

**Disseny i avaluació d'un protocol de rehabilitació  
per a la lesió del Lligament Creuat Anterior  
en jugadors de futbol semiprofessionals:  
Planificació d'un programa d'entrenament pliomètric**

**Treball Final de Grau per a optar al graduat en Fisioteràpia**

Alumna  
**MARTA RUIZ ARCARONS**

Directora  
**MONTSE PUJOL MARZO**

Curs Acadèmic  
**2022-2023**



## ÍNDIX DE CONTINGUTS

---

<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	<b>8</b>
1.1. Descripció de l'articulació del genoll	8
1.1.1. Cinemàtica de l'articulació del genoll	8
1.1.2. Reforços musculars-tendinosos de l'articulació del genoll	9
1.1.3. Reforços lligamentosos de l'articulació del genoll	9
1.2. Lesions del lligament creuat anterior en el futbol femení	10
1.3. Fisiopatologia del lligament creuat anterior	10
1.3.1. Mecanisme lesional del lligament creuat anterior	10
1.3.2. Factors de risc (FR)	11
1.4. Adaptacions produïdes per la reconstrucció del lligament creuat anterior	12
1.4.1. Adaptacions del sistema múscul-esquelètic	12
1.4.2. Adaptacions del sistema nerviós (SNC)	12
1.5. Protocols actuals per a la reconstrucció del lligament creuat anterior	12
1.6. L'entrenament pliomètric	13
<b>2. JUSTIFICACIÓ DE L'ESTUDI</b>	<b>15</b>
<b>3. HIPÒTESIS I OBJECTIUS</b>	<b>18</b>
3.1. Hipòtesis	18
3.2. Objectiu general	18
3.3. Objectius específics	18
<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>19</b>
4.1. Disseny de l'estudi	19
4.2. Població diana i mostra	19
4.3. Assignació dels individus als grups d'estudi	19
4.4. Variables d'estudi	20
4.5. Descripció de la proposta d'intervenció	22
4.6. Anàlisi estadística	23
4.7. Consideracions ètiques	23
<b>5. PROCEDIMENT</b>	<b>24</b>
5.1. Descripció del protocol pliomètric	24
5.1.1. Sessió de pliometria	25

<b>6. CRONOGRAMA.....</b>	<b>43</b>
<b>7. PRESSUPOST .....</b>	<b>44</b>
<b>8. LIMITACIONS I PROSPECTIVA.....</b>	<b>45</b>
<b>9. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES .....</b>	<b>46</b>
<b>10. ANNEXES.....</b>	<b>51</b>

## ÍNDIX DE TAULES I FIGURES

---

### ÍNDIX DE TAULES

<b>Taula 1.</b> Paràmetres de l'entrenament pliomètric .....	17
<b>Taula 2.</b> Exemples de progressions de l'entrenament pliomètric .....	17
<b>Taula 3.</b> Criteris d'inclusió i d'exclusió .....	19
<b>Taula 4.</b> Variables d'estudi .....	20
<b>Taula 5.</b> Microcicle model .....	24
<b>Taula 6.</b> Escalfament .....	25
<b>Taula 7.</b> Criteris i progressions del protocol .....	26
<b>Taula 8.</b> Proposta del procés d'entrenament pliomètric .....	27
<b>Taula 9.</b> Snap Down to Double-leg (DL) Stance .....	28
<b>Taula 10.</b> <i>Lunge Push Back</i> .....	28
<b>Taula 11.</b> <i>Squat Jump (SJ) to box</i> .....	29
<b>Taula 12.</b> <i>Counter Movement Jump (CMJ) to box</i> .....	29
<b>Taula 13.</b> Snap down to Single-Leg (SL) stance .....	30
<b>Taula 14.</b> Alternate Leg <i>Step Up Jump</i> .....	30
<b>Taula 15.</b> <i>Pogo jumps</i> .....	30
<b>Taula 16.</b> <i>Landing</i> .....	31
<b>Taula 17.</b> SJ .....	31
<b>Taula 18.</b> CMJ .....	32
<b>Taula 19.</b> <i>Drop Jump (DJ)</i> .....	32
<b>Taula 20.</b> <i>Split Jump</i> .....	33
<b>Taula 21.</b> <i>Split stance pogo jumps</i> .....	33
<b>Taula 22.</b> <i>Step and land</i> .....	34
<b>Taula 23.</b> <i>Drop Step Jump</i> .....	34
<b>Taula 24.</b> <i>Step Up Jump</i> .....	34
<b>Taula 25.</b> <i>Lateral Lunge</i> .....	35
<b>Taula 26.</b> <i>Lateral Squat Jump</i> .....	35
<b>Taula 27.</b> <i>Tuck jump</i> .....	36
<b>Taula 28.</b> <i>Lateral step-jump-back</i> .....	36
<b>Taula 29.</b> <i>SL jump to DL landing</i> .....	37
<b>Taula 30.</b> <i>SL jump to box</i> .....	37
<b>Taula 31.</b> <i>Bounds</i> .....	38
<b>Taula 32.</b> <i>SL Hops</i> .....	38
<b>Taula 33.</b> <i>Weighted SJ</i> .....	39
<b>Taula 34.</b> <i>Step and Cut</i> .....	39
<b>Taula 35.</b> <i>SL DJ</i> .....	40
<b>Taula 36.</b> <i>SL rotational jump</i> .....	40
<b>Taula 37.</b> <i>Med ball lateral jump</i> .....	41
<b>Taula 38.</b> <i>DL Hurdle jump</i> .....	41
<b>Taula 39.</b> <i>SL Hurdle jump</i> .....	42
<b>Taula 40.</b> <i>Multi-planar Hurdle jumps</i> .....	42
<b>Taula 41.</b> Cronograma del projecte .....	43
<b>Taula 42.</b> Pressupost del material del projecte .....	44

## ÍNDIX DE FIGURES

<b>Figura 1.</b> Osteocinemàtica de la flexo-extensió del genoll .....	8
<b>Figura 2.</b> Artrocinemàtica de l'extensió del genoll .....	9
<b>Figura 3.</b> Vista anterior dels lligaments creuats.....	10
<b>Figura 4.</b> Principal mecanisme lesional de LCA.....	11
<b>Figura 5.</b> Cicle de la carrera.....	13
<b>Figura 6.</b> Gràfica de la producció de força amb diferents tipus de contracció.....	14
<b>Figura 7.</b> Bateria de tests de salt.....	21
<b>Figura 8.</b> Procediment de l'estudi .....	22

## GLOSSARI

---

ADM: amplitud de moviment

BL: bilateral

CMJ: counter movement jump

DJ: drop jump

DL: double-leg

EII: extremitats inferiors

FR: factor de risc

GC: grup control

GE: grup experimental

IQ: intervenció quirúrgica

LCA: lligament creuat anterior

LCL: lligament colateral lateral

LCM: lligament colateral medial

LCP: lligament creuat posterior

NM: neuromuscular

RLCA: reconstrucció del lligament creuat anterior

RE: rotació externa

RI: rotació interna

RTP: return to play

RTS: return to sport

SA: superfície articular

SL: single-leg

SLDJ: single leg drop jump

SNC: sistema nerviós central

SNP. Sistema nerviós perifèric

SQ: squat jump

TFL: tensor de la fàscia lata

UL: unilateral

## RESUM I PARAULES CLAU

---

### Català:

El futbol és un esport de cooperació-oposició que implica accions decisives d'alta intensitat que contribueixen a moments crucials, al rendiment i al resultat d'un partit. Moltes d'aquestes accions requereixen nivells submàxims de força i potència muscular i, per tant, serà important comptar amb una alta capacitat aeròbica per poder recuperar i reposar els substrats energètics.

A causa de les característiques del mateix esport i de les característiques morfològiques de les jugadores, l'epidemiologia lesional destaca la lesió del lligament creuat anterior que, tot i que l'àmbit de la medicina esportiva està avançant molt, encara representa una alta incidència, un llarg període de baixa i un elevat percentatge de recidiva.

L'entrenament pliomètric es considera un mètode excel·lent d'entrenament pels beneficis a nivell neuromuscular i de control motor, així com eficaç per a obtenir guanys en força màxima i en velocitat lineal i multidireccional. D'aquesta manera es pot sospitar que és possible augmentar el control de les extremitats inferiors i la capacitat de fer front a les altes forces i els moviments de velocitat involucrats en un partit, reduint així el risc de lesió mitjançant un millor condicionament físic.

Existeixen diferents guies clíniques per a abordar la rehabilitació d'una reconstrucció del lligament creuat anterior, però, tot i l'evidència que existeix envers els beneficis de l'entrenament pliomètric, hi ha una manca d'orientació sobre com i quan aplicar-lo durant el procés de recuperació.

Aquest estudi, doncs, mitjançant un assaig clínic aleatoritzat, té com a objectiu elaborar i avaluar un protocol d'entrenament pliomètric per a la readaptació de la lesió del lligament creuat anterior en jugadores de futbol semiprofessional, realitzant una adaptació i progressió de diferents exercicis perquè les jugadores s'incorporin a la dinàmica del grup en el millor estat possible i evitar la recaiguda. Es valorarà l'autopercepció de les jugadores i els nivells de força, potència i agilitat.

Aquest protocol es realitzarà 3 vegades per setmana durant les 16 setmanes que dura la intervenció. Per poder establir una relació de causa-efecte, es valoraran diferents variables associades als objectius de l'estudi en diferents moments de la intervenció.

**Paraules clau:** lligament creuat anterior, futbol femení, protocol, pliometria, *return to play*.



**English:**

Soccer is a cooperative-opposition sport that involves decisive, high-intensity actions that contribute at crucial moments to the performance and outcome of a match. Many of these actions require submaximal levels of muscular strength and power and, therefore, it will be important to have a high aerobic capacity to be able to recover and rest the energy substrates.

Due to the characteristics of the sport itself and the morphological characteristics of the players, the epidemiology of injuries highlights the anterior cruciate ligament injury which, despite the fact that the field of sports medicine is making great progress, still represents a high incidence, a long period of sick leave and a high percentage of recurrence.

Plyometric training is considered an excellent training method because of the benefits at the neuromuscular and motor control level, as well as being effective in obtaining gains in maximal strength and in linear and multidirectional speed. In this way it may be suspected that it is possible to increase lower limb control and the ability to cope with the high forces and speed movements involved in a match, thereby reducing the risk of injury through improved physical conditioning.

Different clinical guidelines exist for approaching the rehabilitation of an anterior cruciate ligament reconstruction, but, despite the evidence for the benefits of plyometric training, there is a lack of guidance on how and when to apply it during the recovery process.

This study, through a randomised clinical trial, aims to develop and evaluate a plyometric training protocol for the readaptation of anterior cruciate ligament injury in semi-professional female soccer players, adapting and progressing different exercises so that the players are incorporated into the group dynamic in the best possible condition and avoid relapse. The players' self-perception and levels of strength, power and agility will be assessed.

This protocol will be carried out four times a week during the 16 weeks of the intervention. In order to establish a cause-effect relationship, different variables associated with the objectives of the study will be assessed at different times during the intervention.

**Key words:** anterior cruciate ligament, female soccer, protocol, plyometric exercise, return to play.

# 1. INTRODUCCIÓ

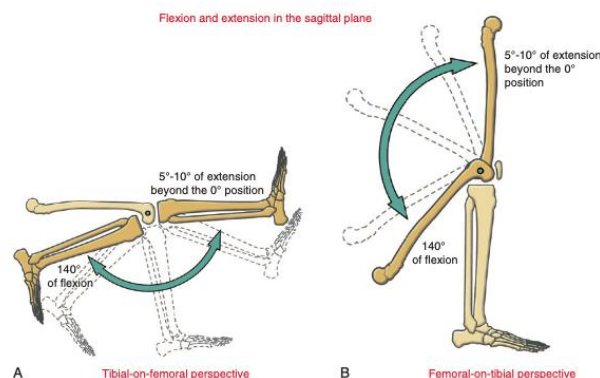
## 1.1. Descripció de l'articulació del genoll

Anatòmicament, l'articulació del genoll està composta per l'articulació femoro-tibial, que articula la tibia i el fèmur i l'articulació femoro-patel·lar, que articula el fèmur amb la ròtula (Ratto, Cascales, Fernández-Villacañas, Alemán i Domènech, 2013). El genoll és una de les estructures anatòmiques amb una incidència lesional més alta en el futbol femení, juntament amb les lesions del turmell, representen unes 1,1 lesions/1.000 hores d'exposició, seguides de les lesions de la cuixa amb unes 0,9 lesions/1.000 hores d'exposició (López-Valenciano, 2021). Això és degut al fet que és la major i la més complexa de les articulacions del cos humà, ja que funcionalment ha d'aportar una gran estabilitat i la mobilitat suficient per a poder fer una transferència de forces eficient. (Ratto et al., 2013). Segons l'enfocament d'articulació per articulació de Boyle (2010) però, la necessitat primària del genoll és l'estabilitat. Per tal de cobrir aquesta necessitat, l'articulació del genoll compta amb una gran quantitat de lligaments i músculs que la reforcen de manera intracapsular i extracapsular.

### 1.1.1. Cinemàtica de l'articulació del genoll

En referència a l'osteocinemàtica, l'articulació femoro-tibial compta amb dos graus de llibertat que, tant poden ser del fèmur sobre la tibia com viceversa (Figura 1). En el pla sagital realitza moviments de flexo-extensió amb una amplitud de moviment (ADM) de  $-5^{\circ}$  a  $140^{\circ}$  de flexió i, en el pla transversal, quan el genoll està en flexió de  $90^{\circ}$ , també té moviments de rotació interna (RI) i de rotació externa (RE) amb una ADM de  $40-45^{\circ}$ , sent la RE generalment superior a la RI en una proporció de quasi 2:1 (Neumann, 2017).

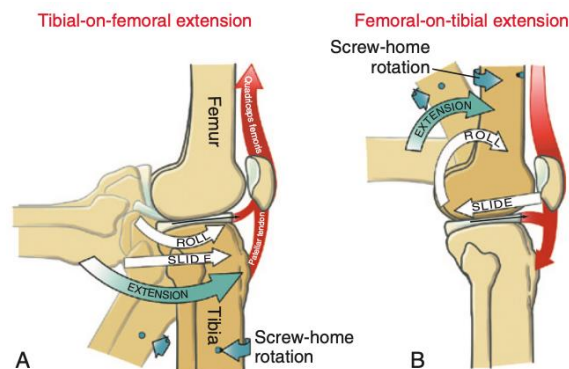
**Figura 1.** Osteocinemàtica de la flexo-extensió del genoll



**Nota.** Pla sagital del moviment del genoll. (A) Tibia sobre fèmur (fèmur fix). (B) Fèmur sobre tibia (tibia fixa). Adaptat de *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation* (p.546), per D.A. Neumann, 2017, Elsevier.

