

PROGRAMES DE PREVENCIÓ EN LA RUPTURA DEL LLIGAMENT CREUAT ANTERIOR EN FUTBOLISTES FEMENINES: Una revisió sistemàtica

Treball Fi de Grau Fisioteràpia

Tecnocampus Mataró

Grau de Fisioteràpia

Alumne: Christian Rivero Gallego

Directora: Eulàlia Bassas i Bullich

Tecnocampus Mataró, 15 de maig de 2023

ÍNDEX DE CONTINGUTS

ÍNDEX DE TAULES I FIGURES.....	3
GLOSSARI.....	4
RESUM.....	5
ABSTRACT.....	6
INTRODUCCIÓ.....	7
JUSTIFICACIÓ.....	12
OBJECTIUS.....	14
METODOLOGIA.....	15
RESULTATS.....	18
DISCUSSIÓ.....	25
CONCLUSIONS.....	28
IMPLICACIÓ A LA PRÀCTICA PROFESSIONAL I LÍNIES DE FUTUR.....	29
REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....	30
ANNEXES.....	35

ÍNDIX DE TAULES I FIGURES

Taula 1: Resultats recerca bibliogràfica	16
Taula 2: Descripció característiques dels articles inclosos	19
Taula 3: Resultats valoració metodològica	22
Figura 1: Diagrama de Flux.....	18

GLOSSARI

LCA: Lligament Creuat Anterior

EUA: Estats Units d'Amèrica

RI: Recte Intern

ST: Semitendinòs

OTO: Os-Tendó-Os

EEII: Extremitat Inferior

PEDro: Physiotherapy Evidence Database

FATP: Frappier Acceleration Training Program

KLIPP: Knee Ligament Injury Prevent Program

PEP: Prevent Injury and Enhance Performance Program

HPTP: HarmoKnee Preventive Training Program

BBT: Balance Board Training

RESUM

Introducció: La lesió del lligament creuat anterior és una de les lesions més freqüents dins del món de l'esport i té un impacte significatiu tant en la funcionalitat com en el rendiment de l'articulació del genoll. Aquest tipus de lesió és més habitual en esports on es realitzin canvis de direcció principalment com és el futbol. Al futbol femení existeix un major risc de lesió del LCA per la suma de diferents factors intrínsecs i endògens del gènere femení en comparació del masculí.

Objectiu: L'objectiu d'aquesta revisió sistemàtica és identificar les característiques dels programes de prevenció que siguin més eficients en la disminució del risc de patir una ruptura del lligament creuat anterior en futbolistes femenines.

Mètodes: Es va dur a terme una revisió bibliogràfica publicada en les bases de dades Pubmed, ScienceDirect i PEDro a través dels termes: "*Anterior Cruciate Ligament*", "*Prevent*" i "*Sports*". S'han inclòs articles que incloguin programes de prevenció del lligament creuat anterior, des de l'any 1999 fins al present any 2023. L'escala per avaluar la qualitat metodològica utilitzada ha sigut PEDro.

Resultats: Es van enregistrar 11 articles que van mostrar una disminució del percentatge lesional a través de l'aplicació de diferents programes preventius caracteritzats amb modalitats d'exercicis com la pliometria, el treball de força o l'agilitat amb una mitjana de reducció del 56,66% en el grup d'intervenció.

Conclusions: Realitzar programes preventius disminueix el risc de patir una ruptura del lligament creuat anterior.

Paraules Clau: Lligament Creuat Anterior, Prevenció i Esports

ABSTRACT

Introduction: Anterior cruciate ligament injury is one of the most common injuries in the world of sports and has a significant impact on both the functionality and performance of the knee joint. This type of injury is more common in sports where directional changes are made mainly in soccer. In women's soccer there is a greater risk of ACL injury due to the sum of different factors intrinsic and endogenous to the female gender compared to the male gender.

Objective: The objective of this systematic review is to identify the characteristics of the prevention programs that are most effective in reducing the risk of ACL rupture in female soccer players.

Methods: A literature review published in the Pubmed and ScienceDirect databases was carried out using the terms: "Anterior Cruciate Ligament", "Prevent" and "Sports". We have included articles that include programs for the prevention of anterior cruciate ligament, from 1999 to the present year 2023. The scale used to evaluate the methodological quality was PEDro.

Results: 11 articles were registered showing a decrease in the injury rate through the application of different preventive programs characterized by exercise modalities such as plyometrics, strength training or agility with an average reduction of 56.66% in the intervention group.

Conclusions: Carrying out preventive programs reduces the risk of suffering a rupture of the anterior cruciate ligament.

Key words: Anterior Cruciate Ligament, Prevention and Sports

INTRODUCCIÓ

Anatomia

El lligament creuat anterior (LCA) és una estructura intraarticular i extrasinovial que es situa en l'escotadura intercondílica del genoll. S'origina en la regió anteromedial del replà tibial i s'insereix a la porció medial del còndil femoral lateral. El LCA està format per una gran quantitat de fascicles de forma regular i orientats de forma helicoidal en tota la seva longitud. Cada fibra té el seu propi origen i inserció, no es col·loquen de forma paral·lela, no tenen la mateixa longitud ni tampoc estan sotmeses al mateix grau de tensió al llarg de tot el moviment de flexo-extensió realitzat per les articulacions femorotibial i femoropatellar (39).

Diversos autors han descrit l'existència de diferents grups de fibres en funció d'on es localitzen en la inserció tibial. L'any 1968, Lam va descriure dos fascicles que va denominar com a anteromedial i posterolateral. Anys més tard Girgis, Marshall i Monajem (51) van recolzar aquesta descripció prèviament realitzada i van afegir que el fascicle anteromedial és el fascicle secundari i fins i tot mentre que el fascicle posterolateral actuava com a fascicle principal (40). En la dècada dels vuitanta, Norwood i Cross (4) com també Dawkins i Amis (3), descriuen un tercer fascicle que denominen com l'intermedi entre el fascicle anteromedial i posterolateral (4)(3). No sempre es poden diferenciar dos fascicles des d'un punt de vista anatòmic però sí des d'un punt de vista funcional (39). La longitud conjunta del lligament es troba en una mitjana de 31 mm, un gruix de 5 mm i una amplada de 10 mm (5).

El LCA té molt poca capacitat de vascularització i aquesta depèn fonamentalment de l'artèria geniculada mitja, aquest fet provoca que el lligament tingui una capacitat de cicatrització limitada un cop es produeix una lesió o la posterior cirurgia de reconstrucció o reparació. En l'àmbit nerviós, la innervació es proporciona per ramificacions del nervi tibial (7).

Biomecànica

El LCA és un element vital en l'estabilització de l'articulació del genoll. Té la funció d'estabilitzar la translació anterior a nivell tibial, però també participa en la resistència a la rotació interna i evitar moviments excessius. De manera més secundària restringeix la rotació externa i l'angulació varo-valg (1).

El moviment de flexió de genoll és un moviment mixt: implica el rodament i el lliscament anteroposterior de la tibia sobre el fèmur, amb una relació de moviment normal d'1:2 a l'inici de la

flexió arribant a 1:4 amb graus de flexió completa (2). En un rang passiu normal la flexió pot arribar als 130-140° i una hiperextensió d'entre 5-10° sobre el pla sagital (38). En el pla frontal la rotació interna i externa pot arribar als 70° en rangs passius i actius (41).

Mecanisme lesional

Les lesions del LCA són freqüents i comunes en una gran quantitat d'esports. A nivell femení, les taxes lesionals varien en funció de l'esport practicat i aquesta taxa es pot mesurar a través del nombre de lesions produïdes per cada 1.000 hores d'exposició de joc. Al voleibol es situa al 0,11, al bàsquet a 0,47, mentre que al futbol s'incrementa exponencialment fins arribar a un rang entre les 2,5 i 7,6 lesions produïdes per cada 1.000 hores d'exposició de joc (36) (44).

El mecanisme de lesió del LCA més comú es produeix sense contacte amb cap altre jugador o objecte i té un origen etiològic multifactorial. Aproximadament el 70% de les lesions són degudes a mecanismes sense contacte i dins d'aquest percentatge, la rotació interna de tibia suposa entre el 70-80% del total d'aquest tipus de mecanisme lesional (45).

Les lesions sense contacte es poden produir en situacions habituals de joc, situacions en les quals es genera un canvi de direcció combina amb una desacceleració brusca, l'aterratge a conseqüència d'un salt previ amb l'extensió completa o gairebé completa del genoll i també el pivotatge amb el genoll proper als màxims graus d'extensió. Aquestes situacions que demanda el joc impliquen moviments de rotació tant interna com externa, valg de genoll com també una força de translació cap anterior de la tibia (37).

