etc.

Cal destacar que, encara que no hàgem trobat millores significatives en cap de les variables, tampoc hem trobat cap empitjorament significatiu. Això vol dir que l'entrenament proposat en la nostra investigació no provoca cap efecte negatiu sobre les variables estudiades.

També és important dir que, encara que no en tinguem evidència, les nostres jugadores hauran millorat en valors de força i estabilitat en la zona mitjana després de 8 setmanes d'entrenament. Que no s'haja mesurat, no significa que no hi haja una possible millora.

7. Conclusions

Al contrari del que s'havia plantejat inicialment en la hipòtesi principal, l'execució d'un entrenament específic del core en un equip d'handbol femení no redueix significativament alguns riscos de lesió del LEA i, per aquesta raó, no és una mesura de prevenció d'aquesta lesió. És a dir, la hipòtesi s'ha desmentit una vegada hem realitzat tot el treball.

No s'ha complert l'objectiu principal, que era comprovar si l'aplicació d'un entrenament específic del core en jugadores d'handbol femení redueix alguns dels factors de risc de trencament del LEA.

Respecte als objectius específics:

1- L'FM, l'FG i la DFT no han variat positivament ni negativament després de l'aplicació de l'entrenament de força del core, és a dir, no hi ha hagut canvis significatius en aquestes variables.

2- No hi ha hagut canvis significatius en el VDG, per tant el risc de lesió no disminueix, però tampoc augmenta.

3- Les jugadores no presentaven asimetries abans de la intervenció respecte a la força entre les dues cames. Tampoc s'han observat asimetries en el VDG entre la cama no dominant i la dominant després de la intervenció.

4- L'entrenament de força del core no influeix en la variable de rendiment, ja que les jugadores que han realitzat aquest entrenament no han empitjorat ni millorat l'AS amb les dues cames, amb la dreta i amb l'esquerra.

5- Ni el GEC ni el GC ha obtingut diferències significatives en cap de les variables estudiades.

Amb aquestes conclusions podem afirmar que un entrenament exclusiu i específic del core és insuficient per a reduir els riscos de lesions de LEA. Sí que es podrien implantar els nostres exercicis en qualsevol programa de prevenció més complet, en què tinguin cabuda exercicis de força dels membres inferiors, pliometria o propiocepció.

Com a proposta de futur podem estudiar si l'entrenament del core influeix en altres factors de risc de lesió de membres superiors com les lesions del complex articular del muscle.

8. Limitacions

Entre les limitacions més importants de l'estudi trobem que la utilització d'una plataforma de forces ens hauria aportat una gran quantitat de dades d'una enorme

precisió relacionades amb un dels principals objectius de l'estudi: el rendiment del salt. A més, hauria estat interessant prolongar en el temps la intervenció, és a dir, augmentar els entrenaments al llarg de les setmanes, amb la finalitat de determinar una possible millora significativa en els resultats.

D'altra banda, una forma interessant de mesurar la millora del treball de força del core en les jugadores hauria estat mitjançant la utilització d'electromiografia de superfície. Una proposta de millora en la realització d'estudis similars a aquest podria ser mitjançant l'ús d'aquesta eina sobre la musculatura implicada per tal d'adequar les càrregues de cada exercici d'una manera individualitzada per a cada jugadora.

9. Referències

- Blasimann, A., Eberle, S., & Scuderi, M. M. (2018). [Effect of Core Muscle Strengthening Exercises (Including Plank and Side Plank) on Injury Rate in Male Adult Soccer Players: A Systematic Review]. *Sportverletzung Sportschaden: Organ Der Gesellschaft Fur Orthopadisch-Traumatologische Sportmedizin*, 32(1), 35-46. <https://doi.org/10.1055/a-0575-2324>
- Barber-Westin, S. D., Noyes, F. R., & Galloway, M. (2006). Jump-Land Characteristics and Muscle Strength Development in Young Athletes: A Gender Comparison of 1140 Athletes 9 to 17 Years of Age. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(3), 375–384. <https://doi.org/10.1177/0363546505281242>.
- Besier, T. F., Lloyd, D. G., Cochrane, J. L., & Ackland, T. R. (2001). External loading of the knee joint during running and cutting maneuvers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(7), 1168-1175.
- Boyle, M. (2016). *New functional training for sports*. Human Kinetics.

- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 50(2), 273-282.
 - Brown, T. N., Palmieri-Smith, R. M., & McLean, S. G. (2014). Comparative adaptations of lower limb biomechanics during unilateral and bilateral landings after different neuromuscular-based ACL injury prevention protocols. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(10), 2859-2871.
 - Ekstrand, J. (2016). Preventing injuries in professional football: thinking bigger and working together.
 - Rafnsson, E. T., Valdimarsson, Ö, Sveinsson, T., & Arnason, A. (2017). Injury Pattern in Icelandic Elite Male Handball Players. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*.
 - Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2007). Reliability of landing 3D motion analysis: implications for longitudinal analyses. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(11), 2021-2028.
 - Griffin, L. Y., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Bahr, R., Beynon, B. D., DeMaio, M. & Hewett, T. E. (2006). Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *The American journal of sports medicine*, 34(9), 1512-1532.
 - Hewett, T. E., Ford, K. R., Hoogenboom, B. J., & Myer, G. D. (2010). Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 5(4), 234.
- IHF2004; www.ihf.inf.

- Junge, A., Langevoort, G., Pipe, A., Peytavin, A., Wong, F., Mountjoy, M., ... & Dvorak, J. (2006). Injuries in team sport tournaments during the 2004 Olympic Games. *The American journal of sports medicine*, 34(4), 565-576.
- Khowailed, I. A., Petrofsky, J., Lohman, E., Daher, N., & Mohamed, O. (2015). 17 β -estradiol induced effects on anterior cruciate ligament laxness and neuromuscular activation patterns in female runners. *Journal of Women's Health*, 24(8), 670-680.
- Leppänen, M., Pasanen, K., Krosshaug, T., Kannus, P., Vasankari, T., Kujala, U. M., ... & Parkkari, J. (2017). Sagittal plane hip, knee, and ankle biomechanics and the risk of anterior cruciate ligament injury: a prospective study. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 5(12), 2325967117745487.
- Leppänen, M., Pasanen, K., Kujala, U. M., Vasankari, T., Kannus, P., Äyrämö, S., ... & Parkkari, J. (2017). Stiff landings are associated with increased ACL injury risk in young female basketball and floorball players. *The American journal of sports medicine*, 45(2), 386-393.
- Malloy, P., Morgan, A., Meinerz, C., Geiser, C., & Kipp, K. (2015). The association of dorsiflexion flexibility on knee kinematics and kinetics during a drop vertical jump in healthy female athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(12), 3550-3555.
- McClay, D. I., & Ireland, M. L. (2001). ACL research retreat: the gender bias. April 6-7, 2001. Meeting report and abstracts. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 16(10), 937.
- McElveen, M. T., Riemann, B. L., & Davies, G. J. (2010). Bilateral comparison of propulsion mechanics during single-leg vertical jumping. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(2), 375–381.

- Meeuwisse, W. H. (1994). Assessing causation in sport injury: a multifactorial model.
- Mónaco, M., Rincón, J. A. G., Ronsano, J. B. M., Til, L., Drobnic, F., Vilardaga, J. N., & Rodas, G. (2014). Epidemiología lesional del balonmano de élite: estudio retrospectivo en equipos profesional y formativo de un mismo club. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 49(181), 11-19.
- Myklebust, G., Engebretsen, L., Brækken, I. H., Skjølberg, 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. *Clinical journal of sport medicine*, 13(2), 71-78.
- 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. *The American journal of sports medicine*, 33(2), 197-207.
- Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *The American journal of sports medicine*, 32(4), 1002-1012.
- Panesso, M. C., Trillos, M. C., & Tolosa Guzmán, I. (2009). *Biomecánica clínica de la rodilla*. Editorial Universidad del Rosario.
- Parkkari, J., Kujala, U. M., & Kannus, P. (2001). Is it possible to prevent sports injuries? *Sports medicine*, 31(14), 985-995.
- Petersen, W., Braun, C., Bock, W., Schmidt, K., Weimann, A., Drescher, W., ... & Zantop, T. (2005). A controlled prospective case control study of a prevention

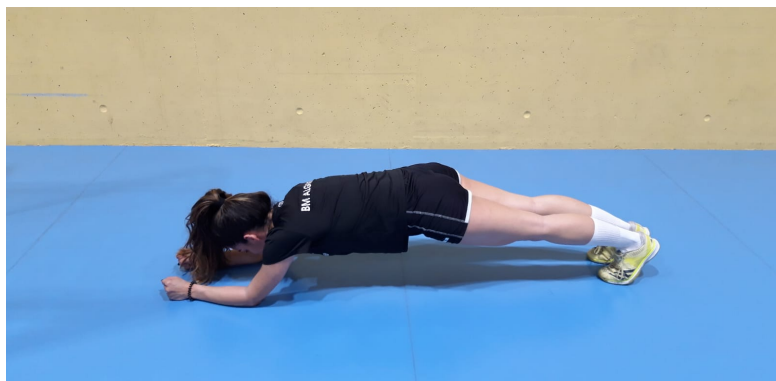
training program in female team handball players: the German experience. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 125(9), 614.