Pel que fa a l'artrocinemàtica, durant l'extensió tibial-femoral la superfície articular (SA) de la tibia roda i llisca anteriorment sobre els còndils femorals, a diferència de la flexió tibial-femoral que roda i llisca posteriorment (Figura 2). En canvi, durant l'extensió femoral-tibial els còndils femorals roden en sentit anterior i llisquen en sentit posterior sobre la SA de la tibia, a diferència de la flexió que rodarien en sentit posterior i lliscarien en sentit anterior (Neumann, 2017).

**Figura 2.** Artrocinemàtica de l'extensió del genoll



**Nota.** Artrocinemàtica activa de l'extensió de genoll. (A) Extensió tibial-femoral. (B) Extensió femoral-tibial. Adaptat de *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation* (p.546), per D.A. Neumann, 2017, Elsevier.

### 1.1.2. Reforços musculars-tendinosos de l'articulació del genoll

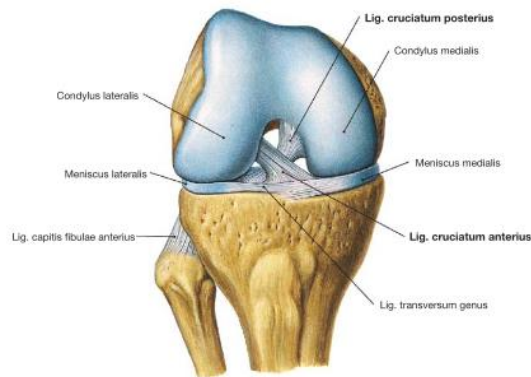
Hi ha diferents grups musculars que participen de l'estabilitat dinàmica de l'articulació del genoll. Per una banda, trobem tota aquella musculatura adjacent a l'articulació del genoll, com els isquiosurals (semimembranós, semitendinós i bíceps femoral) a la part posterior de la cuixa i encarregats de la flexió del genoll, el quàdriceps (recte femoral, vast medial, lateral i intermedi) a la part anterior de la cuixa i encarregat de l'extensió del genoll o els gastrocnemis a la part posterior de la cama que participen de la flexió del genoll. Per altra banda, tenim tots aquells que participen de l'estabilitat del genoll però no de manera directa, com el core, els rotadors externs o els abductors de maluc (gluti major i mig i tensor de la fàscia lata (TFL)) (Pfeifer, Beattie, Sacko i Hand, 2018).

### 1.1.3. Reforços lligamentosos de l'articulació del genoll

L'articulació del genoll compta amb nombrosos lligaments que aporten estabilitat a l'articulació. Aquests es poden dividir en dos grups els extracapsulars i els intracapsulars. Els lligaments colaterals (extracapsulars) són el lligament colateral medial (LCM) que va des de l'epicòndil medial del fèmur fins a sota el còndil medial de la tibia i el lligament colateral lateral (LCL) que passa per l'epicòndil lateral del fèmur fins al cap del peroné. Els lligaments creuats (intracapsulars) (Figura 3) són el lligament creuat posterior (LCP) que discorre des de la superfície interna del còndil femoral medial fins a l'àrea

intercondíla posterior de la tíbia (de superior, anterior i medial en direcció posterior) i el lligament creuat anterior (LCA) que s'origina a la superfície interna del còndil femoral lateral fins a l'àrea intercondíla anterior de la tíbia (de superior, posterior i lateral en direcció anterior) (Paulsen i Waschke, 2018).

**Figura 3.** Vista anterior dels lligaments creuats



**Nota.** Articulació del genoll en flexió de 90°. Adaptat de Paulsen, F. i Waschke J. (Eds.). (2018). Sobotta Atlas of Anatomy. (16<sup>a</sup> ed., Vol. 1). Elsevier.

## 1.2. Lesions del lligament creuat anterior en el futbol femení

El risc de patir una lesió del LCA és significativament major en les dones que en els homes, amb una ràtio de 0,33 lesions/1.000 hores d'exposició i 0,11 lesions/1.000 hores d'exposició respectivament (Turner et al., 2013). Les lesions del LCA són una problemàtica en la carrera de les jugadores, ja que representen llargs períodes de baixa i un alt risc de recaiguda, a més a més representen entre el 16% i el 32% de totes les lesions i el 43% de la càrrega de lesions durant la temporada (Lucarno et al., 2021). Una problemàtica que se'n deriva de la lesió del LCA és la recidiva d'aquesta, ja que gairebé 1 de cada 4 jugadores que tornen a practicar un esport recauen amb una segona lesió del LCA en algun moment de la seva carrera i, probablement, al principi del període del *Return to play* (RTP) (Wiggins, Grandhi, Schneider, Stanfield, Webster i Myer, 2016). Malgrat això, pel que fa a la recidiva d'una segona lesió del LCA, no s'observen diferències significatives entre ambdós sexes, situant-la en un percentatge major del 20% (Patel, Bullock, Wrigley, Paterno, Sell, Losciale, 2021).

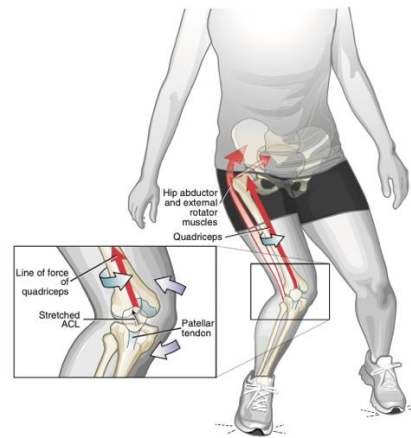
## 1.3. Fisiopatologia del lligament creuat anterior

### 1.3.1. Mecanisme lesional del lligament creuat anterior

El 88% de les lesions del LCA en les jugadores de futbol es produeixen sense contacte directe (Lucarno et al., 2021). La majoria d'elles es produeixen durant moviments de desacceleració, com aterratges o canvis de direcció, on un valg dinàmic de genoll combinat amb forces de cisallament provoquen un desplaçament anterior de la tíbia (Turner et al., 2013). Segons Neumann (2017) aquest mecanisme de

lesió és produït principalment per una forta activació del quàdriceps sobre el genoll lleugerament flexionat, un valg de genoll i una excessiva RI del fèmur sobre la tibia (Figura 4).

**Figura 4.** Principal mecanisme lesional de LCA



*Nota.* Adaptat de *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation* (p.555), per D.A. Neumann, 2017, Elsevier.

### 1.3.2. Factors de risc (FR)

Els FR de patir una lesió del LCA es divideixen en extrínsecs (fora del cos) i intrínsecs (dins del cos) però, hi ha altres classificacions que també els divideixen en no modificables, d'origen anatómic o hormonal, o modificables, d'origen biomecànic o neuromuscular (NM) (Alentorn-Geli et al., 2009). Pel que fa a l'objectiu de l'estudi, però ens centrarem en els FR biomecànics i neuromusculars, ja que la majoria d'ells es presenten com a modificables (Pfeifer, Beattie, Sacko i Hand, 2018).

La biomecànica aplicada a diferents moments del joc pot ser, en moltes ocasions, el principal FR per a una lesió del LCA, perquè la majoria d'elles es produeixen sense contacte (Lucarno et al., 2021). Una posició amb una lleu flexió de maluc, una adducció de maluc, un valg de genoll amb rotació interna del fèmur i rotació externa de la tibia amb una lleugera flexió o quasi extensió del genoll pot exposar al LCA a un alt risc de lesió (Alentorn-Geli et al., 2009), de fet, Ireland (1999) la va descriure com la "posició de no retorn" i, segons Neumann (2017) és el principal mecanisme de lesió del LCA.

Per tal de poder modificar aquests patrons biomecànics, el control NM serà crucial per reduir el risc de patir una lesió del LCA, ja que el sistema NM genera moviment i determinarà la biomecànica de diferents accions del joc. El control NM fa referència a l'activació inconscient de les restriccions dinàmiques que rodegen una articulació en resposta a estímuls sensorials (Griffin et al., 2000), és per aquest motiu que serà el responsable d'estabilitzar l'articulació del genoll durant accions dinàmiques del joc. Actualment, existeixen diferents treballs que han mostrat com l'entrenament NM ha

aconseguit millorar diferents capacitats com la sensació de posició i el moviment articular, els patrons d'activació muscular i qualitats físiques com la força o l'equilibri; així com reduir el nombre d'algunes lesions esportives (Fort i Romero, 2013). No obstant això, les accions musculars s'han de coordinar i co-activar per protegir l'articulació del genoll. En aquest escenari, doncs, la relació d'antagonista-agonista del quàdriceps i els isquiosurals pot ser fonamental per evitar o reduir el moviment del genoll i les càrregues que impulsen un cisallament anterior tibial (Withrow, Huston, Wojtys, Asthon-Miller, 2008). Un possible desequilibri en la ràtio H:Q pot augmentar el risc de lesió del LCA (Alenteron-Geli et al., 2015). Per altra banda, una falta d'activació en la musculatura del core en reacció a perturbacions també pot augmentar el risc de lesió del LCA (Jeong, Choi i Shin, 2021).

#### **1.4. Adaptacions produïdes per la reconstrucció del lligament creuat anterior**

##### **1.4.1. Adaptacions del sistema múscul-esquelètic**

Després d'una lesió del LCA i la posterior reconstrucció d'aquest, es produeixen un conjunt de males adaptacions que s'associen a pitjors resultats funcionals, a una biomecànica alterada i un major risc de recaiguda. Algunes d'aquestes mal adaptacions poden ser la inhibició muscular artrogènica, la disminució de la mida, la força i la potència de la musculatura de les extremitats inferiors (EEII) o la pèrdua d'ADM, així com l'alteració de l'os o el cartílag (Larson, Ness, Wellsandt i Morrison, 2022).

##### **1.4.2. Adaptacions del sistema nerviós (SNC)**

El SNC a causa d'una alteració aferent (trencament del LCA) pateix una reorganització que s'evidencia amb una inestabilitat dels mecanoreceptors, inestabilitat articular i dolor. Aquests canvis afecten la flexió i a les estratègies de moviment voluntàries i involuntàries, així com la qualitat del moviment en conseqüència a una alteració de la mecànica del genoll a l'hora d'ajupir-se, córrer o saltar (Chaput, Ness, Lucas i Zimney, 2022).

#### **1.5. Protocols actuals per a la reconstrucció del lligament creuat anterior**

Els protocols de rehabilitació d'una intervenció quirúrgica (IQ) del LCA són tan diversos com jugadores hi ha, ja que cada tractament ha d'estar individualitzat i s'ha d'adaptar a les necessitats de cada jugadora. No obstant això, existeixen diferents guies pràctiques clíniques que marquen unes directrius a seguir. En aquest cas, seguint les recomanacions d'Andrade, Pereira, van Cingel, Staal i Espregueria-Mendes (2019) ens basarem en la guia pràctica clínica de van Melick (2016).

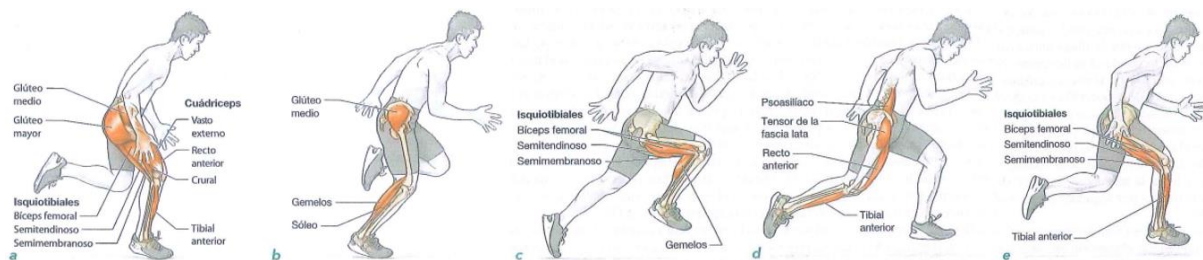
## 1.6. L'entrenament pliomètric

Per entendre l'acció pliomètrica agafarem d'exemple el cicle de gambada durant la carrera (Figura 5). Hansen i Kennelly (2018) expliquen que quan s'inicia el contacte amb el terra, la musculatura de la cama s'estira ràpidament a causa de la gravetat, que atrau el cos de l'esportista cap a terra. Per tant, els músculs del maluc i de la cama s'oposen lentament a l'elongació mitjançant contraccions excèntriques, fet que també redueix l'impacte amb el terra (fase de càrrega). Les forces suportades durant les contraccions excèntriques poden ser un 40% superiors de les altres accions musculars.

Una vegada frenat el moviment, gràcies a la força excèntrica generada pels músculs, aquests ni s'estiren ni s'escurcen durant un període de temps, de manera que els músculs estan en tensió sense moviment a causa d'una contracció muscular isomètrica (fase d'amortització). Aquestes accions isomètriques són de molt curta durada i precedeixen la inversió de l'acció muscular d'estirament a escurçament (excèntric-concèntric).

Així que s'aconsegueix frenar el moviment i invertir l'acció muscular, serà necessària una contracció concèntrica per generar un moviment de propulsió (fase de descàrrega) que permeti a l'esportista enlairar-se (fase de vol) i tornar a començar el cicle.

**Figura 5.** Cicle de la carrera



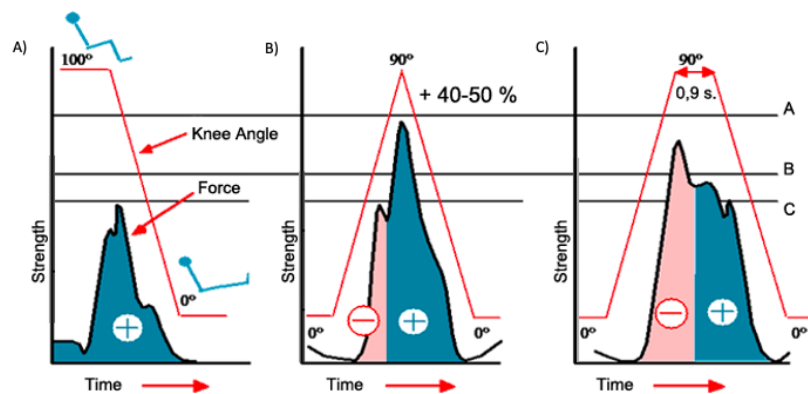
*Nota.* Adaptat de *Anatomía del entrenamiento pliométrico* (p. 12-13), per Hansen, D. i Kennelly, S., 2018, Ediciones Tutor, S.A.