Durant els gestos tècnics propis del futbol, la musculatura de l'extremitat inferior no absorbeix correctament les forces de reacció contra el terra a causa de la sol·licitació a nivell lligamentós i l'excessiva tensió que es genera en els diferents lligaments del genoll i més concretament i amb especial èmfasi al LCA. Aquesta sol·licitació dels lligaments tendeix a produir grans moments de valg i un angle excessiu de valg en l'articulació del genoll.

Les lesions que es produeixen amb contacte amb una altre jugadora o objecte són les menys comunes i suposen entre al voltant d'un 30% de les lesions totals en ambdós tipus de mecanismes. Aquesta situació es produeix principalment en accions anomenades *tackles*. Aquesta acció es pot realitzar de forma lateral, provocant una rotació interna excessiva de genoll, com també des de una posició posterior generant una hiperextensió del propi genoll (46).

Factors de risc

Es poden distingir dos tipus de factors de risc segons el seu origen: Intrínsec i extrínsec. Els factors intrínsecs són aquells que es relacionen amb l'estat funcional i de salut del propi individu com poden ser les comorbiditats, incapacitat a nivell funcional o alteracions de l'equilibri i/o mobilitat. Pel que fa a els extrínsecs, son aquells factors que son aliens a l'individu com la meteorologia, material utilitzat o superfície del terreny de joc (18).

Els **factors intrínsecs** que poden arribar a provocar una ruptura del LCA són:

- ❖ L'existència d'una major laxitud lligamentosa. Aquesta s'associa a un increment del risc de lesió del LCA, tenint les dones més predisposició que els homes (9).
- ❖ L'angle Q consisteix en una línia imaginària que es traça des de l'espina ilíaca anterosuperior al centre de la ròtula i una segona línia que va des del centre de la ròtula fins a la tuberositat tibial anterior. L'angle Q en les dones augmenta entre 3.4° i 4,9° respecte als homes (9).
- ❖ Les dones per norma general tenen un LCA més curt, amb una densitat i massa inferior als homes, el risc de ruptura del lligament és inversament proporcional a la llargada d'aquest (9).
- ❖ Musculatura:
 - ❖ Les dones tenen un major ràtio de reclutament de fibres musculars del quàdriceps en comparació als isquiotibials (43).
 - ❖ Menor força i més rigidesa tant de quàdriceps com isquiotibials fet que provoca una major rigidesa a nivell articular (43).
- ❖ Propiocepció: Les dones presenten una menor capacitat propioceptiva en comparació amb els homes (43).
- ❖ Alineació articular: La pronació de l'articulació subastragalina i la rotació interna a nivell tibial de genoll poden causar un augment de la rotació interna de genoll i generar una angulació de valg que poden resultar en un trencament del LCA (13).

Per finalitzar els factors intrínsecs, cal ressaltar un factor important i inherent al gènere femení com és el factor hormonal. Existeix una creixent evidència que relaciona la influència hormonal sobre la incidència en les ruptures del lligament creuat anterior sense contacte. La seva explicació es fonamenta en les fluctuacions, variacions i canvis fisiològics que es produeixen durant les diferents fases del cicle menstrual. La deficiència de receptors d'estrògens i baixos nivells de progesterona durant la fase fol·licular o preovulatòria provoquen un efecte negatiu en la síntesi de col·lagen que

produeixen un descens de la flexibilitat i elasticitat de les estructures lligamentoses (8) (34)

Pel que fa als **factors extrínsecs**:

El tipus de gespa en el que es practica futbol pot arribar a influir negativament en el risc de patir una ruptura del LCA. Les futbolistes que juguen en superfícies de gespa artificial tenen un major risc de ruptura en comparació a quan ho fan en gespa natural, així mateix aquesta diferència no succeeix en futbolistes masculins (6).

A la gespa s'ha d'afegir el factor meteorològic. Un temps sec provoca que augmenti el coeficient de fricció i la resistència a la torsió, fet que genera més nombre de lesions. La fricció entre la superfície de joc i el calçat utilitzat és major quan les temperatures són elevades i disminueix quan el clima és humit (10).

Portar més quantitat de tacs i que aquest siguin d'una alçada considerable alt en proporció al calçat s'associa també a un augment del risc de lesió del LCA (11).

Intervencions

El tractament quirúrgic és una de les opcions més recomanades i més si la ruptura del LCA té associada una inestabilitat de l'articulació del genoll (14). Un altre factor a tenir en compte per optar per aquest tipus d'intervenció és l'edat, en pacients adults i joves actius l'opció d'una cirurgia reparadora té uns bons percentatges d'èxit. Les opcions de fracàs estan situades entre el 3 i 24%, el 82% dels pacients són capaços de tornar al seu nivell d'activitat previ a la lesió i pel que fa a l'alt rendiment el tant per cent baixa fins al 72% (19).

El moment per realitzar la intervenció quirúrgica és important, ja que, factors com la inflamació, edema ossi o el rang complet d'extensió poden arribar a influir de manera negativa en els resultats de l'operació. Es recomana dur a terme la cirurgia després de les primeres setmanes per tal de millorar els factors abans esmentats, però tampoc és recomanable allargar en el temps la reconstrucció per evitar possibles danys pel que fa teixits cartilaginosisos com també a altres estructures més fibrocartilaginosisos com els meniscs (16).

Quirúrgicament s'opta per dos principals tipus d'intervencions per reconstruir i/o reparar el LCA. La primera es basa en autoempelts del mateix pacient que provenen del mateix genoll intervingut i que per norma general tenen un major grau d'acceptació per la seva alta biocompatibilitat. El més

utilitzat és la plàstia, coneguda com a os-tendó-os (OTO) que consisteix en l'ús del terç mitjà del tendó rotular i fragments ossis del pol inferior de la ròtula com també de la tuberositat tibial anterior. Així mateix, fer servir tendons que s'insereixen a la pota d'ànec com semimembranós i recte intern és un altre tipus d'intervenció possible i es coneix com a ST-RI (17).

La segona intervenció es caracteritza per un tipus de tècnica que consisteix en plàsties provinents d'un donant, en un gran percentatge un donant mort, i que empren els mateixos tendons que la tècnica OTO afegint altres punts com tibial anterior i posterior, peroneals i tendó d'Aquil·les en alguns casos (17). Si es té en compte la diferència de resultats entre els diferents tipus d'intervencions, la tècnica OTO ha demostrat una taxa de fracàs inferior (17).

JUSTIFICACIÓ

Les dones cada cop tenen més presència en multitud de disciplines esportives, en els darrers anys s'ha incrementat tant de forma professional com amateur i cada cop a edats més primerenques (24).

El futbol femení és una gran mostra d'aquest auge i cada cop creix més a nivell global. En els darrers deu anys el nombre de llicències federatives de jugadores de futbol s'ha incrementat un 250% a Suïssa, un 210% als Estats Units d'Amèrica i un 160% a Alemanya (42).

En l'àmbit estatal la quantitat de llicències federatives de futbol a nivell femení ha augmentat un 209% en l'última dècada segons l'històric de llicències del Consejo Superior de Deportes passant de 25.065 (2009) a 77.461 (2020).

Les lesions del LCA suposen el 50% de les lesions lligamentoses pel que fa a l'articulació del genoll i el 75% de les lesions es produeixen durant la pràctica esportiva en ambdós sexes (20).

A escala general les dones que practiquen esport són entre dos i deu vegades més propenses a patir una lesió del LCA que les que no ho practiquen. Parlant de futbol, les futbolistes tenen una ràtio de lesió de 2,67% respecte als homes. Aquesta dada s'incrementa fins al 5% durant l'etapa de la pubertat mentre que en els homes el percentatge es limita a l'1,7% (11).

Per posar en context l'augment de la quantitat de lesions que es produeixen, durant l'any 2022 el nombre de lesions de LCA en la primera divisió femenina espanyola es va elevar a les 19 jugadores, situant una incidència del 5% respecte al total de jugadores (22). En les sis grans lligues en l'àmbit mundial (Espanya, Alemanya, França, Anglaterra, Itàlia i EUA), el total de jugadores que han patit una ruptura del LCA es va incrementar a 57 jugadores (21). De les últimes vint nominades a la pilota d'or femenina, cinc es troben en diferents fases de rehabilitació d'una lesió de LCA (23).

Davant totes aquestes dades negatives, sorgeix la pregunta de com pal·liar aquesta problemàtica. Els programes específics en la prevenció per la ruptura del LCA poden ser una solució completament vàlida. En els darrers anys diversos autors han proposat i portat a la pràctica diferents programes per tractar de reduir la incidència i el percentatge de jugadores que pateixen aquest tipus de lesió. Programes que inclouen diversos tipus d'exercicis com la propiocepció, entrenament de la força de caràcter general com també treball de la musculatura de la paret abdominal durant 20 minuts en la fase d'escalfament de cadascuna de les sessions realitzades ajuden a reduir el percentatge de lesions del LCA a més del 50% (29). També altres programes més enfocats en l'entrenament de la

pliometria per recrear aquelles accions pròpies del futbol d'aterratge que es poden traduir en lesió (37), han demostrat la seva eficàcia com a mètode preventiu reduint el percentatge gairebé al 70% (32).