- Peterson, L., Junge, A., Chomiak, J., Graf-Baumann, T., & Dvorak, J. (2000). Incidence of football injuries and complaints in different age groups and skill-level groups. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(5_suppl), 51-57.
- Pfile, K. R., Hart, J. M., Herman, D. C., Hertel, J., Kerrigan, D. C., & Ingersoll, C. D. (2013). Different exercise training interventions and drop-landing biomechanics in high school female athletes. *Journal of Athletic Training*, 48(4), 450-462. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.4.06>.
- Rekek, R. N., Tabben, M., Eirale, C., Landreau, P., Bouras, R., Wilson, M. G., ... & Chamari, K. (2018). ACL injury incidence, severity and patterns in professional male soccer players in a Middle Eastern league. *BMJ open sport & exercise medicine*, 4(1), e000461.
- Sanchis, V., & Gomar Sancho, F. (1992). Anatomía descriptiva y funcional del ligamento cruzado anterior: implicaciones clínico-quirúrgicas.
- Seil, R., Rupp, S., Tempelhof, S., & Kohn, D. (1998). Sports injuries in team handball. *The American journal of sports medicine*, 26(5), 681-687.
- Shultz, S. J., Nguyen, A. D., & Schmitz, R. J. (2008). Differences in lower extremity anatomical and postural characteristics in males and females between maturation groups. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 38(3), 137-149.
- Shultz, S. J., Sander, T. C., Kirk, S. E., & Perrin, D. H. (2005). Sex differences in knee joint laxity change across the female menstrual cycle. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 45(4), 594.

- Silvers, H. J., & Mandelbaum, B. R. (2007). Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete. *British journal of sports medicine*, 41(suppl 1), i52-i59.
- Van Mechelen, W., Hlobil, H., & Kemper, H. C. (1992). Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. *Sports medicine*, 14(2), 82-99.
- Vera-García, F. J., Barbado, D., Moreno-Pérez, V., Hernández-Sánchez, S., Juan-Recio, C., & Elvira, J. L. L. (2015). Core stability: concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones. *Revista andaluza de medicina del deporte*, 8(2), 79-85.
- Wedderkopp, N., Kalltoft, M., Lundgaard, B., Rosendahl, M., & Froberg, K. (1997). Injuries in young female players in European team handball. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 7(6), 342-347.
- Zahinos, J. I., González, C., & Salinero, J. (2010). Estudio epidemiológico de las lesiones, los procesos de readaptación y prevención de la lesión de ligamento cruzado anterior en el fútbol profesional. *Journal of Sport and Health Research*, 2(2), 139-150.
- Zazulak, B., Cholewicki, J., & Reeves, P. N. (2008). Neuromuscular control of trunk stability: clinical implications for sports injury prevention. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 16(8), 497-505.

10. ANNEXOS

Annex I: Exercicis de força del core



Il·lustració 5. Planxa frontal



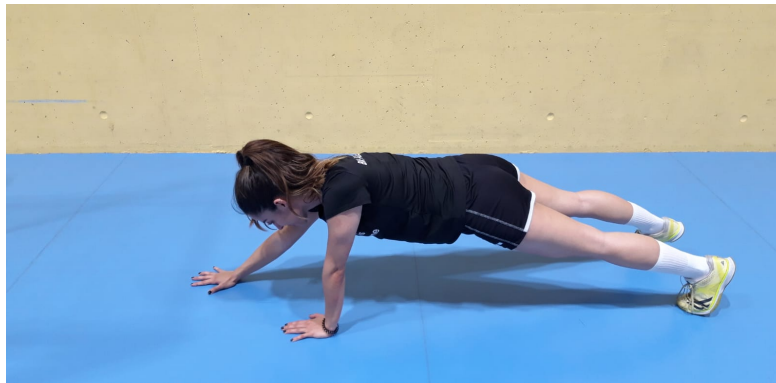
Il·lustració 6. Planxa estirant el braç



Il·lustració 7. Planxa lateral



Il·lustració 8. *Clam-shell* estirat



Il·lustració 9. Relotge en planxa



Il·lustració 10. Planxa lateral + rem amb goma



Il·lustració 11. *Ab wheel*



Il·lustració 12. *Llenyater*



Il·lustració 13. *Press pallof isomètric*



Il·lustració 14. Abduccions amb goma de peu



Il·lustració 15. Gateig



Il·lustració 16. Llenyater semiagenollat en línia