De manera que es pot descriure la pliometria en tres fases d'acció: 1) fase de càrrega excèntrica o de preestirament, 2) fase de transició o d'amortització i 3) fase de rendiment de producció de potència o d'escurçament concèntric (Noyes i Barber-Westin, (2019).

El mecanisme fisiològic de l'entrenament pliomètric neix del cicle d'estirament-escurçament: quan el fus neuromuscular (receptors sensorials dels músculs i tendons) detecten un estirament de les fibres, responen amb una contracció muscular concèntrica del múscul, el que s'entén com a reflex d'estirament o reflex miotàtic. D'aquesta manera, una part de la força generada procedeix de l'energia elàstica alliberada pels components dels músculs i tendons, però, per altra banda, un percentatge considerable de força ve produït per l'acció d'una contracció muscular concèntrica que s'origina a

partir del reflex miotàtic del múscul. A més d'això, s'ha demostrat que l'estirament ràpid del múscul produeix l'activació selectiva de les fibres musculars de contracció ràpida (Ia i IIb) -que són crucials pel desenvolupament de la potència- i inhibeix les de contracció lenta (I). Per tant, la fase d'amortització haurà de ser prou curta per evitar perdre la contribució elàstica i el potencial d'activació del reflex d'estirament (Figura 6). La magnitud de la força aplicada durant la fase d'amortització determinarà la força de contracció resultant de l'acció concèntrica del múscul (Davies, Riemann i Manske, 2015; Hansen i Kennelly, 2018).

**Figura 6.** Gràfica de la producció de força amb diferents tipus de contracció.



*Nota.* A) Contracció concèntrica; B) Contracció excèntrica seguida d'una contracció concèntrica; C) Contracció excèntrica seguida d'una contracció excèntrica seguida d'una contracció isomètrica de 0,9" seguida d'una contracció concèntrica. Adaptat de Hakkinen, Komi i Kauhanen (1986).

Tot i que els components anatòmics siguin crucials, una implicació neural considerable serà clau pel desenvolupament de la contracció muscular en els exercicis pliòmètrics, ja que aquests requereixen el màxim reclutament de fibres musculars disponibles i no es podria dur a terme si el cervell i la medulla espinal no enviessin els senyals adequats. Pel que fa a l'objectiu de l'estudi a més, l'efecte de contralateral de l'entrenament, permet que entrenant l'extremitat sana de manera que participi el SNC, es pot obtenir un augment de força d'entre un 10% i un 15% de l'extremitat lesionada en el mateix període de temps (Hansen i Kennelly, 2018).



## 2. JUSTIFICACIÓ DE L'ESTUDI

---

Una lesió del LCA desencadena una sèrie d'alteracions que només es poden entendre amb la teoria dels sistemes dinàmics. Tradicionalment, la rehabilitació de la reconstrucció del lligament creuat anterior (RLCA) s'ha centrat a restablir el sistema múscul-esquelètic, ja que dos dels canvis més documentats després de la lesió del LCA o de la RLCA són les reduccions de la mida i la força dels grups musculars adjacents al genoll, a més dels adjacents al maluc i al turmell. Tot i això, alguns dels factors que poden contribuir al desenvolupament de la força muscular són els components neurals (reclutament de la unitat motora, sincronització de les fibres i coordinació intermuscular), és per aquest motiu que també serà important considerar les conseqüències neurofisiològiques del sistema nerviós perifèric (SNP) i del SNC, juntament amb les implicacions psicològiques a la recuperació física (Chaput et al., 2022; Larson et al., 2022).

Atenent les necessitats específiques del futbol femení, les àrees clau d'atenció per a les jugadores impliquen tant les qualitats anaeròbiques (força relativa i potència, velocitat i agilitat) com la capacitat aeròbica. Les millores en les àrees anaeròbiques com la força relativa, especialment a partir de l'entrenament unilateral i els exercicis pliomètrics, poden augmentar el control de les EEII i la capacitat de fer front a les altes forces i els moviments de velocitat involucrats en un partit, reduint així el risc de lesió mitjançant un millor condicionament físic (Turner et al., 2013).

L'objectiu clau d'un procés de rehabilitació després d'una lesió greu ha de ser millorar les capacitats de les jugadores. Tot i l'evidència disponible, sembla que moltes de les jugadores que se sotmeten a un *Return to sport* (RTS) ho fan, molt sovint, amb un risc molt elevat de tornar-se a lesionar, ja que entre un 20% i un 23% d'esportistes tornen a lesionar-se del genoll, generalment, en els dos primers anys després del RTS (Buckthorpe i Della Villa, 2021; Wiggins et al., 2016). S'ha suggerit que les àrees clau de les jugadores després de la RLCA que necessiten millora són el restabliment del rendiment muscular i la qualitat de moviment de les jugadores abans del RTS. L'entrenament pliomètric es considera un mètode excel·lent d'entrenament a causa dels beneficis a nivell NM i de control motor (Buckthorpe i Della Villa, 2021).

Els beneficis de l'entrenament pliomètric estudiats inclouen la capacitat per augmentar la potència i la velocitat mitjanes, l'augment de la força màxima i la velocitat d'acceleració, la millora en el temps de generar força, l'augment dels nivells d'activació muscular i la capacitat per respondre als reflexos d'estirament. A més a més, la pliometria augmenta la coordinació neuromuscular, de manera que

reforça patrons de moviment i crea automatismes de les activitats executades (Buckthorpe i Della Villa, 2021). Aquests canvis es produeixen gràcies a factors neurals, sobretot durant les primeres setmanes d'entrenament, no serà fins després de 8-12 setmanes que començaran a produir-se canvis morfològics com la hipertròfia (Davies et al., 2015; Noyes i Barber-Westin, 2019). Per altra banda, Turner et al. (2013) assenyalen que l'entrenament pliomètric va reduir el valg de genoll i les forces de reacció a terra i, va augmentar la força dels isquiosurals al mateix temps que millorava el rendiment.

En aquest escenari, considerant també la idea que la velocitat a la qual els músculs poden augmentar la seva tensió acostuma a ser més important per al rendiment que la quantitat de força que poden arribar a produir (Bosch, 2015), tenint en compte els beneficis potencials que es poden obtenir de l'entrenament pliomètric i, havent-se demostrat que l'entrenament pliomètric és superior a l'entrenament de força més tradicional per al desenvolupament explosiu de les EEII, així com eficaç per a obtenir guanys en força màxima i en variables de rendiment esportiu com les velocitats de moviment lineal i multidireccional (Buckthorpe i Della Villa, 2021), es podria considerar l'aplicació d'un entrenament pliomètric durant el procés de rehabilitació i readaptació de la lesió del LCA.

Un problema a l'hora d'implementar l'entrenament pliomètric en el procés de recuperació de la RLCA és la falta d'orientació en la bibliografia sobre com i quan fer-ho. Els exercicis pliomètrics varien en intensitat i especificitat amb les forces de reacció a terra, aquestes poden comprendre's entre 1,5 i 7 vegades la massa corporal (Buckthorpe i Della Villa, 2021). Existeixen exemples de paràmetres (Taula 1) i progressions (Taula 2) que poden manipular-se a l'hora de dissenyar activitats pliomètriques (Noyes i Barber-Westin, 2019). Sempre s'haurà de tenir en compte el procés de curació dels teixits, ja que les estructures lesionades no toleren els mateixos volums i intensitats que les sanes, de manera que s'haurà d'extremar la precaució per tal de no produir un impacte negatiu durant el procés de rehabilitació. A causa del fet que els teixits no estan en un bon estat de forma, serà molt important quins exercicis s'escullen, així com les seves regressions i progressions per tal que s'adaptin a l'estat físic i psicològic de la jugadora, variables que determinaran l'avanç o el retrocés de l'activitat pliomètrica (Hansen i Kennely, 2018).

**Taula 1.** Paràmetres de l'entrenament pliomètric

Repeticions
Sèries
Freqüència
Intensitat (submàxima durant les fases inicials)
Volum
Intervals de descans (recuperació)
Especificitat
Progressió
Efectes de la fatiga
Patrons de moviment
Amplitud de moviment (sobrecàrrega espacial)
Parts del cos implicades (monoarticulats o multiarticulats)

*Nota . Adaptat de Return to Sport after ACL Reconstruction and Other Knee Operations: Limiting the Risk of Reinjury and Maximizing Athletic Performance (p.288), per Noyes, Frank R. & Barber-Westin S. (Ed.), 2019, Springer Cham.*

**Taula 2.** Exemples de progressions de l'entrenament pliomètric

Progressar de	A
Un pla de moviment	Diversos plans de moviment
Una direcció	Diverses direccions
Exercici monoarticulats	Exercici multiarticulats
Sense càrrega	Càrrega parcial i càrrega completa
Cadena cinètica oberta	Cadena cinètica tancada i funcional
ADM limitada	ADM competes
Intensitat baixa	Intensitat moderada i alta
Velocitat lenta	Velocitat moderada i ràpida
Patrons de moviment parcial	Patrons de moviment complet
Concèntric	Excèntric i combinat
Concèntric	Contramoviment concèntric
Isomètric (estàtic)	Dinàmic (balístic)
Un moviment	Moviments repetitius
Moviments proactius	Moviments reactius
Patrons de moviment generals	Patrons de moviment específics
Exercicis bipodals	Exercicis monopodals
Salts endavant	Salts enrere, laterals i diagonals
Salts verticals	
Trotar en el lloc	Córrer en el lloc
Superfície estable	Superfície mínimament inestable i moderadament inestable
Focus atencional intern	Focus atencional extern
Simulacre: resposta proactiva	Resposta reactiva
Múltiples distraccions en la realització de simulacres	

*Nota.* Adaptat de Return to Sport after ACL Reconstruction and Other Knee Operations: Limiting the Risk of Reinjury and Maximizing Athletic Performance (p.288), per Noyes, Frank R. & Barber-Westin S. (Ed.), 2019, Springer Cham.

Existeixen pocs estudis d'alt nivell que demostrin l'eficàcia de la pliometria, ja que normalment s'incorpora a un programa multimodal de rehabilitació o d'entrenament i condicionament. Malgrat això, hi ha prou evidència per incloure la pliometria en els programes de rehabilitació (Noyes i Barber-Westin, 2019). La finalitat d'aquest treball serà dissenyar un protocol d'entrenament pliomètric, tenint en compte les variables que el determinen per, posteriorment, poder-ne avaluar els efectes.

### **3. HIPÒTESIS I OBJECTIUS**

---

#### **3.1. Hipòtesis**

Les jugadores de futbol semiprofessionals d'entre 19 i 34 anys que hagin estat intervingudes quirúrgicament del lligament creuat anterior aconseguiran majors nivells de força, potència, agilitat i confiança seguint un protocol de rehabilitació que inclogui entrenament pliomètric que aquelles que segueixin un protocol convencional que no treballi la pliometria.

#### **3.2. Objectiu general**

Determinar si les jugadores de futbol semiprofessional d'entre 19 i 34 anys que hagin estat intervingudes quirúrgicament del LCA en els últims 3 mesos, redueixen el risc de recaiguda realitzant un protocol d'entrenament pliomètric durant el seu procés de rehabilitació.

#### **3.3. Objectius específics**

- Planificar l'entrenament pliomètric en un procés de rehabilitació de la lesió del LCA.
- Analitzar els efectes de l'entrenament pliomètric en les variables d'autopercepció, força, qualitat de moviment i potència.

## 4. METODOLOGIA

---

### 4.1. Disseny de l'estudi

Es tracta d'un assaig clínic aleatoritzat en paral·lel. Hi haurà un grup experimental i un grup de control, ja que té una finalitat analítica que és establir una relació de causa-efecte de la intervenció. Es farà de manera longitudinal i prospectiva, perquè es recolliran dades de les jugadores que hi participin i hi haurà un seguiment en el temps.

### 4.2. Població diana i mostra

El mètode de selecció de la mostra serà un mètode no probabilístic consecutiu, les jugadores que participin de l'estudi seran reclutades de les lligues de futbol espanyoles semiprofessionals (1ª RFEF i 2ª RFEF), sumant així unes 1.100 jugadores d'entre 48 equips. Les jugadores que participin de l'estudi hauran de seguir els següents criteris d'inclusió (Taula 3).

**Taula 3.** Criteris d'inclusió i d'exclusió

Criteris d'inclusió	Criteris d'exclusió
Sexe femení Entre 19 i 34 anys d'edat RLCA <3 mesos Tipus de plàstia autòloga Extensió de genoll completa Flexió de genoll >120º >80% de simetria en la càrrega en un <i>squat</i> >70% de simetria en força isomètrica de la musculatura extensora del genoll entre EEII	Antecedents de lesió del LCA Dolor en repòs (>1 escala EVA) Dolor durant les AAVD (>2 escala EVA)

*Nota.* Adaptat de Buckthorpe i Della Villa (2021).

### 4.3. Assignació dels individus als grups d'estudi

Seguint les recomanacions de la guia SPIRIT per als protocols d'assajos clínics (Butcher et al., 2022; Chan et al., 2013), es farà un cribratge de les jugadores que vulguin participar de l'estudi per tal de seleccionar aquelles que compleixin els criteris d'inclusió. Una vegada seleccionada la mostra, se separarà en dos grups en funció si porten una plàstia del tendó rotulià (HTH) o dels isquiosurals (IT). De manera aleatòria utilitzant el programa *Randomizer* (<https://randomizer.org/>) s'assignaran els diferents tractaments a cada una de les jugadores amb una ràtio d'1:1. Les del grup de control (GC) seguiran un tractament convencional i les del grup experimental (GE) faran la proposta d'intervenció centrada en l'entrenament pliomètric per poder fer el seguiment i la posterior valoració.

#### 4.4. Variables d'estudi

Les variables d'estudi d'interès, seran aquelles que permetin quantificar els objectius d'aquest. En aquest cas, doncs, es classificaran les variables en funció de l'objectiu que es vol avaluar (Taula 4). Els instruments de mesura utilitzats són fiables i vàlids per quantificar les variables que es volen estudiar en cada cas (Dingenen i Gokeler, 2017; Whiteley, Jacobsen, Prior, Skazalski, Otten i Johnson, 2012).