OBJECTIUS

Objectiu General:

1. Identificar les característiques dels programes de prevenció que siguin més eficients en la disminució del risc de patir una ruptura del lligament creuat anterior en futbolistes femenines.

Objectius Específics:

1. Identificar quins tipus d'exercicis tenen una funció preventiva més efectiva per reduir el risc de ruptura del lligament creuat anterior en futbolistes femenines.
2. Determinar l'efectivitat de programes preventius específics per la ruptura del lligament creuat anterior en futbolistes femenines.

METODOLOGIA

Pregunta d'interès

Quins programes prevenen amb major eficàcia les lesions del lligament creuat anterior en jugadores de futbol femení?

Criteris d'inclusió i exclusió

Criteris d'inclusió

- Dones futbolistes sense cap antecedent de ruptura del LCA prèvia
- Dones esportistes entre els 12 i 40 anys
- Dones esportistes amb o sense lesions prèvies a l'articulació del genoll
- Dones esportistes sense cap altre lesió en el moment de l'estudi
- Dones futbolistes tant a nivell formatiu, amateur com a professional
- Estudis que incloguin la valoració de l'efectivitat de programes i/o exercicis de prevenció a través del nombre de lesions
- Estudis mixtes comparant diferents sexes
- En llengua anglesa o castellana

Criteris d'exclusió

- Jugadores de futbol amb patologies degeneratives, ruptures del lligament col·lateral medial i medial, tendinopaties del lligament rotular o de la pota d'ànec, de luxació de ròtula o qualsevol classe de trencament muscularment de l'EEL
- Jugadores en procés de rehabilitació de qualsevol lesió
- Estudis en els quals no es puguin diferenciar els resultats en funció de l'esport practicat per les participants
- Estudis sense el text complet
- Estudis en els quals es tractin ruptures del lligament creuat anterior pre i post quirúrgiques

Fonts d'informació y recerca

Taula 1: Resultats recerca bibliogràfica

Base de dades	<i>Pubmed , ScienceDirect i PEDro</i>
Paraules Clau	<i>“ACL” , “Prevent” i “Sport”</i>
Filtres	
Tipus d'article	Revisió Sistemàtica i Metaanàlisis
Data publicació	1999-2023
Equació de la recerca	
Pubmed	
<p>((“anterior cruciate ligament”[MeSH Terms] OR (“anterior”[All Fields] AND “cruciate”[All Fields] AND “ligament”[All Fields]) OR “anterior cruciate ligament”[All Fields]) AND (“prevent”[All Fields] OR “preventability”[All Fields] OR “preventable”[All Fields] OR “preventative”[All Fields] OR “preventatively”[All Fields] OR “preventatives”[All Fields] OR “prevented”[All Fields] OR “preventing”[All Fields] OR “prevention and control”[MeSH Subheading] OR (“prevention”[All Fields] AND “control”[All Fields]) OR “prevention and control”[All Fields] OR “prevention”[All Fields] OR “prevention s”[All Fields] OR “preventions”[All Fields] OR “preventive”[All Fields] OR “preventively”[All Fields] OR “preventives”[All Fields] OR “prevents”[All Fields]) AND (“sport s”[All Fields] OR “sports”[MeSH Terms] OR “sports”[All Fields] OR “sport”[All Fields] OR “sporting”[All Fields])) AND (meta-analysis[Filter] OR systematicreview[Filter]))</p>	
ScienceDirect	PEDro
<i>ACL (Anterior Cruciate Ligament OR Anterior AND Cruciate) AND Prevent (Program OR Exercise) AND Sport</i>	<i>((“Anterior Cruciate Ligament” OR ACL) AND Prevention) AND Sport)</i>

Valoració metodològica:

Els articles inclosos en la present revisió sistemàtica han sigut sotmesos a un control metodològic de la seva qualitat per així valorar la seva fiabilitat utilitzant els onze diferents criteris en els quals es basa l'escala *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)*.

Descripció de les principals variables

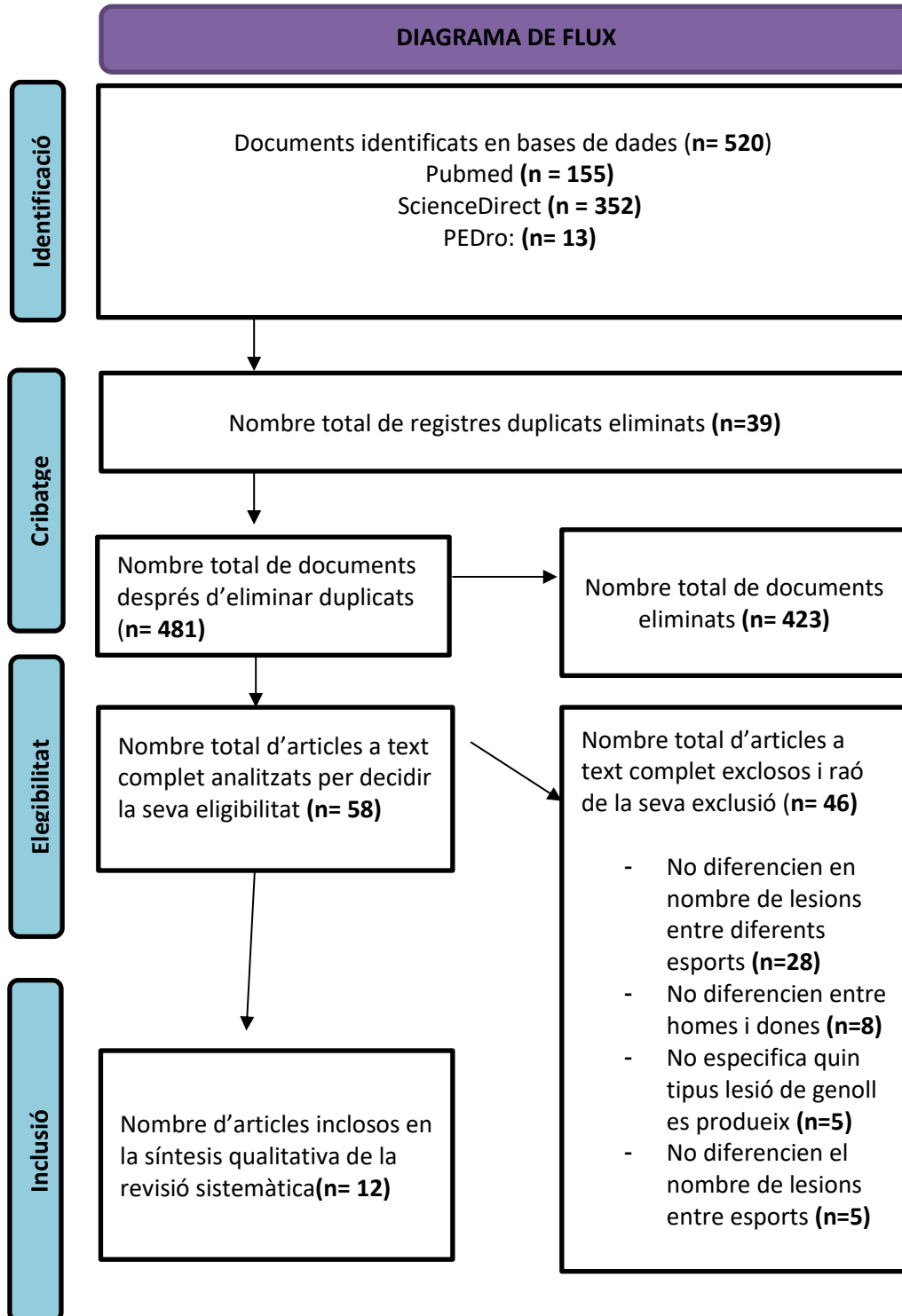
Les principals variables que s'han utilitzat per filtrar la recerca de l'evidència consultada tant en Pubmed, PEDro com ScienceDirect han sigut:

- Any de publicació, entre 1999 i el present any 2023
- Futbolistes femenines que practiquin futbol a qualsevol nivell, ja sigui amateur o professional
- Les participants compleixen el programa d'intervenció proposat
- Existència de criteris de valoració com el percentatge de lesionades o nombre de lesions totalstant al grup control com al grup intervenció per poder determinar quina és l'eficàcia dels diferents programes analitzats

RESULTATS

Diagrama de Flux

Figura 1: Diagrama de flux



Descripció característiques dels articles inclosos a la revisió

Taula 2: Descripció característiques dels articles inclosos

1. Hewett et al., 1999 (34)	DE: PNRC	N= 829 GC= 463 GI= 366 N: Institut (EEUU) E: 14-18 anys	D: 4 setmanes F: 3 sessions/ setmana DS: 60-90 min IM: Nº lesions de LCA	P: FATP E: FX + PM + FÇ	% lesions LCA: ↓ 74,88% a favor de GI
2. Heidt et al., 2000 (33)	DE: PCR	N= 300 GC= 258 GI= 42 N: Institut (EEUU) E: 14-18 anys	D: 7 setmanes F: 3 sessions/ setmana DS: 20 min IM: Nº lesions de LCA	P: FATP E: PM + CV + FX	% lesions LCA: ↓ 23,23% a favor de GI
3. Soderman et al., 2000 (32)	DE: PRC	N= 221 GC= 100 GI= 121 N: 2ª i 3ª divisió (SUE) E: 20.45 anys	D: 4 setmanes F: 3 sessions/ setmana DS: 12 minuts IM: Nº lesions de LCA	P: BBT E: PC	% lesions LCA: ↑ 69,7% a favor de GC
4. Mandelbaum et al.,2005 (30)	DE: PNRC	N= 5.703 GC= 3.818 GI= 1.885 N: Institut (EEUU) E: 14-18 anys	D: 12 setmanes F: 3 sessions/setmana DS: 20 minuts IM: Nº lesions de LCA	P: PEP E: PM + FÇ + AG	% lesions LCA: ↓ 82,58% a favor de GI
5. Pfeiffer et al., 2006 (31)	DE: PNRC	N= 433 GC= 244 GI= 189 N: Institut (EEUU) E: 14-18 anys	D: 7 setmanes F: 2 sessions/setmana DS: 20 minuts IM: Nº lesions de LCA	P: KLIPP E: PM + AG	% lesions LCA: ↓ 100% a favor de GI

6. Soligard et al., 2008 (25)	DE: RCT	N= 1.892 GC= 837 GI= 1.055 N: Institut (Noruega) E: 13-17 anys	D: 6 setmanes F: 2 sessions/setmana DS: 20 minuts IM: N° lesions de LCA	P: FIFA 11+ Injury Prevention Program E: FÇ + PC + PM + AG	% lesions LCA: ↓ 47,38% a favor de GI
7. Gilchrist et al., 2008 (35)	DE: PCRC	N= 1.435 GC= 852 GI= 583 N: Institut (EEUU) E: 14-18 anys	D: 12 setmanes F: 3 sessions/setmana DS: 30 minuts IM: N° lesions de LCA	P: PEP E: PM + FÇ + AG	% lesions LCA: ↓ 52,46% a favor de GI
8. Steffen et al., 2008 (28)	DE: PBRC	N= 2.020 GC= 1.073 GI= 947 N: Institut (NOR) E: 13-17 anys	D: 32 setmanes F: 2 sessions/setmana DS: 20 minuts IM: N° lesions de LCA	P: FIFA 11+ Injury Prevention Program E: CORE + FÇ + CN + AG	% lesions LCA: ↓ 11,9% a favor de GI
9. Kiani et al., 2010 (29)	DE: PCNRC	N= 1.506 GC= 777 GI= 729 N: Clubs (SUE) E: 13-19 anys	D: 40 setmanes F: 2 sessions/setmana DS: 20-25 minuts IM: N° lesions de LCA	P: HPTP E: PC + FÇ + CORE	% lesions LCA: ↓ 75,45% a favor de GI
10. LaBella et al., 2011 (27)	DE: RCRC	N= 1.492 GC= 737 GI= 755 N: Institut (EEUU) E: 16,22 anys	D: 6 setmanes F: 3 sessions/setmana DS: 20 minuts IM: N° lesions de LCA	P: FIFA 11+ Injury Prevention Program E: FÇ + PC + PM + AG	% lesions LCA: ↓ 67,9% a favor de GI
11. Waldén et al., 2012 (36)	DE: RCT	N= 4.574 GC= 2.085 GI= 2.479	D: 24 setmanes F: 2 sessions/setmana DS: 15 minuts	P: Knäkontroll Program E: CN + CORE	% lesions LCA: ↓ 58,21% a favor de GI

		N: Clubs (Suècia) E: 12-17 anys	IM: Nº lesions de LCA		
12.Hägglund et al., 2013 (26)	DE: RCT	N: 4.556 GC: 2.085 GI: 2.471 N: Institut (SUE) E: 12-17 anys	D: 31 setmanes F: 2 sessions/ setmana DS: 15 min IM: Nº lesions de LCA	P: Knäk kontroll Program E: CN + CORE	% lesions LCA: ↓ 74,88% a favor de GI

Llegenda: **DE:** Disseny Estudi; **N:** Mostra; **GC:** Grup Control; **GI:** Grup Intervenció; **N:** Nivell; **E:** Edat; **D:** Duració; **F:** Freqüència; **DS:** Duració Sessió; **IM:** Instrument Medició; **P:** Programa; **E:** Exercicis; **CN:** Control Neuromuscular; **PM:** Pliometria; **CV:** Condicionament Vascular; **FX:** Flexibilitat; **FÇ:** Força; **SUE:** Suècia; **NOR:** Noruega; **AG:** Agilitat; **PC:** Propiocepció; **KLIPP:** Knee Ligament Injury Prevent Program; **PEP:** Prevent Injury and Enhance Performance Program; **HPTP:** HarmoKnee Preventive Training Program; **BBT:** Balance Board Training; **FATP:** Frappier Acceleration Training Program; **RCT:** Randomized Controlled Trial; **PNRC:** Prospective Non-Randomized Cohort; **PBRC:** Prospective Block Randomized Controlled; **PCRC:** Prospective Cluster Randomised Controlled; **RCRC:** Randomised Cluster Randomised Controlled; **PCNRC:** Prospective Cluster Non-Randomised cohort.

Resultats de la valoració metodològica: ESCALA PEDro

Taula 3: Resultats valoració metodològica

Escala PEDro	Hewett et al., 1999	Heidt et al., 2000	Soderman et al., 2000	Mandelbaum et al., 2005	Pfeiffer et al., 2006	Steffen et al., 2008	Soligard et al., 2008	Gilchrist et al., 2008	Kiani et al., 2010	LaBella et al., 2011	Waldén et al., 2012	Hägglund et al., 2013
1	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
2	NO	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI
3	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO
4	NO	NO	SI	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI
5	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	SI
6	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	SI
7	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
8	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI
9	SI	SI	NO	NO	NR	SI	NO	SI	NR	SI	SI	NO

10	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
11	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI
Valoració	3	5	4	7	7	7	7	8	4	7	7	7

Llegenda: **NR:** No Referència

Resum general resultats dels articles

De forma general 11 dels 12 articles inclosos en aquesta revisió mostren percentatges positius per la reducció de lesions en el grup d'intervenció respecte al grup control. En el conjunt global dels articles revisats, el percentatge mitjà es tradueix en un 56,66% menys de lesions produïdes en el grup d'intervenció després de realitzar cadascun dels programes respectivament. L'estudi amb la diferència més estreta se situa a l'11,9% (28) mentre que la més amplia s'eleva al 100% amb cap participant lesionada (31).

Pel que fa als programes, dels 6 programes revisats, el que té un percentatge més alt de reducció de lesions es el KLIPP amb un 100%. En segona posició se situa el HarmoKnee Preventive Training Program amb un 75,45%. Seguidament en la tercera i quarta posició amb una diferència molt petita trobem el programa PEP (67,52%) i el programa Knäkontroll (66,54%). Els dos últims programes baixen de la barrera del 50% situant-se al 49,05 el FATP i 42,39 el FIFA 11+ Injury Program.

Respecte a l'estudi que mostra més reducció de lesions en el grup control en comparació amb el grup d'intervenció (32) es donen diferents trets únics i característics. Es l'estudi amb una major mitjana d'edat (20,45 anys), on només realitza un sol exercici com és la propiocepció i també és la intervenció amb menor durada per sessió (12 minuts).

DISCUSSIÓ

En els darrers vint anys, el nombre d'estudis publicats relacionats amb la prevenció de lesions específiques del LCA en esportistes femenines ha incrementat de manera considerable i notòria. La Inclusió de la dona en aquest món de l'esport i la diferència quantitativa a escala lesional respecte els homes són dues de les raons principals (11).

L'objectiu principal d'aquest treball consisteix a identificar l'efectivitat dels programes de prevenció per comprovar si existeix una reducció o no del nombre de casos de ruptura del LCA en futbolistes del gènere femení en les últimes dues dècades de literatura publicada.