**Taula 4.** Variables d'estudi

Objectiu	Variable	Instrument de mesura	Valoració
Autopercepció de les jugadores	Simptomatologia, funció, activitat i participació	IKDC	Setmana 1, 12, 16
	Factors psicològics	ACL-RSI	Setmana 1, 12, 16
Força muscular	Ràtio funcional H:Q	Dinamometria isomètrica a 30º	Setmana 1, 8,14
			Setmana 1,8,14
Qualitat de moviment	Índex de simetria de les EEII	<i>Distance, crossover, triple, 6m timed hop</i>	Setmana 8, 12, 16
	Valg dinàmic de genoll	<i>SLDJ</i>	Setmana 8,12, 16
Potència muscular	Índex de força reactiva (RSI)	<i>SLDJ</i>	Setmana 8,12,16

##### **Simptomatologia, funció, activitat i participació**

L'IKDC-SKF és un formulari que mesura la percepció dels símptomes, la funció i la realització d'activitat esportiva sense simptomatologia comunicada per la pacient (vegeu *Annex I*). Consta de 18 ítems i dona com a resultat una puntuació que oscil·la entre el 0 i el 100, sent 100 l'absència de deteriorament i un alt nivell de participació. És una eina de valoració específica del genoll i no de la RLCA. Tanmateix, és un instrument amb bona consistència interna, fiabilitat test-retest, i amb validesa de contingut i estructura (Grevnerts, Terwee i Kvist, 2015).

##### **Factors psicològics**

L'ACL-RSI és un qüestionari que consta de 12 ítems que es puntua en una escala del 0 al 100, corresponen les puntuacions més altes a una millor adaptació psicològica per a la tornada a la pràctica esportiva (vegeu *Annex II*). La versió espanyola de la mateixa (ACL-RSI-Sp) ha demostrat ser un instrument vàlid i fiable per avaluar els factors psicològics en el RTS després de la RLCA (Sala-Barat, Álvarez-Díaz, Alentorn-Geli, Webster, Cugat i Tomás-Sabado, 2020).

##### **Ràtio convencional H:Q**

La ràtio funcional H:Q (Hiso/Qiso) pot indicar la força dels músculs isquiosurals per a contrarestar la translació anterior de la tibia (Evangelidis, Pain i Folland, 2015; Joreitz, Lynch A., Rabuck, Lynch B., Davin i Irrgang, 2016). S'avaluarà la força de contracció isomètrica del quàdriceps i els isquiosurals de

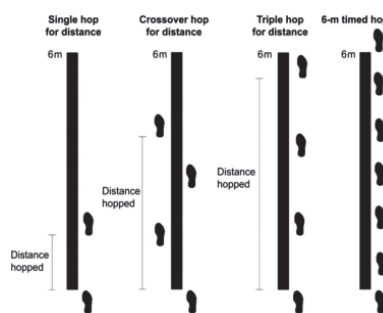
manera quantitativa mitjançant un dinamòmetre de ma collat en un punt fix, col·locant les jugadores en sedestació a 90º de flexió de maluc i una flexió de genoll de 120º (60º des de la posició d'extensió anatòmica) (Nevot-Casas, Pujol-Marzo, Moreno-Planes, Fort-Vanmeerhaeghe, 2020; Whiteley, Jacobsen, Prior, Skazalski, Otten i Johnson, 2012).

### Índex de simetria de les EEII

L'índex de simetria de les EEII (EI operada/EI no operada)×100 té potencial per sobreestimar la funció del genoll, comparar la cama operada amb la no operada és la manera més òbvia d'avaluar-la (Unverzagt et al., 2021).

S'avaluarà mitjançant la ràtio convencional H:Q i, per altra banda, per avaluar qualitat del moviment es realitzarà una bateria de tests de salt (Figura 7) que consta de: 1) *Single leg for distance*, 2) *Crossover hop for distance* 3) *Single leg triple hop*, 3) *6m timed hop* ja que són útils per detectar diferències entre un genoll sa i un genoll que hagi passat per una RCLA (Hegeus, McDonough, Bleakley, Cook i Baxter, 2015).

**Figura 7.** Bateria de tests de salt



*Nota.* Adaptat de Janewanitsataporn (2020)

### Valg dinàmic de genoll

El valg dinàmic de genoll és una variable qualitativa relacionada amb patrons biomecànics lesionats per al genoll. Per tal de valorar-la i quantificar-la, es farà un *Single Leg Drop Jump* (Myer, Ford, McLean i Hewett, 2006) que es mesurarà de manera quantitativa fent servir l'aplicació *MyMocap*.

### Índex de força reactiva

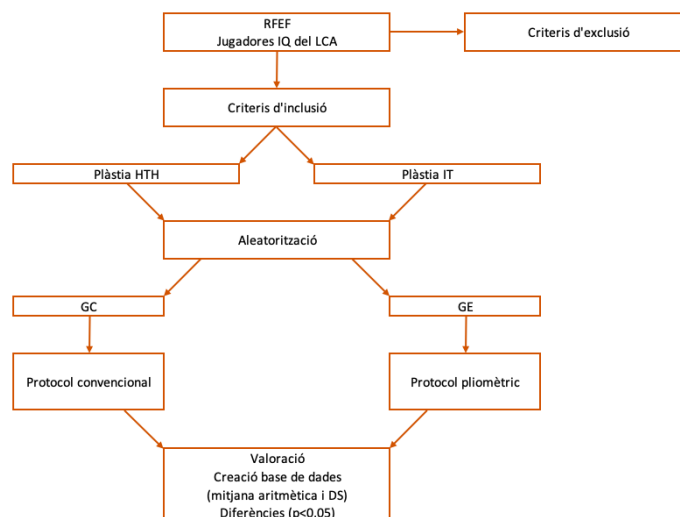
L'índex de força reactiva determina la velocitat d'acceleració, del canvi de direcció i de l'agilitat, imprescindible a l'hora de realitzar exercici pliomètric. Per tal de valorar-la i quantificar-la, es farà un *Single Leg Drop Jump* (Myer, Ford, McLean i Hewett, 2006) que es mesurarà de manera quantitativa fent servir l'aplicació *MyJump2* (Gallardo-Fuentes et al., 2016).

#### 4.5. Descripció de la proposta d'intervenció

Es contactarà amb la *Real Federación Española de Fútbol (RFEF)* per tal de tenir accés a les jugadores que hagin estat intervingudes quirúrgicament del LCA en els últims 3 mesos. L'estudi tindrà una durada de dues temporades, per tal de fer un estudi rigorós, a l'inici de cada una de les temporades es farà una reunió explicativa amb els diferents fisioterapeutes de cada equip per tal que tots puguin aplicar el protocol de la mateixa manera.

Aquelles jugadores que estiguin interessades a participar, hauran d'omplir un formulari de *Google Drive* on hi haurà adjunt el full d'informació al participant i el consentiment informat (vegeu *Annex III* i *Annex IV*). D'aquestes se seleccionaran només aquelles que compleixin els criteris d'inclusió per a poder participar de l'estudi. Per tal de reduir el risc del biaix de selecció, s'estratificaran aquelles jugadores que portin una plàstia HTH i IT i, de manera aleatòria, es dividiran en el GC i en el GE. Una vegada constituïts els dos grups, se li assignarà un protocol d'intervenció a cada una de les jugadores de manera aleatòria que duran a terme de manera paral·lela. Se li comunicarà i s'entregarà el protocol pertinent als entrenadors i entrenadores de la intervenció que hauran d'aplicar a cada jugadora, de manera que serà impossible el seu cegament. No obstant, la persona encarregada d'avaluar -que serà sempre la mateixa la que es desplaçarà al club pertinent- i, posteriorment, les encarregades de realitzar l'anàlisi estadística sí que ho estaran, ja que no sabran quin protocol ha seguit cada jugadora. La intervenció tindrà una durada de 16 setmanes. Una vegada acabada, es prendran mesures de les variables que es pretenen estudiar i es farà una base de dades amb els resultats dels tests realitzats per cada una de les participants que, posteriorment, servirà per fer l'anàlisi estadística, calculant la mitjana aritmètica i la desviació estàndard (DS) de cada test. La mostra seran aquelles jugadores que compleixin els criteris d'inclusió durant el període de temps que dura l'estudi. Posteriorment, es compararà el GC i el GE i es buscaran diferències estadísticament significatives entre una intervenció i l'altra (Figura 8).

**Figura 8.** Procediment de l'estudi





#### 4.6. Anàlisi estadística

Es crearà una base de dades amb els diferents tests del GC i del GE. L'estudi compta amb variables quantitatives, que són aquelles que poden analitzar-se mitjançant mètodes estadístics; amb aquests s'obté la mitjana aritmètica i la desviació estàndard de cada una de les variables d'estudi, atesos als criteris de la normalitat. Pel que fa a les variables categòriques, s'analitzaran mitjançant l'estadística descriptiva i el contrast d'hipòtesi paramètrica (95% d'interval de confiança). Aquesta normalitat s'haurà de contrastar amb el test de Lilliefors i trobar aquells valors més propers a la mitjana. Si després d'haver realitzat els tests pertinents la distribució es presenta com a normal es realitzarà la prova d'Anàlisi de la Variància (ANOVA), per avaluar l'efecte de tractament de les variables analitzades i, d'aquesta manera aconseguir comparar les variables i la seva variància dins els grups d'anàlisi. Si la distribució resulta ser no normal i presenta asimetria i curtosis, es durà a terme la prova Kruskal Wallis, un mètode no paramètric. Per a elaborar aquesta anàlisi estadística, se situarà la significació per sota de  $p < 0,05$  i es farà amb el programa Jamovi (<https://www.jamovi.org/>) (Caldwell, 2022; Şahin i Aybek, 2019).

#### 4.7. Consideracions ètiques

El protocol d'intervenció del present estudi, així com els documents d'informació al participant i de consentiment informat (vegeu *Annex III i Annex IV*), seran enviats per a la seva aprovació al Comitè d'Ètica de l'Escola Superior de Ciències de la Salut de TecnoCampus, amb la finalitat de garantir el compliment dels aspectes ètics de la recerca. Totes les jugadores que participin de l'estudi seran informades per la investigadora principal, de manera oral i escrita, mitjançant el full d'informació al participant, el qual estarà disponible en castellà i català. En cas que acceptin participar en el present estudi, es procedirà a la signatura del consentiment informat, el qual també estarà disponible en castellà i català.

Durant el desenvolupament del mateix estudi es respectarà en tot moment el Codi Deontològic de la Professió de Fisioteràpia, així com els principis ètics de la declaració de Hèlsinki (WMA, 2013), permetent que en qualsevol moment les participants puguin abandonar voluntàriament l'estudi de manera lliure, sense que això suposi cap perjudici o canvi en el tractament habitualment rebut.

Per altra banda, les dades recollides s'anonimitzaran, mantenint la confidencialitat de les participants, d'acord amb la Llei Orgànica 3/2018, del 5 de desembre, de protecció de dades personals i garantia dels drets digitals i el Reglament general (UE) 2016/679, del 27 d'abril de 2016, de protecció de dades (RGPD).

## 5. PROCEDIMENT

---

### 5.1. Descripció del protocol pliomètric

El protocol que es presenta a continuació haurà d'adaptar-se a l'estat de cada jugadora i progressar tenint en compte el dolor, la inflamació i la capacitat de la jugadora de realitzar els exercicis proposats, per tant serà important que les sessions estiguin dirigides i supervisades per la fisioterapeuta de l'equip o del club. Aquesta progressió caldrà fer-la d'una manera lògica modificant diferents paràmetres de l'entrenament com el volum, la freqüència o la intensitat (Chu i Mayer, 2013).

Pel que fa la planificació del microcicle, caldrà tenir en compte que la pliometria és una activitat anaeròbica que demanda un descans de 48-72 hores inter-sessió (Taula 5). Cal tenir en compte que la intensitat durant les primeres setmanes serà baixa, i, per tant es poden realitzar les sessions amb un descans de 24-48 hores. La freqüència d'entrenament però, dependrà del dolor i la inflamació.

**Taula 5.** Microcicle model

DILLUNS	DIMARTS	DIMECRES	DIJOUS	DIVENDRES
Pliometria EI	Pliometria EI	Descans	Pliometria EI	Tècnica carrera

Per tal de garantir que l'esportista hagi adquirit el control NM i la resistència adequada, abans de modificar altres paràmetres, el primer que s'haurà de modificar serà el volum de l'entrenament, mesurat habitualment pel nombre de salts realitzats (*foot contacts*). Aquest haurà de ser d'uns 60-100 *foot contacts* de baixa intensitat per sessió a uns 100-150 a una intensitat baixa-moderada, acabant per uns 150-250 a una intensitat moderada.

La intensitat està associada a la capacitat del teixit per a suportar càrregues externes i a la capacitat de la jugadora de realitzar l'activitat amb el rendiment tècnic desitjat. Qualsevol modificació que augmenti l'energia cinètica augmentarà la intensitat de l'activitat pliomètrica (Taula 2). De la mateixa manera que l'entrenament d'altres capacitats, la progressió haurà de ser gradual d'activitats de baixa a alta intensitat per tal d'evitar respostes adverses a l'entrenament.

El temps de recuperació inter-sèrie, dependrà de la intensitat del propi exercici. En un exercici d'alta intensitat, és aconsellable descansar seguint una ràtio de 1:5 o 1:10 per garantir una correcta execució de l'exercici. No obstant això, com que durant el procés de recuperació la intensitat acostuma a ser baixa, aquesta ràtio queda reduïda a un 1:1 o 1:2. Aquest temps és molt important per tal d'establir tècniques biomecànicament segures i apropiades que permetin aconseguir un rendiment òptim i evitar posicions potencialment perilloses.

### 5.1.1. Sessió de pliometria

La sessió d'entrenament se centra en la responsabilitat, la concentració i el seguiment per tal de completar-la i s'ha de realitzar en un entorn segur i positiu. El temps real de la sessió ha de ser de 20-30 minuts i, s'han de dedicar 10-15 minuts addicionals a un escalfament i una tornada a la calma.

Un dels principis bàsics de tots els programes d'exercici és que els principals esforços d'entrenament han d'anar precedits d'activitats de nivell inferior. Aquests exercicis d'escalfament no es classifiquen com a veritables exercicis pliomètrics perquè requereixen menys esforç voluntari, atenció i concentració per a completar-los. No obstant això, s'utilitzen per a desenvolupar habilitats de moviment fonamentals i augmentar la temperatura central del cos i són útils per a establir patrons motrius que es transferiran directament al desenvolupament de la velocitat i la capacitat de salt (Chu i Mayer, 2013).