En gairebé la totalitat dels estudis inclosos, l'edat dels participants es troba a l'etapa adolescent entre els 12 i 19 anys. Només s'ha introduït una intervenció que tracta amb jugadores semiprofessionals desegona i tercera divisió sueca amb una mitjana d'edat de 20,45 anys (32). Escollir aquesta franja específica d'edat per dur a terme aquest tipus d'intervencions amb caràcter preventiu es deguda a una raó principalment. Intervencions basades principalment en tres elements: Exercicis de pliometria (25,27,30,31,33-35), el treball de la força (25,27-30,34,35) i l'agilitat (25,27,28,30,31,35). La raó de fomentar l'execució de programes d'exercicis, tant específics com general, que evitin lesions i aquest fet pugui repercutir en un futur en les seves carreres sigui de forma amateur o professionalment.

La mostra total d'aquesta intervenció ha sigut de 22.261 participants de països com Suècia, Noruega i els Estats Units. L'estudi amb una major mostra eleva la xifra a les 5.703 futbolistes (30) mentre que la mínima es redueix a 221 (32). Existeix una relació directa entre el nombre total de participants i percentatge de lesions. Per una banda, l'estudi amb més quantitat de participants (30) mostra un dels majors percentatges de diferència a favor del grup intervenció respecte del grup de control amb un 82,58% menys de futbolistes lesionades del LCA. Per l'altra banda ens trobem l'extrem completament oposat, ens trobem amb l'únic estudi (32) inclòs que mostra un tant per cent favorable del grup control respecte a la intervenció amb un 65%.

L'àmbit competitiu en el qual participen les jugadores es porta a la pràctica en la categoria escolar majoritàriament (25-28,30-35), tret de dos que competeixen a un nivell de caire més semiprofessional (29 i 36). Comparant el percentatge en el descens de lesions produïdes en el grup control respecte al d'intervenció ens trobem una mitjana de diferència de 20 punts percentuals favorables a les jugadores semiprofessionals en contraposició a jugadores que juguen en l'àmbit escolar (66,83% - 46,55%).

Pel que fa a la duració total dels estudis inclosos, l'estudi amb major nombre de setmanes arriba a les 40 (29), mentre que la intervenció amb menor nombre de setmanes es redueixen a les 4 (32,34).

Posteriorment per realitzar una valoració qualitativa, s'han dividit els estudis en dos grups: el primer grup trobem els estudis amb una extensió inferior a les 10 setmanes (25,27,31-34), els quals tenen un percentatge de menor lesions total respecte als estudis amb una extensió superior a les 10 setmanes (63,83% els estudis amb una duració inferior a les 10 setmanes mentre que els que superen aquesta xifra es redueix a 59,24%).

En relació amb la freqüència setmanal de les sessions observem pràcticament el mateix percentatge de reducció de lesions tant als estudis que duen a terme 2 sessions (25,26,28,29,31,36) com pels que una sessió més arribant a les 3 durant la setmana (27,30,32-35) (61,30 - 61,77).

La gran majoria d'intervencions estan plantejades de manera que es puguin portar a cap en el període d'escalfament d'una sessió. Això fa que els programes de prevenció tinguin una durada reduïda respecte del total del qual seria una sessió típica de futbol que acostuma a tenir una duració d'entre 60-90 minuts. En aquesta revisió, les intervencions tenen 5 diferents duracions totals. Seguint un ordre ascendent, la intervenció amb menor duració es redueix als 12 minuts (32), seguidament s'incrementa 3 minuts arribant als 15 (26-36), després ens trobem amb la més utilitzada es la de 20 minuts que succeeix en 7 de les 12 intervencions incloses (25,27-31,33). Finalment, sobrepasant els 20 minuts tenim dues duracions diferents més, 30 minuts (35) i, en últim lloc, la franja entre els 60 i 90 minuts (34).

Dins d'aquesta revisió i dels mateixos estudis, podem observar fins a 7 diferents programes de prevenció. El més portat a la pràctica es el *FIFA 11+ Injury Prevention Program* emprat en 3 intervencions. Seguidament, trobem 3 programes fets servir a dues intervencions respectivament, *FATP* (33,34), *PEP* (30-35) i *Knäkontroll Program* (26,36). Finalment, tant el *HPTP* (29), el *KLIPP* (31), com el *BBT* (32) han sigut tres programes en els quals només s'han aplicat en una sola intervenció.

Com abans s'ha comentat al resum global dels articles, el programes amb major reducció de lesions de LCA són aquells programes on només s'ha realitzat en una intervenció. Els programes *KLIPP* i *HPTP* són els programes on menys lesions respecte al grup control es produeixen percentualment, arribant al 100% (31) i 75,45% (29). Tanmateix, també s'inclou en aquesta revisió

l'únic programa que mostra més nombre de lesions en el grup intervenció (32).

Dins dels programes es duen a terme diferents modalitats d'exercicis. Els més utilitzats en les diferents intervencions són el treball de pliometria (25,27,30,31,33-35) i el treball de força (25,27-30,34,35) repetits en 7 ocasions. Seguidament, apareix el treball d'agilitat portat a la pràctica en 6 intervencions (25,27,28,30,31,35). En tercera posició trobem tant el treball propioceptiu (25,27,29,32) com fer exercicis enfocats al *CORE* (26,28,29,36).

En el referent a la qualitat metodològica, segons els criteris de l'escala PEDro s'han obtingut qualificacions dispars. Tres estudis tenen una valoració inferior a 5 (29, 32,33), un queda just al 5 (33), un grup nombrós comparteix una valoració notable amb una nota de 7 (25-28,30,31,36) i la major nota augmenta un punt més fins a arribar al 8 (35).

CONCLUSIONS

La ruptura del lligament creuat anterior es una de les lesions més greus que una esportista pot arribar a patir, tant pel temps que provoca estar fora dels terrenys de joc com per tot el que comporta el procés de rehabilitació posterior.

Les dones tenen un percentatge més alt de patir-la per múltiples factors. Per una banda, els factors extrínsecs són aquells sobre el que es té poc control, però, per una altra banda, els factors intrínsecs si són el tipus de factors en el que els professionals de la salut podem incidir de manera positiva per tal de reduir el nombre de lesions.

En comparació amb els futbolistes masculins, les dones acostumen a tenir menys força en la musculatura del tren inferior, tenint això present, augmentar la força a nivell muscular de la musculatura de maluc com també de la relacionada amb l'articulació del genoll és vital per tal de reduir el nombre de lesions degudes a aquest factor (47).

Després d'elaborar una anàlisi al detall dels estudis inclosos com també de la literatura existent es pot arribar a una conclusió afirmant que la inclusió de programes de caràcter preventiu impacten de manera positiva en la reducció de les ruptures del LCA en futbolistes femenines.

El programes que inclouen exercicis centrats en la pliometria, treball de la força i propiocepció, programes que tenen una durada d'entre el 15 i 60 minuts, que duguin a terme entre dues i tres sessions setmanals i que aquest es realitzi durant mínim quatre setmanes redueixen de forma quantitativa el percentatge de jugadores que pateixen aquesta greu i aquests han de formar part de qualsevol planificació física independentment del nom del programa.

Des d'una perspectiva global, sorgeix la necessitat de realitzar més estudis amb futbolistes que superin la barrera dels 20 anys, ja que, a nivell musculoesquelètic hi ha certa diferència respecte a les jugadores adolescents. Existeix una diferència clara respecte de les demandes entre el futbol nivell escolar o amateur i el futbol d'alt rendiment, tant en les demandes físiques com a l'exposició superior al risc de lesió (37).

No existeix el consens per tal de definir les bases d'un mateix programa i que aquest es pugui replicar i portar a la pràctica per tal de prevenir una lesió del LCA en jugadores femenines de futbol tant a escala amateur, semiprofessional o professional.

IMPLICACIÓ A LA PRÀCTICA PROFESSIONAL I LÍNIES DE FUTUR

La prevenció de futures lesions es cada vegada més present en el món de la salut en qualsevol àmbit esportiu. El tractament de fisioteràpia pot i ha d'actuar en aquest context a través de conèixer quins són els factors en els quals si pot influir, quines situacions de joc predisposen a què succeeixin aquest tipus de lesions i quines exigències físiques són pròpies de cada esport per tal de planificar programes, exercicis o tractament de fisioteràpia específics tant per l'esport com sobretot l'esportista.

Tenint això present, un dels suggeriments sobre futurs treballs seria analitzar més al detall aquest tipus de lesions a través de les diferents posicions existents dins del futbol amb l'aplicació d'un programade prevenció comprovant quines d'aquestes posicions tenen un percentatge major de lesió unes respecte de les altres. Els factors i exigències físiques abans esmentades són diferents en funció de la posició en la qual es jugui encara que sigui el mateix esport.

Un altre suggeriment aniria més enfocat a realitzar aquest tipus d'intervencions en jugadores ja professionals on tant el nivell competitiu com el risc lesional és major per confirmar si aquests programes tenen una eficàcia semblant als realitzats en jugadores de futbol d'institut o semiprofessional.