L'escalfament consta d'una part més isomètrica, la qual es faran 4 sèries de 30 segons per exercici. Seguidament hi ha una part més dinàmica, la qual es faran 2 sèries en format circuit de 10 repeticions per exercici i una última part de desplaçaments amb més transferència a l'exercici pliomètric, que es realitzaran en espais de 10 metres i es faran 3 repeticions de cada desplaçament (Taula 6).

**Taula 6.** Escalfament

			
<i>Frontal plank leg hold</i>	<i>Lateral plank leg hold</i>	<i>Glute bridge</i>	<i>Hamstring bridge</i>
			
<i>Clam shell</i>	<i>Calf raises</i>	<i>Front lunge</i>	<i>Side-to-side lunge</i>
			
<i>Monster walks</i>	<i>A skip</i>	<i>Butt kicks</i>	<i>Lateral high knees</i>

La part principal de la sessió ha de tenir una durada aproximada d'entre 45-60', tenint en compte el temps de descans. En aquesta part és quan es treballen els continguts més específics de l'entrenament pliomètric. Per tal de seguir una progressió lògica i estandarditzada, es dividirà en diferents fases en funció de l'estat de les jugadores (Taula 7).

**Taula 7.** Criteris i progressions del protocol

	Fase 1 Setmanes 1-5	Fase 2 Setmanes 6-9	Fase 3 Setmanes 10-13	Fase 4 Setmanes 14-16
Propòsit	Pliometria predominantment bilaterals de baixa intensitat a intensitat sub-màx per a afavorir el control excèntric i motor i la preparació per a la carrera	Pliometria bilateral i unilateral d'intensitat moderada amb fi de desenvolupar la potència de les EEII i el control excèntric, en particular les capacitats de desacceleració unilateral	Pliometria bilateral i unilateral de major intensitat amb fi de desenvolupar la potència de les EEII i les capacitats de control motor multidireccional i d'acceleració.	Optimitzar el rendiment neuromuscular explosiu de les EEII i donar suport al reentrenament del moviment específic de l'esport
Criteris per començar la fase	Dolor <2 escala EVA AAVDD Extensió completa Flexió >120º Bona tècnica <i>squat</i>	Capacitat carrera en cinta durant 10' a 8kn/h Bona cinemàtica aterratge Força cadena cinètica tancada >1,25 vegades pes corporal	Bona mecànica de salt en caiguda BL Bon control d'aterratge UL Força cadena cinètica tancada >1,5 vegades pes corporal	Força cadena cinètica tancada >2 vegades pes corporal Bona qualitat de moviment (aterratge UL/desacceleració/drop jump BL i UL/mecànica del canvi de direcció)
Tipus d'exercici	Compensació BL BL asimètric BL simètric (sub-màx)	Compensació BL BL asimètric BL simètric UL (linial)	Compensació BL BL asimètric BL simètric UL (multidireccional)	Compensació BL BL asimètric BL simètric UL (multidireccional)
<i>Foot contacts</i>	50-100	100-150	150-200	200-250
Intensitat	Baixa	Baixa-moderada	Moderada	Moderada-alta

*Nota.* Adaptat de Buckthorpe i Della Villa (2021).

Seguidament, s'exposen les diferents fases del protocol de manera més específica i desglossada, així com els exercicis pertinents a cada fase i diferents paràmetres per tal de poder quantificar l'entrenament pliomètric (Taula 8).



**Taula 8.** Proposta del procés d'entrenament pliomètric

FASE 1				
Variables	Setmana 1-3		Setmanes 4-5	
Exercicis	Principals	Complementaris	Principals	Complementaris
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Snap down to double-leg stance (i progressió)</li> <li>· Lunge push back (i progressió)</li> <li>· Squat Jump to box</li> <li>· Countermovement Jump to box</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Progressió Squat Jump to box</li> <li>· Progressió Countermovement Jump to box</li> <li>· Snap down to single-leg stance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Progressió Countermovement Jump to box</li> <li>· Snap down to single-leg stance</li> <li>· Alternate leg step up jump</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Pogo jumps</li> </ul>
<i>Foot contacts</i>	50-75		75-100	
<i>Intensitat (RPE%)</i>	≈ 15-30%			
FASE 2				
Variables	Setmana 6-7		Setmanes 8-9	
Exercicis	Principals	Complementaris	Principals	Complementaris
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Landing</li> <li>· Squat Jump</li> <li>· Countermovement Jump</li> <li>· Split Jump</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Split stance pogo jumps</li> <li>· Progressió Squat Jump</li> <li>· Progressió Countermovement Jump</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Drop Jump</li> <li>· Step and land</li> <li>· Drop step jump</li> <li>· Step up jump</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Progressió Drop Jump</li> <li>· Lateral lunge (i progressió)</li> <li>· Lateral Squat Jump</li> </ul>
<i>Foot contacts</i>	100-125		125-150	
<i>Intensitat (RPE%)</i>	≈ 30-50%			
FASE 3				
Variables	Setmana 10-11		Setmanes 12-13	
Exercicis	Principals	Complementaris	Principals	Complementaris
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Lateral step-jump-back</li> <li>· Single-leg Jump to double-leg landing</li> <li>· Single-leg jump to box</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Tuck Jump</li> <li>· Bounds</li> <li>· Single-leg hops</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Progressió Lateral-step-jump-back</li> <li>· Progressió single-leg jump to box</li> <li>· Bounds (i progressió)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Progressió Tuck Jump</li> <li>· Progressió single-leg hops</li> <li>· Progressió single-leg jump to double-Leg landing</li> </ul>
<i>Foot contacts</i>	150-175		175-200	
<i>Intensitat (RPE%)</i>	≈ 50-75%			
FASE 4				
Variables	Setmana 14-15		Setmana 16	
Exercicis	Principals	Complementaris	Principals	Complementaris
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Step and Cut (i progressió)</li> <li>· Single-leg Drop Jump</li> <li>· Double-leg Hurdle Jumps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Weighted Squat Jump</li> <li>· Single-leg rotational jump</li> <li>· Single-leg Hurdle Jumps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Progressió single-leg Drop Jump</li> <li>· Progressió double-leg Hurdle Jumps</li> <li>· Progressió single-leg Hurdle Jumps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Medball lateral jump</li> <li>· Multi-planar Hurdle Jumps</li> </ul>
<i>Foot contacts</i>	200-225		225-250	
<i>Intensitat (RPE%)</i>	≈ 75-100%			



A continuació, es mostren explicats els diferents exercicis proposats per a cada una de les fases explicades anteriorment. Cal remarcar que s'hauran de seleccionar els exercicis de manera crítica i respectuosa amb la jugadora per tal de no produir respostes adverses a l'entrenament.

Fase 1



Taula 9. Snap Down to Double-leg (DL) Stance

<p>Posició inicial: triple extensió de les EEl i braços en extensió per sobre el cap.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acumular energia des de la posició inicial.</li> <li>- Llençar braços enrere i realitzar un <i>squat</i> enèrgic.</li> </ul> <p>Posició final: <i>squat</i>.</p>		
<b>CONTINGUT</b>	Absorció d'energia.	
<b>INSTRUCCIONS</b>	Acumular energia i realitzar una caiguda intencionada. Flexionar genolls i mantenir la posició final.	
<b>PROGRESSIÓ</b>	<p><u><i>Snap Down to split squat stance</i></u> De la mateixa manera que l'anterior, però acabant amb posició de <i>split squat</i>. Alternar les cames.</p>	



Taula 10. Lunge Push Back

<p>Posició inicial: bipedestació.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Passa endavant quedant-se en posició de <i>split squat</i>.</li> <li>- Empènyer el terra amb la cama avançada per tornar a la posició inicial.</li> </ul> <p>Posició final: bipedestació.</p>		
<b>CONTINGUT</b>	Absorció d'energia i <i>push</i> enrere.	
<b>INSTRUCCIONS</b>	Flexionar el genoll i evitar la flexió del tronc. Coordinar amb braç contrari. Empènyer fort el terra per tornar a la posició inicial.	
<b>PROGRESSIÓ</b>	<p>Fer-ho de manera unilateral, quedant-se en posició monopodal a la tornada (participació dels extensors de maluc i genoll).</p>	


**Taula 11. Squat Jump (SJ) to box**

<p>Posició inicial: <i>squat</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Des de la posició de <i>squat</i> realitzar un salt al calaix.</li> </ul> <p>Posició final: <i>squat</i> sobre el calaix.</p>		
<b>CONTINGUT</b>	Salt al calaix endavant. Fase concèntrica del salt.	
<b>INSTRUCCIONS</b>	No realitzar un contramoviment a l'hora de saltar. Ajudar-se a la fase de propulsió amb els braços. Intentar distribuir el pes a parts iguals entre les dues cames. No realitzar una inclinació exagerada del tronc. Fer un aterratge harmònic, "sense fer gaire soroll".	
<b>PROGRESSIÓ</b>	De la mateixa manera que l'anterior, però saltant amb una cama, fer l'aterratge amb les dues cames.	


**Taula 12. Counter Movement Jump (CMJ) to box**

<p>Posició inicial: bipedestació amb els braços en extensió per sobre el cap.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agafar impuls fent una flexió de genolls i de maluc acompanyades per l'acció dels braços.</li> <li>- Des de la posició de <i>squat</i> realitzar un salt al calaix.</li> </ul> <p>Posició final: <i>squat</i> sobre el calaix.</p>		
<b>CONTINGUT</b>	Salt al calaix endavant amb contramoviment.	
<b>INSTRUCCIONS</b>	Agafar impuls des de la posició de bipedestació amb l'ajuda dels braços. Distribuir el pes entre les dues cames. No realitzar una inclinació exagerada del tronc. Fer un aterratge harmònic, "sense fer gaire soroll".	
<b>PROGRESSIÓ</b>	De la mateixa manera que l'anterior, però saltant amb una cama, fer l'aterratge amb les dues cames.	


**Taula 13.** Snap down to Single-Leg (SL) stance

<p>Posició inicial: triple extensió de les EEl i braços en extensió per sobre el cap.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acumular energia des de la posició inicial.</li> <li>- Llençar braços enrere i realitzar un <i>SL squat</i> enèrgic.</li> </ul> <p>Posició final: <i>SL squat</i>.</p>	
<b>CONTINGUT</b>	Absorció d'energia unilateral.
<b>INSTRUCCIONS</b>	Acumular energia i realitzar una caiguda intencionada. Flexionar genoll i mantenir la posició final. Controlar el valg de genoll.

**Taula 14.** Alternate Leg Step Up Jump

<p>Posició inicial: bipedestació amb una cama sobre el <i>step</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar un salt vertical amb la cama del <i>step</i>.</li> <li>- Caure amb l'altra cama per tornar-se a impulsar.</li> </ul> <p>Posició final: bipedestació amb una cama sobre el <i>step</i>.</p>	
<b>CONTINGUT</b>	Salt vertical unilateral. Fase concèntrica del salt.
<b>INSTRUCCIONS</b>	Impulsar-se amb el peu que està sobre el <i>step</i> i saltar cap amunt. Caure amb l'altra cama i realitzar la mateixa acció. Encadenar els salts. Controlar el valg de genoll. Coordinar amb braç contrari.


**Taula 15.** Pogo jumps

<p>Posició inicial: bipedestació, genolls lleugerament flexionats i peus junts.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar un salt des dels turmells acompanyat d'un lleu moviment de braços.</li> </ul> <p>Posició final: bipedestació, genolls lleugerament flexionats i peus junts.</p>	
<b>CONTINGUT</b>	Salt vertical bilateral. Acumulació i transformació d'energia cinètica.
<b>INSTRUCCIONS</b>	Encadenar els salts tan ràpid com sigui possible (mínim temps de contacte). Mínima flexió de genoll i maluc. Turmells sempre actius (taló no toca mai el terra). Coordinació amb braços.





Fase 2



**Taula 16. Landing**

<p>Posició inicial: bipedestació.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deixar-se caure avançant una cama.</li> <li>- Caure amb les dues cames i mantenir la posició final 2-3 segons.</li> </ul> <p>Posició final: <i>squat</i>.</p>	
<b>CONTINGUT</b>	Absorció d'energia. Fase excèntrica del salt.
<b>INSTRUCCIONS</b>	No saltar del <i>step</i> , sinó deixar-se caure. Flexionar els genolls per suavitzar la caiguda controlant el valg de genoll. No fer una flexió exagerada de maluc a l'hora de caure. Mantenir la posició final.



**Taula 17. SJ**

<p>Posició inicial: <i>squat</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar un salt vertical des de la posició inicial amb l'ajuda de l'impuls dels braços.</li> <li>- Caure en posició de <i>squat</i> i mantenir la posició per encadenar-la amb el proper salt.</li> </ul> <p>Posició final: <i>squat</i>.</p>		
<b>CONTINGUT</b>	Integració fases del salt.	
<b>INSTRUCCIONS</b>	No realitzar un contramoviment a l'hora de saltar. Ajudar-se a la fase de propulsió amb els braços. Intentar distribuir el pes a parts iguals entre les dues cames. No realitzar una inclinació exagerada del tronc. Fer un aterratge harmònic, "sense fer gaire soroll".	
<b>PROGRESSIÓ</b>	<p><u>SJ forward</u></p> <p>Realitzar un SJ amb desplaçament en el pla sagital. Avançar tant com sigui possible.</p>	



**Taula 18. CMJ**

<p>Posició inicial: bipedestació amb els braços en extensió per sobre el cap.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agafar impuls fent una flexió de genolls i de maluc acompanyades per l'acció dels braços.</li> <li>- Des de la posició de <i>squat</i> realitzar un salt vertical.</li> </ul> <p>Posició final: <i>squat</i>.</p>	
<b>CONTINGUT</b>	Integració fases del salt amb contramoviment.
<b>INSTRUCCIONS</b>	Agafar impuls des de la posició de bipedestació amb l'ajuda dels braços. Distribuir el pes entre les dues cames. No realitzar una inclinació exagerada del tronc. Fer un aterratge harmònic, "sense fer gaire soroll". Encadenar salts.
<b>PROGRESSIÓ</b>	<p><u>CMJ forward</u> Realitzar un CMJ amb desplaçament en el pla sagital. Avançar tant com sigui possible.</p> 


**Taula 19. Drop Jump (DJ)**

<p>Posició inicial: bipedestació amb les mans sobre el maluc.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deixar-se caure avançant una cama.</li> <li>- Una vegada s'entri en contacte amb el terra amb les dues cames, generar una força reactiva i màxima de propulsió vertical.</li> </ul> <p>Posició final: <i>squat</i>.</p>	
<b>CONTINGUT</b>	Absorció i transformació d'energia. Acumulació d'energia cinètica.
<b>INSTRUCCIONS</b>	Calaix de 30cm. Mans sobre els malucs. Saltar tan ràpid i alt com sigui possible. No saltar del calaix, deixar-se caure. Flexionar els genolls a l'hora de caure. Controlar el valg de genoll.
<b>PROGRESSIÓ</b>	<p><u>Drop horitzontal jump</u> El mateix que l'anterior, però realitzant el salt cap endavant.</p> 


**Taula 20. Split Jump**

<p>Posició inicial: <i>split squat</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar un salt vertical acompanyat de l'acció dels braços.</li> </ul> <p>Posició final: <i>split squat</i>.</p>	
<b>CONTINGUT</b>	Integració fases del salt. Bilateral asimètric.
<b>INSTRUCCIONS</b>	Acompanyar els salts amb el moviment del braç contralateral. Flexionar els genolls al caure i no obrir exageradament les cames. Impulsar-se fort amunt. Controlar el valg de genoll.
<b>PROGRESSIÓ</b>	<p>De la mateixa manera que l'anterior, però alternant les cames.</p> 


**Taula 21. Split stance pogo jumps**

<p>Posició inicial: bipedestació, genolls lleugerament flexionats i peus en posició de semi-tàndem.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar un salt des dels turmells.</li> </ul> <p>Posició final: bipedestació, genolls lleugerament flexionats i peus en posició de semi-tàndem.</p>	
<b>CONTINGUT</b>	Salt vertical bilateral. Acumulació i transformació d'energia cinètica.
<b>INSTRUCCIONS</b>	Encadenar els salts tan ràpid com sigui possible (mínim temps de contacte). Mínima flexió de genoll i maluc. Turmells sempre actius (taló no toca mai el terra).
<b>PROGRESSIÓ</b>	<p><u><i>Split stance pogo jumps forward</i></u></p> <p>De la mateixa manera que l'anterior, però avançant endavant amb cada salt.</p>


**Taula 22. Step and land**

<p>Posició inicial: bipedestació.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fer una passa endavant.</li> <li>- Caure amortitzant la caiguda.</li> </ul> <p>Posició final: <i>SL squat</i>.</p>	
<b>CONTINGUT</b>	Absorció d'energia.
<b>INSTRUCCIONS</b>	Fer la passa amb força i endavant. Acompanyar-la de l'acció dels braços. Flexionar el genoll per amortitzar la caiguda.



**Taula 23. Drop Step Jump**

<p>Posició inicial: bipedestació.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fer una passa endavant.</li> <li>- Amortitzar la caiguda amb la cama que fa la passa i fer un salt vertical amb les dues cames.</li> <li>- Caure amb les dues cames i mantenir la posició final 2-3 segons.</li> </ul> <p>Posició final: <i>squat</i>.</p>	
<b>CONTINGUT</b>	Absorció d'energia. Integració fases del salt.
<b>INSTRUCCIONS</b>	Fer la passa amb força i endavant. Acompanyar-la de l'acció dels braços. Flexionar el genoll per amortitzar la caiguda. Fer un salt amb les dues cames controlant el valg durant la caiguda.


**Taula 24. Step Up Jump**

<p>Posició inicial: bipedestació amb una cama sobre el <i>step</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar un salt vertical amb la cama del <i>step</i>.</li> <li>- Caure amb la mateixa cama per tornar-se a impulsar.</li> </ul> <p>Posició final: bipedestació amb una cama sobre el <i>step</i>.</p>	
<b>CONTINGUT</b>	Salt vertical unilateral. Integració fases del salt.
<b>INSTRUCCIONS</b>	Impulsar-se amb el peu que està sobre el <i>step</i> i saltar cap amunt. Caure amb la mateixa cama i repetir l'acció. Encadenar els salts. Controlar el valg de genoll. Coordinar amb braç contrari.

**Taula 25. Lateral Lunge**


<p>Posició inicial: bipedestació.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar una passa lateral (abducció) acompanyant-la amb el moviment del braç contralateral.</li> <li>- Absorbir la força flexionant el genoll i lleugerament el maluc.</li> <li>- Empènyer el terra amb la cama que ha fet l'acció per tornar a la posició inicial.</li> </ul> <p>Posició final: bipedestació, mans sobre els malucs.</p>		
<b>CONTINGUT</b>	Introducció del moviment en el pla frontal. Absorció d'energia.	
<b>INSTRUCCIONS</b>	Acompanyar la passa amb el braç contralateral. Frenar la caiguda i controlar el valg de genoll. Empènyer el terra amb força.	
<b>PROGRESSIÓ</b>	<p><u>Crossover lunge</u></p> <p>De la mateixa manera que l'anterior, però creuant (adducció) la cama que realitza la passa lateral.</p>	

**Taula 26. Lateral Squat Jump**



<p>Posició inicial: <i>squat</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar un salt lateral des de la posició inicial amb l'ajuda de l'impuls dels braços.</li> <li>- Caure en posició de <i>squat</i> i mantenir la posició per encadenar-la amb el proper salt.</li> </ul> <p>Posició final: <i>squat</i>.</p>		
<b>CONTINGUT</b>	Introducció del moviment en el pla frontal. Integració fases del salt.	
<b>INSTRUCCIONS</b>	No realitzar un contramoviment a l'hora de saltar. Ajudar-se a la fase de propulsió amb els braços. Intentar distribuir el pes a parts iguals entre les dues cames. No realitzar una inclinació exagerada del tronc. Fer un aterratge harmònic, "sense fer gaire soroll".	

Fase 3



**Taula 27. Tuck jump**

<p>Posició inicial: bipedestació, peus a l'alçada dels malucs.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flexionar lleugerament els genolls i estendre els braços.</li> <li>- Fer un salt vertical aixecant els genolls i agrupant el cos.</li> <li>- Caure suaument amb els dos peus.</li> </ul> <p>Posició final: bipedestació, peus a l'alçada dels malucs.</p>		
<b>CONTINGUT</b>	Integració fases del salt.	
<b>INSTRUCCIONS</b>	Saltar tan amunt com sigui possible. Durant la fase de vol, tocar els genolls amb les mans a l'alçada del pit. Caure suaument aterrant sobre els metatarsians.	
<b>PROGRESSIÓ</b>	De la mateixa manera que l'anterior però, afegint-hi moviment en el pla transversal.	



**Taula 28. Lateral step-jump-back**

<p>Posició inicial: <i>SL squat</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fer un salt lateral (amb la cama de fora).</li> <li>- Aterrar amb la cama que no ha realitzat el salt (cama de dins).</li> <li>- Amb la cama que ha fet l'aterratge, saltar per tornar a la posició inicial.</li> </ul> <p>Posició final: <i>SL squat</i>.</p>		
<b>CONTINGUT</b>	Salt lateral unilateral.	
<b>INSTRUCCIONS</b>	Començar impulsant amb la cama lesionada i aterrant amb la sana. Acompanyar el salt amb l'acció del braç. Aterrar de manera suau controlant el valg de genoll.	
<b>PROGRESSIÓ</b>	<p><u>Crossover step-jump-back</u></p> <p>Des de la posició de squat, realitzar un salt lateral, serà la cama de dins la que realitzarà la força i la de fora l'aterratge. El pes haurà d'estar a la cama que fa la força.</p>	

**Taula 29. SL jump to DL landing**



<p>Posició inicial: doble extensió de la cama recolzada i triple flexió de la contralateral.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar una flexió de genoll per preparar la fase de propulsió.</li> <li>- Saltar vertical amb la cama que queda al terra, ajudant-se de l'altra i de l'acció dels braços.</li> <li>- Caure amb les dues cames.</li> </ul> <p>Posició final: <i>squat</i>.</p>		
<b>CONTINGUT</b>	Integració de les fases del salt. Fase concèntrica unilateral.	
<b>INSTRUCCIONS</b>	Acumular energia durant la fase excèntrica i isomètrica prèvies al salt. Saltar endavant impulsant-se amb l'ajuda dels braços i la cama contralateral. Realitzar una triple extensió amb la cama que realitza el salt. Aterrar sobre els metatarsians i controlar el valg de genoll.	
<b>PROGRESSIÓ</b>	De la mateixa manera que l'anterior però, afegint-hi moviment en el pla transversal. Començant per girs de 30º, seguits de 60º i acabant per girs de 90º.	

**Taula 30. SL jump to box**



<p>Posició inicial: doble extensió de la cama recolzada i triple flexió de la contralateral.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar una flexió de genoll per preparar la fase de propulsió.</li> <li>- Saltar al calaix amb la cama que queda al terra, ajudant-se de l'altra i de l'acció dels braços.</li> <li>- Caure amb la mateixa cama que ha realitzat el salt.</li> </ul> <p>Posició final: <i>SL squat</i>.</p>		
<b>CONTINGUT</b>	Integració de les fases del salt. Salt unilateral.	
<b>INSTRUCCIONS</b>	Acumular energia durant la fase excèntrica i isomètrica prèvies al salt. Impulsar-se amunt amb l'ajuda dels braços i la cama contralateral. Realitzar una triple extensió de la cama que realitza el salt. Controlar el valg de genoll.	
<b>PROGRESSIÓ</b>	De la mateixa manera que l'anterior, però col·locant-se perpendicular al calaix, de manera que haurà de fer un salt amb rotació per tal de caure de cara al calaix.	



**Taula 31. Bounds**

<p>Posició inicial: doble extensió de la cama recolzada i triple flexió de la contralateral.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar una flexió de genoll per preparar la fase de propulsió.</li> <li>- Saltar endavant amb la cama que queda al terra, ajudant-se de l'altra i de l'acció dels braços.</li> <li>- Caure amb l'altra cama.</li> </ul> <p>Posició final: <i>SL squat</i>.</p>		
<p><b>CONTINGUT</b></p>	<p>Tècnica de carrera.</p>	
<p><b>INSTRUCCIONS</b></p>	<p>Acumular energia durant la fase excèntrica i isomètrica prèvies al salt. Saltar endavant impulsant-se amb l'ajuda dels braços i la cama contralateral. Realitzar una triple extensió amb la cama que realitza el salt. Aterrar sobre els metatarsians i controlar el valg de genoll.</p>	
<p><b>PROGRESSIÓ</b></p>	<p>De la mateixa manera que l'anterior, però afegint-hi moviment en el pla transversal introduint-hi lleugers canvis de direcció a baixa velocitat.</p>	


**Taula 32. SL Hops**

<p>Posició inicial: recolzament monopodal.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar petits salts en el pla sagital (endavant i endarrere) de manera unilateral amb la cama que està a terra.</li> </ul> <p>Posició inicial: recolzament monopodal.</p>		
<p><b>CONTINGUT</b></p>	<p>Integració de les fases del salt. Salt multidireccional unilateral.</p>	
<p><b>INSTRUCCIONS</b></p>	<p>Realitzar el salt des del turmell. Recolzament del peu amb els caps dels metatarsians. Mínima flexió de genoll i maluc. Mínim temps de contacte amb el terra.</p>	
<p><b>PROGRESSIÓ</b></p>	<p>De la mateixa manera que l'anterior, però realitzant els salts en el pla frontal (laterals).</p>	





Fase 4



Taula 33. *Weighted SJ*

<p>Posició inicial: <i>squat</i>, manuelles a ambdues mans.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar un salt vertical des de la posició inicial.</li> <li>- Caure en posició de <i>squat</i> i mantenir la posició per encadenar-la amb el proper salt.</li> </ul> <p>Posició final: <i>squat</i>, manuelles a ambdues mans.</p>	
<b>CONTINGUT</b>	Integració de les fases del salt. Treball de força específica, salt resistit.
<b>INSTRUCCIONS</b>	No realitzar un contramoviment a l'hora de saltar. Mantenir la <i>kettlebell</i> amb els braços en posició neutra. Intentar distribuir el pes a parts iguals entre les dues cames. No realitzar una inclinació exagerada del tronc. Fer un aterratge harmònic, "sense fer gaire soroll".


Taula 34. *Step and Cut*

<p>Posició inicial: bipedestació.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar una passa endavant.</li> <li>- Aterrar i mantenir la posició.</li> <li>- Sortir en una direcció diferent a la precedida (30°).</li> </ul> <p>Posició final: acceleració.</p>	
<b>CONTINGUT</b>	Fase excèntrica del salt. Tècnica de canvi de direcció en carrera.
<b>INSTRUCCIONS</b>	Acompanyar l'acció amb els braços. Controlar el valg de genoll durant la caiguda. Flexionar el genoll i el maluc lleugerament. Encarar el tronc cap a la direcció a la qual es vol anar. Impulsar-se fort amb la cama que ha realitzat l'aterratge.
<b>PROGRESSIÓ</b>	De la mateixa manera que l'anterior, però augmentant l'angle del canvi de direcció a 60° i, posteriorment, a 90°.
	