La diferència de nivell competitiu no és l'únic factor a tenir en compte. El tipus de superfície on es porta a la pràctica el futbol, com pot ser gespa natural en alt nivell o gespa artificial en nivells més amateurs o de base. No existeix un consens respecte a aquest aspecte, ja que, diferents autors conclouen que existeix una diferència significativa a nivell lesional favorable a la gespa natural respecte a l'artificial, mentre que altres no hi veuen cap relació directa entre el tipus de superfície i el nombre de lesions produïdes (48). Es un element en el qual hi ha controvèrsia entre diferents estudis i per això s'obre una via per poder realitzar investigacions que puguin determinar amb major precisió de quina manera influeix el tipus de gespa en les lesions de LCA.

Per últim, és important tenir en compte i posar en rellevància el paper del factor hormonal en les lesions de LCA. Durant el cicle menstrual les probabilitats de patir una lesió del LCA augmenten en comparació amb aquelles futbolistes que es troben durant aquest cicle de canvis hormonaals (50). Es tracta d'un tema complex degut a la quantitat de canvis fisiològics que es produeixen durant la duració d'aquest període en els organismes de les futbolistes, per això, es necessiten més estudis per poder comprendre millor com influeixen aquests factors en la incidència de lesions de LCA en futbolistes femenines.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

1. Yoo, H., & Marappa-Ganeshan, R. (2022). Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Knee AnteriorCruciate Ligament. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
2. Bonnarens, F. O., & Drez Jr, D. (1987). Clinical examination of the knee for anterior cruciate ligament laxity. En D. W. Jackson & D. Drez (Eds.), *The anterior cruciate deficient knee* (pp. 72-89). St. Louis, MO: Mosby..
3. Amis, A. A., & Dawkins, G. P. C. (1991). Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 73, 260-267.
4. Norwood, L. A., & Cross, M. J. (1979). Anterior cruciate ligament: functional anatomy of its bundles in rotatory instabilities. *American Journal of Sports Medicine*, 7, 23-26.
5. Odenstein, M., & Gillquist, J. (1985). Functional anatomy of the anterior cruciate ligament anda rationale for reconstruction. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 67-A, 257-262..
6. Xiao, M., Lemos, J. L., Hwang, C. E., Sherman, S. L., Safran, M. R., & Abrams, G. D. (2022). Increased Risk of ACL Injury for Female but Not Male Soccer Players on Artificial Turf Versus Natural Grass: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 10(8), 23259671221114353.
7. Ayala Mejías, J., García Estrada, G., & Alcocer Pérez España, L. (2014). Lesiones del ligamento cruzado anterior. *Acta Ortopédica Mexicana*, 28(1), 57-67.
8. Cheung, E. C., Boguszewski, D. V., Joshi, N. B., Wang, D., & McAllister, D. R. (2015). Anatomic factors that may predispose female athletes to anterior cruciate ligament injury. *Current Sports Medicine Reports*, 14(5), 368-372.
9. Acevedo, R. J., Rivera-Vega, A., Miranda, G., & Micheo, W. (2014). Anterior Cruciate LigamentInjury: Identification of Risk Factors and Prevention Strategies. *Current Sports MedicineReports*, 13(3), 186-191.
10. Laible, C., & Sherman, O. (2014). Risk factors and prevention strategies of non-contact anteriorcruciate ligament injuries. *Bulletin of the Hospital for Joint Diseases*, 72(1), 70-75.
11. Sutton, K. M., & Bullock, J. M. (2013). Anterior cruciate ligament rupture: differences betweenmales and females. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 21(1), 41-50.
12. Beckett, M. E., Massie, D. L., Bowers, K. D., & Stoll, D. A. (1992). Incidence of Hyperpronation in the ACL Injured Knee: A Clinical Perspective. *Journal of Athletic Training*, 27(1), 58–62. doi: 10.5555/jat27-1-58

13. Powers, C. M. (2003). The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(11), 639–646. doi: 10.2519/jospt.2003.33.11.639
14. Farshad, M., Gerber, C., Meyer, D. C., Schwab, A., Blank, P. R., & Szucs, T. D. (2011). Reconstruction versus conservative treatment after rupture of the anterior cruciate ligament: cost-effectiveness analysis. *BMC Health Services Research*, 11, 317. doi: 10.1186/1472-6963-11-317
15. Torres López, U., & Torrent Pérez, G. (2009). Abordaje del ligamento cruzado anterior. *Canarias Médica y Quirúrgica*, 32-35.
16. Meuffels, D. E., Poldervaart, M. T., Diercks, R. L., Fievez, A. W., Patt, T. W., van Hart, C. P., & Hammacher, E. R. (2012). Guideline on anterior cruciate ligament injury. *Acta Orthopaedica*, 83(4), 379–386. doi: 10.3109/17453674.2012.732626
17. Lin, K. M., Boyle, C., Marom, N., & Marx, R. G. (2020). Graft Selection in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports medicine and arthroscopy review*, 28(2), 41–48. <https://doi.org/10.1097/JSA.0000000000000265>
18. Zaffagnini, S., Grassi, A., Serra, M., & Marcacci, M. (2015). Return to sport after ACL reconstruction: how, when and why? A narrative review of current evidence. *Joints*, 3(1), 25–30.
19. Bogunovic, L., & Matava, M. J. (2013). Operative and nonoperative treatment options for ACL tears in the adult patient: a conceptual review. *The Physician and sportsmedicine*, 41(4), 33–40. <https://doi.org/10.3810/psm.2013.11.2034>
20. Ramos Álvarez, J.J.; López-Silvarrey F.J.; Segovia Martínez, J.C.; Martínez Melen, H.; Legido Arce, J.C. (2008). Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA). Revisión. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 8 (29) pp. 62-92
21. Burhan, A. (2023, January 9). Women's Soccer Stars Open Up About ACL Injuries In UEFA Documentary Series. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/asifburhan/2023/01/09/womens-soccer-stars-open-up-about-acl-injuries-in-uefa-documentary-series/?sh=7574956463af>
22. Griñán, M. (2022, December 28). El parte médico más temido. *AS*. <https://as.com/futbol/femenino/el-parte-medico-mas-temido-n/>
23. Shepard, S. (2022, December 19). Why are there so many ACL injuries in women's football?. *The Athletic*. <https://theathletic.com/4016863/2022/12/19/acl-injuries-womens-football/>

24. Alanis L.M., Zamora P., Cruz A. (2012). Ruptura de ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas. *Ortopedia y Traumatología, Centro Médico ABC*, 57, (2), 93 – 97.
25. Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K., Holme, I., Silvers, H., Bizzini, M., Junge, A., Dvorak, J., Bahr, R., & Andersen, T. E. (2008). Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ (Clinical research ed.)*, 337, a2469. <https://doi.org/10.1136/bmj.a2469>
26. Hägglund, M., Atroshi, I., Wagner, P., & Waldén, M. (2013). Superior compliance with a neuromuscular training programme is associated with fewer ACL injuries and fewer acute knee injuries in female adolescent football players: secondary analysis of an RCT. *British journal of sports medicine*, 47(15), 974–979. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092644>
27. LaBella, C. R., Huxford, M. R., Grissom, J., Kim, K. Y., Peng, J., & Christoffel, K. K. (2011). Effect of neuromuscular warm-up on injuries in female soccer and basketball athletes in urban public high schools: cluster randomized controlled trial. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 165(11), 1033–1040. <https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2011.168>
28. Steffen, K., Myklebust, G., Olsen, O. E., Holme, I., & Bahr, R. (2008). Preventing injuries in female youth football—a cluster-randomized controlled trial. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 18(5), 605–614. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2007.00703.x>
29. Kiani, A., Hellquist, E., Ahlqvist, K., Gedeberg, R., Michaëlsson, K., & Byberg, L. (2010). Prevention of soccer-related knee injuries in teenaged girls. *Archives of internal medicine*, 170(1), 43–49. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.289>
30. Mandelbaum, B. R., Silvers, H. J., Watanabe, D. S., Knarr, J. F., Thomas, S. D., Griffin, L. Y., Kirkendall, D. T., & Garrett, W., Jr (2005). Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *The American journal of sports medicine*, 33(7), 1003–1010. <https://doi.org/10.1177/0363546504272261>
31. Pfeiffer, R. P., Shea, K. G., Roberts, D., Grandstrand, S., & Bond, L. (2006). Lack of effect of a knee ligament injury prevention program on the incidence of noncontact anterior cruciate ligament injury. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 88(8), 1769–1774. <https://doi.org/10.2106/JBJS.E.00616>
32. Söderman, K., Werner, S., Pietilä, T., Engström, B., & Alfredson, H. (2000). Balance board training: prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer

- players? A prospective randomized intervention study. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 8(6), 356–363. <https://doi.org/10.1007/s001670000147>
33. Heidt, R. S., Jr, Sweeterman, L. M., Carlonas, R. L., Traub, J. A., & Tekulve, F. X. (2000). Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning. *The American journal of sports medicine*, 28(5), 659–662. <https://doi.org/10.1177/03635465000280050601>
 34. Hewett, T. E., Lindenfeld, T. N., Riccobene, J. V., & Noyes, F. R. (1999). The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *The American journal of sports medicine*, 27(6), 699–706. <https://doi.org/10.1177/03635465990270060301>
 35. Gilchrist, J., Mandelbaum, B. R., Melancon, H., Ryan, G. W., Silvers, H. J., Griffin, L. Y., Watanabe, D. S., Dick, R. W., & Dvorak, J. (2008). A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. *The American journal of sports medicine*, 36(8), 1476–1483. <https://doi.org/10.1177/0363546508318188>
 36. Waldén, M., Atroshi, I., Magnusson, H., Wagner, P., & Hägglund, M. (2012). Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *BMJ (Clinical research ed.)*, 344, e3042. <https://doi.org/10.1136/bmj.e3042>
 37. Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lázaro-Haro, C., & Cugat, R. (2009). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 17(7), 705–729. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0813-1>
 38. Nordin, M., & Frankel, V. H. (1989). *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System*.
 39. Sanchis, V., & Francisco, G. S. (1992). Anatomía descriptiva y funcional del ligamento cruzado anterior: implicaciones clínico-quirúrgicas. *roderic.uv.es*. <https://roderic.uv.es/handle/10550/56507>
 40. Lam SJS. (1968) Reconstruction of the anterior cruciate ligament using the Jones procedure and its Guy's Hospital modification. *J Bone Joint Surg (Am)*.
 41. Hollister, A. M., Jatana, S., Singh, A. K., Sullivan, W. W., & Lupichuk, A. G. (1993). The axes of rotation of the knee. *Clinical orthopaedics and related research*, (290), 259–268.
 42. Leyes, J. Y., Pérez, L. P., & De Olano, C. H. (2011). Lesión del ligamento cruzado anterior en fútbol femenino. Estudio epidemiológico de tres temporadas. *Apunts. Medicina De L'esport*, 46(171), 137-143. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2011.02.006>

43. Flaxman, T. E., Smith, A. J., & Benoit, D. L. (2014). Sex-related differences in neuromuscular control: Implications for injury mechanisms or healthy stabilisation strategies?. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*, 32(2), 310–317. <https://doi.org/10.1002/jor.22510>
44. Agel, J., Rockwood, T., & Klossner, D. (2017). Collegiate ACL injury rates across 15 sports: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System data update (2004-2005 through 2012-2013). *Clinical Journal of Sport Medicine*, 27(2), 136-143.
45. Boden, B. P., Dean, G. S., Feagin, J. A., Jr, & Garrett, W. E., Jr (2000). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*, 23(6), 573–578. <https://doi.org/10.3928/0147-7447-20000601-15>
46. Swenson, D. M., Collins, C. L., Best, T. M., & Flanigan, D. C. (2012). Anterior cruciate ligament injury: background, mechanisms, and risk factors. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 20(4), 223-225.
47. Zazulak, B. T., Paterno, M., & Myer, G. D. (2006). Injury risk in women's soccer: brief review and practical guidelines for implementing injury prevention strategies. *Current sports medicine reports*, 5(6), 299-303.
48. Smith, H. C., Vacek, P., Johnson, R. J., Slauterbeck, J. R., Hashemi, J., Shultz, S., & Beynnon, B. D. (2012). Risk factors for anterior cruciate ligament injury: a review of the literature - part 1: neuromuscular and anatomic risk. *Sports health*, 4(1), 69–78. <https://doi.org/10.1177/1941738111428281>
49. Della Villa, F., Buckthorpe, M., Grassi, A., Nabiuzzi, A., Tosarelli, F., Zaffagnini, S., & Della Villa, S. (2020). Systematic video analysis of ACL injuries in professional male football (soccer): injury mechanisms, situational patterns and biomechanics study on 134 consecutive cases. *British journal of sports medicine*, 54(23), 1423–1432. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101247>
50. Beynnon, B. D., Johnson, R. J., Braun, S., Sargent, M., Bernstein, I. M., Skelly, J. M., & Vacek, P. M. (2006). The relationship between menstrual cycle phase and anterior cruciate ligament injury: a case-control study of recreational alpine skiers. *The American journal of sports medicine*, 34(5), 757–764. <https://doi.org/10.1177/0363546505282624>
51. Girgis, F. G., Marshall, J. L., & Monajem, A. (1975). The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. *Clinical orthopaedics and related research*, (106), 216–231. <https://doi.org/10.1097/00003086-197501000-00033>

ANNEX

Annex 1: The HarkmoKnee Preventive Training Program

Exercise	Duration^b
Warm-up	≥10 min
During each of the warm-up exercises we encouraged straight alignment hip-knee-foot; low center of gravity; lightly flexed knees; and soft and controlled landing. Optionally, ball and passing drills can be introduced where appropriate.	
Jogging	≥4-6 min
Backward jogging on the toes	Approximately 1 min
High-knee skipping: skip with an exaggerated motion by driving the left knee and the right arm toward the sky.	Approximately 30 s
Soft landing on the right foot. The sequence is repeated using the opposite leg and arm. No need to jump high or long.	
Defensive pressure technique: sliding slowly, zigzag backward.	Approximately 30 s
One and one: alternating forward zigzag running and pressure technique zigzag backward.	≥2 min
Muscle activation	Approximately 2 min
During each of the muscle activation exercises we encouraged carefully holding and contracting the muscle for approximately 4 s, focusing on "finding" your muscles. We recommend stretching only in cases of limited range of motion; stretching is not recommended for players with joint laxity.	
Activation of calf muscles	4 s for each leg/side
Activation of quadriceps muscles	4 s for each leg/side
Activation of hamstring muscles	4 s for each leg/side
Activation of hip flexor muscles	4 s for each leg/side
Activation of groin muscles	4 s
Activation of hip and lower back muscles	4 s for each leg/side
Balance	Approximately 2 min
Proper landing and take off in a jump is the most important movement in this exercise. We encouraged straight line hip-knee-foot; standing with feet shoulder-width apart; soft and controlled landing with flexed knees; freezing the landing before taking off again; and keeping a low body-center of gravity. Contract and hold stomach and buttocks during the whole exercise. Perform exercises slowly; no need to jump high.	
Forward and backward double leg jumps	Approximately 30 s
Lateral single leg jumps	Approximately 30 s
Forward and backward single leg jumps	Approximately 30 s
Double leg jump with or without ball (optional)	Approximately 30 s
Strength	Approximately 4 min
We encouraged soft and controlled landing; contracting stomach and buttocks; straight line hip-knee-foot.	
Walking lunges in place	Approximately 1 min
Hamstring curl (in pairs)	Approximately 1 min
Single-knee squat with toe raises	Approximately 1 min
Core stability	Approximately 3 min
We encouraged contracting stomach and buttocks; straight line through the body; if there is back pain, stop or modify the exercise (do not hold your breath).	
Sit-ups	Approximately 1 min
Plank on elbows and toes	Approximately 1 min
Bridging	Approximately 1 min

^a All exercises were described in detail. Teams received a manual with written instructions and photographs in addition to practical education on how to correctly perform the exercises. Also see the eAppendix.

^b Total program duration, approximately 20 to 25 minutes.

Annex 2: FIFA 11+ program

Tabla 1. Descripción de ejercicios y duración del programa FIFA 11+.

Ejercicio	Duración
(1) Ejercicios de carrera Correr en línea recta, correr cadera hacia afuera, correr cadera hacia dentro, correr en círculos con el compañero, correr y saltar para contactar con el hombro, correr rápidamente hacia delante y hacia atrás.	2 repeticiones (8 min aproximadamente)
(2) Ejercicios de fuerza, pliometría y equilibrio (niveles de progresión 1, 2 y 3) - Apoyo en antebrazo (plancha frontal): 1. Estático (3 x 20-30 s) 2. Alternando piernas (3 x 20-30 s) 3. Levantar una pierna y mantener en el aire (3 x 20-30 s cada pierna) - Apoyo en antebrazo lateral (plancha lateral): 1. Estático (3 x 20-30 s cada lado) 2. Dinámico (levantar y bajar cadera) (3 x 20-30 s cada lado) 3. Mantener una pierna levantada (3 x 20-30 s cada lado) - Nordic Hamstring: 1. Principiante: 3-5 repeticiones 2. Intermedio: 7-10 repeticiones 3. Avanzado: 12-15 repeticiones - Equilibrio en una sola pierna: 1. Sosteniendo el balón con ambas manos (2 x 30 s cada pierna) 2. Lanzando el balón (2 x 30 s cada pierna) 3. Desequilibrar al compañero (2 x 30 s cada pierna) - Genuflexiones: 1. Sentadillas (2 x 30 s) 2. Zancadas (2 x 30 s) 3. Sentadillas a una pierna (2 x 10 repeticiones con cada pierna) - Saltos: 1. Saltos verticales (2 x 30 s) 2. Saltos laterales (2 x 30 s) 3. Saltos alternos (2 x 30 s)	10 min aproximadamente
(3) Ejercicios de carrera Correr por todo el campo, correr realizando saltos altos monopodales (<i>bounding</i>), correr y realizar cambios de dirección.	2 repeticiones (2 min aproximadamente)

min: minutos; s: segundos.