**Taula 35. SL DJ**

<p>Posició inicial: bipedestació amb les mans sobre el maluc.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deixar-se caure avançant una cama.</li> <li>- Una vegada s'entri en contacte amb el terra, generar una força reactiva i màxima de propulsió vertical.</li> </ul> <p>Posició final: <i>squat</i>.</p>	
<p><b>CONTINGUT</b></p>	<p>Absorció d'energia de manera unilateral. Acumulació d'energia cinètica.</p>
<p><b>INSTRUCCIONS</b></p>	<p>Calaix de 30cm. Mans sobre els malucs. Saltar tan ràpid i alt com sigui possible. No saltar del calaix, deixar-se caure. Flexionar el genoll a l'hora de caure. Controlar el valg de genoll.</p>
<p><b>PROGRESSIÓ</b></p>	<p>De la mateixa manera que l'anterior, però realitzant l'aterratge i el salt de manera lateral.</p> 


**Taula 36. SL rotational jump**

<p>Posició inicial: recolzament monopodal.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flexionar el genoll per acumular energia per fer la propulsió.</li> <li>- Saltar verticalment a l'hora que gira el cos en l'eix transversal.</li> <li>- Caure sobre la mateixa cama.</li> </ul> <p>Posició final: recolzament monopodal.</p>	
<p><b>CONTINGUT</b></p>	<p>Integració de les fases del salt. Salt unilateral amb rotació sobre l'eix transversal.</p>
<p><b>INSTRUCCIONS</b></p>	<p>Controlar el valg de genoll en totes les fases. Ajudar-se de l'acció dels braços per fer el salt i el gir. Caure de manera suau sobre la cama que ha realitzat el salt. Augmentar l'angulació del salt sobre l'eix transversal.</p>



**Taula 37. Med ball lateral jump**

<p>Posició inicial: <i>SL squat</i>, la pilota medicinal agafada amb les dues mans queda a l'alçada del maluc de la cama que queda al terra.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fer un salt lateral amb la cama de terra alhora que es desplaça la pilota medicinal en diagonal.</li> <li>- Aterrar sobre l'altra cama mantenint la pilota per sobre el cap.</li> </ul> <p>Posició inicial: <i>SL squat</i>, la pilota medicinal agafada amb les dues mans queda per sobre l'espatlla homolateral de la cama que queda al terra.</p>	
<b>CONTINGUT</b>	Salt lateral unilateral. Introducció de pertorbacions.
<b>INSTRUCCIONS</b>	Encongir el cos per agafar impuls per fer el salt. Fer un salt lateral enèrgic acompanyat d'un moviment ràpid de la pilota medicinal.


**Taula 38. DL Hurdle jump**

<p>Posició inicial: bipedestació.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar els salts de tanques com un SJ.</li> </ul> <p>Posició final: <i>squat</i>.</p>	
<b>CONTINGUT</b>	Integració de les fases del salt. Encadenament de salts frontals.
<b>INSTRUCCIONS</b>	Mínim contacte amb el terra. Contactar amb els metatarsians. Mínima flexió necessària de genolls i maluc.
<b>PROGRESSIÓ</b>	<p>De la mateixa manera que l'anterior, però combinant diferents plans (frontal i lateral).</p> 

**Taula 39. SL Hurdle jump**

<p>Posició inicial: recolzament monopodal.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar els salts de tanques, acompanyant-los de l'acció dels braços.</li> </ul> <p>Posició final: <i>SL squat</i>.</p>		
<b>CONTINGUT</b>	Integració de les fases del salt. Encadenament de salts unilaterals frontals.	
<b>INSTRUCCIONS</b>	Mínim contacte amb el terra. Contactar amb els metatarsians. Mínima flexió necessària de genoll i maluc. Controlar el valg de genoll.	
<b>PROGRESSIÓ</b>	De la mateixa manera que l'anterior, però combinant diferents plans (frontal i lateral).	

**Taula 40. Multi-planar Hurdle jumps**

<p>Posició inicial: bipedestació.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realitzar diferents tipus de salts, variant el pla i el tipus de salt (frontal, lateral, bilateral i unilateral).</li> </ul> <p>Posició final: bipedestació.</p>		
<b>CONTINGUT</b>	Integració de diferents tipus de salts. Introducció de la presa de decisions.	
<b>INSTRUCCIONS</b>	Circuit de tanques en diferents angles. Avaluar quin salt és més còmode. Guiar i supervisar el tipus de salt. Bona mecànica d'aterratge, controlar el valg de genoll.	

## 6. CRONOGRAMA

Taula 41. Cronograma del projecte

ETAPES DEL PROJECTE	2022					2023																													
	Desembre					Gener					Febrer					Març					Abril					Maig					Juny				
	Setmanes																																		
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4				
<b>INTRODUCCIÓ, JUSTIFICACIÓ, HIPÒTESIS I OBJECTIUS</b>																																			
Revisió bibliogràfica																																			
Redacció de la introducció																																			
Redacció de la justificació																																			
Redacció de la hipòtesi																																			
Redacció dels objectius																																			
<b>METODOLOGIA I PROCEDIMENT</b>																																			
Disseny del protocol de la proposta d'intervenció																																			
Descripció de la població diana i la mostra																																			
Descripció de les variables d'estudi																																			
Descripció de la proposta d'intervenció																																			
Anàlisi estadístic																																			
Conclusions																																			
Limitacions i prospectiva																																			
<b>ENTREGUES I DEFENSA</b>																																			
Redacció de la Memòria																																			
Entrega de la Memòria Inicial																																			
Entrega de la Memòria Final																																			
Elaboració de la presentació																																			
Defensa del TFG - Tribunals																																			

## 7. PRESSUPOST

**Taula 42.** Pressupost del material del projecte

Material	Unitat	Preu	Total
Dinamòmetre de mà 	1	450€	450€
Cinta mètrica 	1	8,29€	8,29€
My Mocap 	1	17,99€	17,99€
My Jump 2 	1	17,99€	17,99€
Caixes pliomètriques 	48	42,99€	2.063,52€
Tanques 	48	43€	2.064€
Manuelles 5 kg 	96	16,25€	1.560€
Pilota medicinal 	48	42,03€	2.017,44€
<b>TOTAL</b>			<b>8.199,23€</b>

El pressupost total necessari per a la realització del protocol es de 8.199,23€. El material necessari per realitzar els exercicis suposaria una despesa de 160,52€ per equip i les eines necessàries per fer les valoracions pertinents tenen un cost de 494,27€. Les proves que necessiten ser enregistrades amb vídeo poden gravar-se amb qualsevol mòbil que pugui registrar 60 fotogrames per segon per tal de poder fer l'anàlisi posterior.

Les pàgines web de les botigues de les quals s'ha obtingut el material es mostren a l'Annex V.

## 8. LIMITACIONS I PROSPECTIVA

---

Un procés de rehabilitació d'una RCLA ha de ser individualitzat i, en tot moment, ha d'adaptar-se a les capacitats de la jugadora i al teixit en curació. Per aquest motiu, tot i que les línies generals i els exercicis estiguin estandarditzats, la periodització i l'elecció dels mateixos no serà igual per a totes les jugadores.

Els continguts que s'han de treballar durant el procés de rehabilitació que no fan referència a la pliometria, no s'han explicat ni especificat en el protocol, de manera que la càrrega d'entrenament total no serà la mateixa en cada jugadora. Per altra banda, els protocols actuals no són protocols tancats, sinó que són en funció d'objectius, per tant també dificulta l'estandardització de la càrrega general de cada jugadora.

Per tal d'aconseguir una mostra que pugui permetre detectar diferències estadísticament significatives, la duració del projecte serà de dues temporades, tot i així, no assegura que la mostra sigui suficientment gran per poder assolir l'objectiu de l'estudi.

Per altra banda, el fet que l'estudi es realitzi en territori nacional i la persona encarregada de fer les valoracions a les jugadores hagi de ser la mateixa, també pot dificultar la viabilitat del mateix.

Com a futures línies d'investigació es podria formar un equip amb els diferents fisioterapeutes dels clubs pertinents a les categories semi-professionals de futbol femení espanyol per tal d'estandarditzar la intervenció i les valoracions.

Per acabar, es podria dissenyar un protocol que abastés tot el procés de rehabilitació d'una RLCA i, que aquest mateix, se seguís implementant, una vegada la jugadora ja hagués tornat a competir, com a entrenament per a la prevenció de noves lesions.

## 9. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

---

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*, 17(7), 705–729. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0813-1>

Alentorn-Geli, E., Alvarez-Diaz, P., Ramon, S., Marin, M., Steinbacher, G., Boffa, J. J., Cuscó, X., Ballester, J., & Cugat, R. (2015). Assessment of neuromuscular risk factors for anterior cruciate ligament injury through tensiomyography in male soccer players. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 23(9), 2508–2513. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3018-1>

Andrade, R., Pereira, R., Van Cingel, R., Staal, J. B., & Espregueira-Mendes, J. (2020). How should clinicians rehabilitate patients after ACL reconstruction? A systematic review of clinical practice guidelines (CPGs) with a focus on quality appraisal (AGREE II). *British Journal of Sports Medicine*, 54(9), 512–519. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100310>

Bosch, F. (2015). *Strenght Training and Coordination: An Integrative Approach*. 2010Publishers.

Boyle, M. (2010). *Advances in Functional Training: Training Techniques for Coaches, Personal Trainers and Athletes*. On Target Publications.

Buckthorpe, M., & della Villa, F. (2021). Recommendations for plyometric training after ACL reconstruction – A clinical commentary. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(3), 879–895. <https://doi.org/10.26603/001c.23549>

Brown, LE. (Ed.). (2017). *Strength training / National Strength and Conditioning Association*. (2<sup>a</sup> ed.) Human Kinetics.

Caldwell, A. R. (2022). SimplyAgree: An R package and jamovi Module for Simplifying Agreement and Reliability Analyses. *Journal of Open Source Software*, 7(71), 4148. <https://doi.org/10.21105/joss.04148>



Chaput, M., Ness, B. M., Lucas, K., & Zimney, K. J. (2022). A Multi-Systems Approach to Human Movement after ACL Reconstruction: The Nervous System. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 17(1), 47–59. <https://doi.org/10.26603/001c.30020>

Chu, D. A., & Myer, G. (2013). *Plyometrics*. Human Kinetics.

Davies, G., Riemann, B. L., & Manske, R. (2015). CURRENT CONCEPTS OF PLYOMETRIC EXERCISE. *International journal of sports physical therapy*, 10(6), 760–786.

Dingenen, B., & Gokeler, A. (2017). Optimization of the Return-to-Sport Paradigm After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Critical Step Back to Move Forward. *Sports Medicine*, 47(8), 1487–1500. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0674-6>

Evangelidis, P. E., Pain, M. T. G., & Folland, J. (2015). Angle-specific hamstring-to-quadriceps ratio: A comparison of football players and recreationally active males. *Journal of Sports Sciences*, 33(3), 309–319. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.942680>

Gagnier, J. J., Shen, Y., & Huang, H. (2018). Psychometric properties of patient-reported outcome measures for use in patients with anterior cruciate ligament injuries: A systematic review. *JBJS Reviews*, 6(4), 1–15. <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.17.00114>

Gallardo-Fuentes, F., Gallardo-Fuentes, J., Ramírez-Campillo, R., Balsalobre-Fernández, C., Martínez, C., Caniuqueo, A., Cañas, R., Banzer, W., Loturco, I., Nakamura, F. Y., & Izquierdo, M. (2016). Intersession and intrasession reliability and validity of the my jump app for measuring different jump actions in trained male and female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 2049–2056. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001304>

Griffin, L. Y., Agel, J., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Dick, R. W., Garrett, W. E., Garrick, J. G., Hewett, T. E., Huston, L., Ireland, M. L., Johnson, R. J., Kibler, W. B., Lephart, S., Lewis, J. L., Lindenfeld, T. N., Mandelbaum, B. R., Marchak, P., Teitz, C. C., & Wojtyls, E. M. (2000). Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 8(3), 141–150. <https://doi.org/10.5435/00124635-200005000-00001>

Hakkinen, K., Komi, P. V., & Kauhanen, H. (1986). Electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles of elite weight lifters during isometric, concentric, and various

stretch-shortening cycle exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 7(3), 144–151. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1025752>

Hansen, D. i Kennelly, S. (2018). *Anatomía del entrenamiento pliométrico*. Ediciones Tutor, S.A.

Hegedus, E. J., McDonough, S., Bleakley, C., Cook, C. E., & Baxter, G. D. (2015). Clinician-friendly lower extremity physical performance measures in athletes: A systematic review of measurement properties and correlation with injury, part 1. The tests for knee function including the hop tests. *British Journal of Sports Medicine*, 49(10), 642–648. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094094>

Ireland M. L. (1999). Anterior cruciate ligament injury in female athletes: epidemiology. *Journal of athletic training*, 34(2), 150–154.

Janewanitsataporn, S. (2020). The functional tests after ACL reconstruction with and without meniscal repair. *Journal of Health Science and Medical Research*, 38(2), 73–79. <https://doi.org/10.31584/jhsmr.2020726>

Jeong, J., Choi, D. H., & Shin, C. S. (2021). Core Strength Training Can Alter Neuromuscular and Biomechanical Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury. *The American journal of sports medicine*, 49(1), 183–192. <https://doi.org/10.1177/0363546520972990>

Larson, D., Vu, V., Ness, B. M., Wellsandt, E., & Morrison, S. (2021). A Multi-Systems Approach to Human Movement after ACL Reconstruction: The Musculoskeletal System. *International journal of sports physical therapy*, 17(1), 27–46. <https://doi.org/10.26603/001c.29456>

Lepley, L. K., Davi, S. M., Burland, J. P., & Lepley, A. S. (2020). Muscle Atrophy After ACL Injury: Implications for Clinical Practice. *Sports Health*, 12(6), 579–586. <https://doi.org/10.1177/1941738120944256>

López-Valenciano, A., Raya-González, J., García-Gómez, J. A., Aparicio-Sarmiento, A., Sainz de Baranda, P., De Ste Croix, M., & Ayala, F. (2021). Injury Profile in Women’s Football: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 51(3), 423–442. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01401-w>

Lucarno, S., Zago, M., Buckthorpe, M., Grassi, A., Tosarelli, F., Smith, R., & Della Villa, F. (2021). Systematic Video Analysis of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Professional Female Soccer Players.

*American Journal of Sports Medicine*, 49(7), 1794–1802.  
<https://doi.org/10.1177/03635465211008169>

Myer, G. D., Ford, K. R., McLean, S. G., & Hewett, T. E. (2006). The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *American Journal of Sports Medicine*, 34(3), 445–455. <https://doi.org/10.1177/0363546505281241>

Neumann, DA. (2017). *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation*. (3<sup>a</sup> ed.) Elsevier.

Noyes, Frank R. & Barber-Westin S. (Ed.). (2019). *Return to Sport after ACL Reconstruction and Other Knee Operations: Limiting the Risk of Reinjury and Maximizing Athletic Performance*. Springer Cham.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-22361-8>

Paulsen, F. i Waschke J. (Eds.). (2018). *Sobotta Atlas of Anatomy*. (16<sup>a</sup> ed., Vol. 1). Elsevier.

Patel, A. D., Bullock, G. S., Wrigley, J., Paterno, M. V., Sell, T. C., & Losciale, J. M. (2021). Does sex affect second ACL injury risk? A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 55(15), 873–882. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103408>

Pfeifer, C. E., Beattie, P. F., Sacko, R. S., & Hand, A. (2018). Risk Factors Associated With Non-Contact Anterior Cruciate Ligament Injury: a Systematic Review. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(4), 575–587. <https://doi.org/10.26603/ijsp20180575>

Ratto, G. D., Cascales, M. M., Fernández-Villacañas Marín, M. A., Alemán, A. C., & Doménech Asensi, P. (2013). Anatomía y biomecánica de la articulación de la rodilla. *Patología Degenerativa De La Rodilla*, 1(1), 1–10.

Şahin, M., & Aybek, E. (2019). Jamovi: An Easy to Use Statistical Software for the Social Scientists. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 670–692.  
<https://doi.org/10.21449/ijate.661803>

Turner, E., Munro, A. G., & Comfort, P. (2013). Female Soccer: Part 1: A Needs Analysis. *Strength & Conditioning Journal*, 35(1), 51–57. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318281f689>

Turner, E., Munro, A. G., Comfort, P., & Cscs, D. (2013). Female Soccer Part 2: Training Considerations. *Strength & Conditioning Journal*, 35(1), 58–65. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318282106d>

Unverzagt, C., Andreyo, E., & Tompkins, J. (2021). ACL return to sport testing: It's time to step up our game. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(4), 1169–1177. <https://doi.org/10.26603/001c.25463>

Van Melick, N., Van Cingel, R. E. H., Brooijmans, F., Neeter, C., Van Tienen, T., Hullegie, W., & Nijhuis-Van Der Sanden, M. W. G. (2016). Evidence-based clinical practice update: Practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 50(24), 1506–1515. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095898>

Whiteley, R., Jacobsen, P., Prior, S., Skazalski, C., Otten, R., & Johnson, A. (2012). Correlation of isokinetic and novel hand-held dynamometry measures of knee flexion and extension strength testing. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(5), 444–450. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.01.003>

Wiggins, A. J., Grandhi, R. K., Schneider, D. K., Stanfield, D., Webster, K. E., & Myer, G. D. (2016). Risk of Secondary Injury in Younger Athletes after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *American Journal of Sports Medicine*, 44(7), 1861–1876. <https://doi.org/10.1177/0363546515621554>

Withrow, T. J., Huston, L. J., Wojtys, E. M., & Ashton-Miller, J. A. (2008). Effect of varying hamstring tension on anterior cruciate ligament strain during in vitro impulsive knee flexion and compression loading. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 90(4), 815–823. <https://doi.org/10.2106/JBJS.F.01352>

World Medical Association (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>

# 10. ANNEXES

## Annex I. IKDC-SKF

### IKDC SUBJECTIVE KNEE EVALUATION FORM

Patient Name: \_\_\_\_\_ Date of the Injury: \_\_\_\_\_  
 Date: \_\_\_\_\_

**SYMPTOMS**

Grade symptoms at the highest activity level at which you think you could function without significant symptoms, even if you are not actually performing activities at this level.

**1 - WHAT IS THE HIGHEST LEVEL OF ACTIVITY THAT YOU CAN PERFORM WITHOUT SIGNIFICANT KNEE PAIN?**

- Very strenuous activities like jumping or pivoting as in basketball or soccer (4)
- Strenuous activities like heavy physical work, skiing or tennis (3)
- Moderate activities like moderate physical work, running or jogging (2)
- Light activities like walking, housework or yard work (1)
- Unable to perform any of the above activities due to knee pain (0)

**2 - DURING THE PAST 4 WEEKS, OR SINCE YOUR INJURY, HOW OFTEN HAVE YOU HAD PAIN?**

never  10  9  8  7  6  5  4  3  2  1  0 constant

**3 - IF YOU HAVE PAIN, HOW SEVERE IS IT?**

no pain  10  9  8  7  6  5  4  3  2  1  0 worst pain imaginable

**4 - DURING THE PAST 4 WEEKS, OR SINCE YOUR INJURY, HOW STIFF OR SWOLLEN WAS YOUR KNEE?**

- Not at all (4)
- Mildly (3)
- Moderately (2)
- Very (1)
- Extremely (0)

**5 - WHAT IS THE HIGHEST LEVEL OF ACTIVITY YOU CAN PERFORM WITHOUT SIGNIFICANT SWELLING IN YOUR KNEE?**

- Very strenuous activities like jumping or pivoting as in basketball or soccer (4)
- Strenuous activities like heavy physical work, skiing or tennis (3)
- Moderate activities like moderate physical work, running or jogging (2)
- Light activities like walking, housework, or yard work (1)
- Unable to perform any of the above activities due to knee swelling (0)

**6 - DURING THE PAST 4 WEEKS, OR SINCE YOUR INJURY, DID YOUR KNEE LOCK OR CATCH?**

yes (0)  No (1)

**7 - WHAT IS THE HIGHEST LEVEL OF ACTIVITY YOU CAN PERFORM WITHOUT SIGNIFICANT GIVING WAY IN YOUR KNEE?**

- Very strenuous activities like jumping or pivoting as in basketball or soccer (4)
- Strenuous activities like heavy physical work, skiing or tennis (3)
- Moderate activities like moderate physical work, running or jogging (2)
- Light activities like walking, housework, or yard work (1)
- Unable to perform any of the above activities due to giving way (0)

**SPORTS ACTIVITIES**

**8 - WHAT IS THE HIGHEST LEVEL OF ACTIVITY YOU CAN PERFORM ON A REGULAR BASIS?**

- Very strenuous activities like jumping or pivoting as in basketball or soccer (4)
- Strenuous activities like heavy physical work, skiing or tennis (3)
- Moderate activities like moderate physical work, running or jogging (2)
- Light activities like walking, housework, or yard work (1)
- Unable to perform any of the above activities (0)

**9 - HOW DOES YOUR KNEE AFFECT YOUR ABILITY TO:**

	Not difficult at all	Minimally difficult	Moderately difficult	Extremely difficult	Unable to do
a. Go up stairs	<input type="checkbox"/> (4)	<input type="checkbox"/> (3)	<input type="checkbox"/> (2)	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)
b. Go down stairs	<input type="checkbox"/> (4)	<input type="checkbox"/> (3)	<input type="checkbox"/> (2)	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)
c. Kneel on the front of your knee	<input type="checkbox"/> (4)	<input type="checkbox"/> (3)	<input type="checkbox"/> (2)	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)
d. Squat	<input type="checkbox"/> (4)	<input type="checkbox"/> (3)	<input type="checkbox"/> (2)	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)
e. Sit with your knee bent	<input type="checkbox"/> (4)	<input type="checkbox"/> (3)	<input type="checkbox"/> (2)	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)
f. Rise from a chair	<input type="checkbox"/> (4)	<input type="checkbox"/> (3)	<input type="checkbox"/> (2)	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)
g. Run straight ahead	<input type="checkbox"/> (4)	<input type="checkbox"/> (3)	<input type="checkbox"/> (2)	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)
h. Jump and land on your involved leg	<input type="checkbox"/> (4)	<input type="checkbox"/> (3)	<input type="checkbox"/> (2)	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)
i. Stop and start quickly	<input type="checkbox"/> (4)	<input type="checkbox"/> (3)	<input type="checkbox"/> (2)	<input type="checkbox"/> (1)	<input type="checkbox"/> (0)

**FUNCTION**

**10 - HOW WOULD YOU RATE THE FUNCTION OF YOUR KNEE ON A SCALE OF 0 TO 10 WITH 10 BEING NORMAL, EXCELLENT FUNCTION AND 0 BEING THE INABILITY TO PERFORM ANY OF YOUR USUAL DAILY ACTIVITIES WHICH MAY INCLUDE SPORTS?**

Function prior to your knee injury:

0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  
 Couldn't perform daily activities No limitation in daily activities

Current function of your knee:

0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  
 Couldn't perform daily activities No limitation in daily activities

**ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT  
RETURN TO SPORT AFTER INJURY  
(ACL-RSI) SURVEY**

Patient Name: \_\_\_\_\_  
Date: \_\_\_\_\_

**Instructions:** Check the box that best describes you in relation to your symptoms

**1. Are you confident that you can perform at your previous level of sport participation?**

Not at all confident Fully confident

0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

**2. Do you think you are likely to re-injure your knee by participating in your sport?**

Extremely likely Not likely at all

0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

**3. Are you nervous about playing your sport?**

Extremely nervous Not nervous at all

0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

**4. Are you confident that your knee will not give way by playing your sport?**

Not at all confident Fully confident

0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

**5. Are you confident that you could play your sport without concern for your knee?**

Not at all confident Fully confident

0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

**6. Do you find it frustrating to have to consider your knee with respect to your sport?**

Extremely frustrating Not at all frustrating

0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

**7. Are you fearful of re-injuring your knee by playing your sport?**

Extremely fearful No fear at all

0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

**8. Are you confident about your knee holding up under pressure?**

Not at all confident Fully confident

0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

**9. Are you afraid of accidentally injuring your knee by playing your sport?**

Extremely afraid Not at all afraid

0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

**10. Do thoughts of having to go through surgery and rehabilitation prevent you from playing your sport?**

All of the time None of the time

0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

**11. Are you confident about your ability to perform well at your sport?**

Not at all confident Fully confident

0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

**12. Do you feel relaxed about playing your sport?**

Not at all relaxed Fully relaxed

0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

### Annex III. Full d'informació a les participants

La estudiante Marta Ruiz Arcarons del grado en Fisioterapia, dirigida por Montserrat Pujol Marzo está llevando a cabo el proyecto de investigación *“Diseño y evaluación de un protocolo de rehabilitación para la lesión del Ligamento Cruzado Anterior en jugadoras de futbol semiprofesionales: Planificación de un programa de entrenamiento pliométrico”*.

El proyecto tiene como objetivo la elaboración y la posterior evaluación de la implementación de un programa de entrenamiento pliométrico durante el proceso de recuperación de la lesión del ligamento cruzado anterior. En primer lugar, se testeará para tener una valoración inicial de diferentes variables relacionadas con la autopercepción de las jugadoras, la fuerza muscular, la calidad de movimiento y la potencia muscular. En segundo lugar, una vez realizado dicho protocolo se valorará el efecto del mismo.

Se asignará a todos los participantes un código, por lo que es imposible identificar al participante con las respuestas dadas, garantizando totalmente la confidencialidad. Los datos que se obtengan de su participación no se utilizarán con ningún otro fin distinto del explicitado en esta investigación y pasarán a formar parte de un fichero de datos, del que será máximo responsable el investigador principal. Dichos datos quedarían protegidos mediante la seudonimización.

El fichero de datos del estudio estará bajo la responsabilidad del investigador principal, ante el cual podrá ejercer en todo momento los derechos que establece la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Todos los participantes tienen derecho a retirarse en cualquier momento de una parte o de la totalidad del estudio, sin expresión de causa o motivo y sin consecuencias. También tienen derecho a que se les clarifiquen sus posibles dudas antes de aceptar participar y a conocer los resultados de sus pruebas.

Nos ponemos a su disposición para resolver cualquier duda que pueda surgirle. Puede contactar con nosotros a través del siguiente correo electrónico: [mruizar@edu.tecnocampus.cat](mailto:mruizar@edu.tecnocampus.cat)

#### Annex IV. Consentiment informat

Yo, \_\_\_\_\_, mayor de edad, con **DNI** \_\_\_\_\_, actuando en nombre e interés propio,

#### **DECLARO QUE:**

He recibido información sobre el proyecto *“Diseño y evaluación de un protocolo de rehabilitación para la lesión del Ligamento Cruzado Anterior en jugadoras de futbol semiprofesionales: Planificación de un programa de entrenamiento pliométrico”*, del que se me ha entregado hoja informativa anexa a este consentimiento y para el que se solicita mi participación. He entendido su significado, me han sido aclaradas las dudas y me han sido expuestas las acciones que se derivan del mismo. Se me ha informado de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos en cuanto a la gestión de datos personales que comporta el proyecto y las garantías tomadas en cumplimiento de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Mi colaboración en el proyecto es totalmente voluntaria y tengo derecho a retirarme del mismo en cualquier momento, revocando el presente consentimiento, sin que esta retirada pueda influir negativamente en mi persona en sentido alguno. En caso de retirada, tengo derecho a que mis datos sean cancelados del fichero del estudio.

Así mismo, renuncio a cualquier beneficio económico, académico o de cualquier otra naturaleza que pudiera derivarse del proyecto o de sus resultados.

Por todo ello,

#### **DOY MI CONSENTIMIENTO A:**

1. Participar en el proyecto *“Diseño y evaluación de un protocolo de rehabilitación para la lesión del Ligamento Cruzado Anterior en jugadoras de futbol semiprofesionales: Planificación de un programa de entrenamiento pliométrico”*.
2. Que la estudiante Marta Ruiz Arcarons y su directora Montserrat Pujol Marzo puedan gestionar mis datos personales y difundir la información que el proyecto genere. Se garantiza que se preservará en todo momento mi identidad e intimidad, con las garantías establecidas en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).
3. Que los investigadores conserven todos los registros efectuados sobre mi persona en soporte electrónico, con las garantías y los plazos legalmente previstos, si estuviesen establecidos, y a falta de previsión legal, por el tiempo que fuese necesario para cumplir las funciones del proyecto para las que los datos fueron recabados.

En \_\_\_\_\_, a \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

[FIRMA PARTICIPANTE]

[FIRMA ESTUDIANTE]

[FIRMA DIRECTORA]



**REVOCACIÓ DEL CONSENTIMENT**

Yo, \_\_\_\_\_, mayor de edad, con **DNI** \_\_\_\_\_, después de la información recibida REVOCO el consentimiento prestado en fecha \_\_\_\_\_, y declaro no participar en el proyecto descrito.

En \_\_\_\_\_, a \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

[FIRMA PARTICIPANTE]

## Annex V. Pàgines web del material

Material	Pàgina web
Dinamòmetre de mà	<a href="https://www.fysiosupplies.es/">https://www.fysiosupplies.es/</a>
Cinta mètrica	<a href="https://www.leroymerlin.es/">https://www.leroymerlin.es/</a>
<i>My Mocap</i>	<a href="https://www.apple.com/es/app-store/">https://www.apple.com/es/app-store/</a>
<i>My Jump 2</i>	<a href="https://www.apple.com/es/app-store/">https://www.apple.com/es/app-store/</a>
Caixa pliomètrica	<a href="https://www.vevor.es/">https://www.vevor.es/</a>
Tanques	<a href="https://ironstrength.es/">https://ironstrength.es/</a>
Manuelles	<a href="https://ironstrength.es/">https://ironstrength.es/</a>
Pilota medicinal	<a href="https://ironstrength.es/">https://ironstrength.es/</a>