Annex 3: Knäkontroll Program

Tabla 5. Descripción de ejercicios y duración del programa Knäkontroll.

Ejercicio	Repeticiones/ Duración
(1) Sentadilla unipodal (niveles de progresión A, B, C y D)	
A) Manos en la cadera	3 x 8-15 reps
B) Sosteniendo un balón por encima de la cabeza con brazos estirados	3 x 8-15 reps
C) Manos en la cadera; imaginar un reloj y marcar sobre el suelo las 12, 2, 4 y 6 en punto con el pie no ejecutor	3 x 5 reps
D) Sosteniendo un balón con las manos, bajar hasta tocar el suelo y subir en diagonal hasta levantar balón por encima de la cabeza con brazos estirados hacia el lado contralateral	3 x 8-15 reps
Pareja) Compañero presiona lateralmente con el balón la pierna libre del ejecutante de la tarea	Pareja) 3 x 5-10 reps
(2) Puente lumbar dinámico	
A) Bipodal con manos cruzadas en el pecho	3 x 8-15 reps
B) Unipodal con manos agarrando pierna libre flexionada a 90° (cadera y rodilla)	3 x 8-15 reps
C) Unipodal pie ejecutor apoyado sobre un balón, pierna libre flexionada a 90° (cadera y rodilla) y manos apoyadas en el suelo	3 x 8-15 reps
D) Unipodal, alternando pierna de apoyo manteniendo brazos en el suelo con codos a 90°	3 x 8-15 reps
Pareja) Compañero agarra el talón del pie mientras que el ejecutante de la tarea utiliza este apoyo para levantar la pelvis del suelo	Pareja) 3 x 8-15 reps

Annex 4: PEP Program

Ejercicio	Repeticiones/ Duración
(3) Sentadilla bipodal	
A) Sosteniendo balón con brazos estirados en frente del cuerpo	3 x 8-15 reps
B) Manos en la cadera	3 x 8-15 reps
C) Sosteniendo un balón por encima de la cabeza con brazos estirados	3 x 8-15 reps
D) Igual que en el nivel C pero terminando el movimiento en posición inicial apoyando únicamente el tercio distal del pie (elevando talones)	3 x 8-15 reps
Pareja) Compañero situado a 1 metro de distancia y en dirección opuesta al ejecutante; sostener un balón entre los dos utilizando una mano cada uno y llevando la otra mano apoyada en la cadera. Presionar el balón cuando se realiza la flexión para la sentadilla	Pareja) 3 x 8-15 reps
(4) Plancha frontal	
A) Apoyando antebrazos y rodillas	15-30 s
B) Apoyando antebrazos y pies	15-30 s
C) Apoyando antebrazos y moviendo lateralmente el apoyo de los pies de manera alterna hasta volver a posición inicial	15-30 s
D) Plancha lateral dinámica	5-10 reps
Pareja) Carretilla	Pareja) 15-30 s
(5) Zancadas	
A) Manos en la cadera	3 x 8-15 reps
B) Sosteniendo un balón con brazos estirados en frente del cuerpo, realizar zancada con rotación del tronco llevando balón hacia el lado de la pierna ejecutora	3 x 8-15 reps
C) Sosteniendo un balón por encima de la cabeza con brazos estirados	3 x 8-15 reps
D) Sosteniendo un balón con brazos estirados en frente del cuerpo, realizar zancadas laterales	3 x 8-15 reps
Pareja) Lanzar balón al compañero situado a 5-10 metros cuando se realiza la zancada	Pareja) 3 x 8-15 reps
(6) Salto y caída	
A) Saltos unipodales antero-posterior con manos en la cadera	3 x 8-15 reps
B) Saltos unipodales laterales alternando pierna ejecutora en cada repetición; manos en la espalda	3 x 8-15 reps
C) Dar pequeños pasos en el sitio y realizar salto horizontal unipodal aterrizando con pierna contralateral	3 x 5 reps
D) Igual que el nivel C pero realizando cambio de dirección de 90° antes de ejecutar el salto; alternar lados	3 x 5 reps
Pareja) Compañero situado a 5 metros lanza el balón para que el ejecutante realice salto bipodal, remate de cabeza y caiga sobre sus dos piernas	Pareja) 3 x 8-15 reps

Ejercicios semana 1	Duración
(3) Fortalecimiento Elevación de talones, sentadillas, plancha frontal y lateral, flexiones, zancadas frontales, superman para lumbares, superman alternando elevación brazo-pierna contralateral.	(3) 30 s/ejercicio
(4) Pliometría Multi-saltos (flexo-extensión de tobillo) ¹ , saltos con rodillas al pecho ¹ , saltos con giro 180° ¹ , squat jumps ¹ , salto horizontal bipodal con caída controlada (5 reps), saltar 3 conos (frontal y lateral) ¹ , saltos unipodales profundos (<i>bounding</i>) en el sitio ¹ .	(4) ¹ : Reps en 10 s
Ejercicios semana 2	Duración
(3) Fortalecimiento Elevación de talones, sentadillas, plancha frontal y lateral, flexiones, zancadas laterales y diagonales, superman para lumbares, superman alternando elevación brazo-pierna contralateral, superman levantando piernas (90° rodillas) y brazos.	(3) 30 s/ejercicio
(4) Pliometría Multi-saltos (flexo-extensión de tobillo) ¹ , saltos con rodillas al pecho ¹ , squat jumps ¹ , saltar 3 conos (frontal y lateral) ¹ , zancadas alternas con salto (salto de tijera) ¹ , saltos laterales profundos (<i>bounding</i>) ¹ , doble salto unipodal y caída controlada (5 reps/pierna), tres multi-saltos y salto vertical profundo (5 reps).	(4) ¹ : Reps en 20 s
Ejercicios semana 3	Duración
(3) Fortalecimiento Elevación de talones, sentadillas, plancha frontal y lateral, flexiones, zancadas laterales y diagonales, zancadas con desplazamiento, superman para lumbares, superman alternando elevación brazo-pierna contralateral, superman levantando piernas (90° rodillas) y brazos.	(3) 30 s/ejercicio
(4) Pliometría Multi-saltos (flexo-extensión de tobillo) ¹ , saltos con rodillas al pecho ¹ , squat jumps ¹ , saltar 3 conos (frontal y lateral) ¹ , doble salto unipodal y caída controlada (5 reps/pierna), salto horizontal unipodal (5 reps/pierna), saltos máximos (200 ft), saltos diagonales profundos (100 ft).	(4) ¹ : Reps en 30 s
Ejercicios semana 4	Duración
(3) Fortalecimiento Elevación de talones, plancha frontal y lateral, flexiones, zancadas laterales y diagonales, zancadas con desplazamiento, superman para lumbares, superman alternando elevación brazo-pierna contralateral, superman levantando piernas (90° rodillas) y brazos.	(3) 30 s/ejercicio
(4) Pliometría Multi-saltos (flexo-extensión de tobillo) ¹ , squat jumps ¹ , saltar 3 conos (frontal y lateral) ¹ , saltos laterales profundos (<i>bounding</i>) ¹ , doble salto unipodal y caída controlada (5 reps/pierna), salto horizontal unipodal (5 reps/pierna), saltos diagonales profundos (100 ft).	(4) ¹ : Reps en 30 s

Annex 5: KIPP Program

Tabla 3. Descripción de ejercicios y duración del programa KIPP.

Ejercicios comunes para todas las semanas	Repeticiones / Duración
(1) Carrera Dos vueltas a la pista o una vuelta al campo	
(2) Movilidad dinámica	
A) Desplazamientos: Carrera, skipping, carioca, desplazamiento lateral, sprint 75% intensidad, skipping rodillas altas, carioca rodillas altas, sprint 100% intensidad, carrera hacia atrás, spiderman (<i>bear crawl</i>), talón-glúteo, carrera hacia atrás con giro y sprint, skipping diagonal	2.A) 100 ft/ejercicio
B) Circunducción de brazos (anterior y posterior)	2.B) 20 reps/brazo
C) Rotación de tronco	2.C) 10 reps/lado
D) Elevaciones de piernas (<i>swings</i>) Frontal, lateral	2.D) 10 reps/pierna por ejercicio
(5) Agilidad	
A) Carrera aceleración-deceleración (<i>shuttle run</i>)	5.A) 50 ft x 10 reps
B) Carrera diagonal (zig-zag)	5.B) 50 ft x 10 reps
C) Desplazamientos laterales	5.C) 15 ft x 10 reps