

**Disseny i avaluació d'un protocol
basat en l'entrenament de l'agilitat per a
la readaptació de la lesió del lligament creuat anterior
en jugadores de futbol semiprofessional**

Treball Final de Grau per a optar al graduat en Ciències de l'Activitat Física i l'Esport

Alumna
MARTA RUIZ ARCARONS

Director
ROGER FONT RIBAS

Curs Acadèmic
2022-2023

ÍNDEX DE CONTINGUTS

1. INTRODUCCIÓ	7
1.1. Descripció de l'articulació del genoll.....	7
1.1.1. Cinemàtica de l'articulació del genoll	7
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 central (SNC).....	12
1.5. Return to sport (RTS).....	12
1.6. Mètodes de readaptació basats en l'exercici.....	13
1.7. L'agilitat i la coordinació.....	13
2. JUSTIFICACIÓ DE L'ESTUDI	14
3. HIPÒTESIS I OBJECTIUS	18
3.1. Hipòtesis.....	18
3.2. Objectiu general	18
3.3. Objectius específics	18
4. METODOLOGIA	19
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

5. PROCEDIMENT	24
5.1. Explicació del protocol d'agilitat	24
5.1.1. La sessió.....	25
6. CRONOGRAMA.....	35
7. PRESSUPOST	36
8. LIMITACIONS I PROSPECTIVA.....	37
9. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	38
10. ANNEXES.....	44

ÍNDIX DE TAULES I FIGURES

ÍNDIX DE TAULES

Taula 1. Criteris d'inclusió i d'exclusió	19
Taula 2. Variables d'estudi	20
Taula 3. Microcicle model	24
Taula 4. Escalfament	25
Taula 5. Marc pràctic del desenvolupament l'entrenament de l'agilitat	26
Taula 6. Carrera linial amb dissociació de la cintura lumbo-pèlvica i la cintura escapular	27
Taula 7. Sortida i acceleració	27
Taula 8. Treball isomètric amb pertorbacions	27
Taula 9. Desacceleració.....	28
Taula 10. Llançament de pilota medicinal amb rotació interna de tíbia	28
Taula 11. Caiguda i gir de 90º	28
Taula 12. Canvi de direcció 45º.....	29
Taula 13. Canvi de direcció 90º.....	29
Taula 14. Canvi de direcció 135º.....	30
Taula 15. Encadenament de canvis de direcció.....	30
Taula 16. Desplaçament lateral i canvi de direcció.....	31
Taula 17. Slalom i finalització.....	31
Taula 18. Introducció d'obstacles	31
Taula 19. Velocitat reactiva.....	32
Taula 20. Perfilació.....	32
Taula 21. Conducció	32
Taula 22. 1 contra 1 en espai reduït	33
Taula 23. Introducció d'oposició	33
Taula 24. 1c1 amb hàndicap per la defensa	33
Taula 25. 1c1 amb hàndicap per l'atacant	34
Taula 26. Joc reduït	34
Taula 27. Cronograma del projecte	35
Taula 28. Pressupost del material del projecte	36

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1. Osteocinemàtica de la flexo-extensió del genoll	8
Figura 2. Artrocinemàtica de l'extensió del genoll	8
Figura 3. Vista anterior dels lligaments creuats.....	9
Figura 4. Principal mecanisme lesional de LCA.....	10
Figura 5. Procés del RTS	15
Figura 6. Etapes de la fase de rehabilitació al camp	16
Figura 7. Progrés hipotètic durant les diferents fases de la rehabilitació de LCA	17
Figura 8. Tests per quantificar l'eficiència del moviment.....	21
Figura 9. Procediment de l'estudi	22
Figura 10. Periodització dels continguts	24

GLOSSARI

ADM: amplitud de moviment

EII: extremitats inferiors

FR: factor de risc

GC: grup control

GE: grup experimental

H:Q: *hamstring-to-quadriceps*

LCA: lligament creuat anterior

LCL: lligament colateral lateral

LCM: lligament colateral medial

LCP: lligament creuat posterior

NM: neuromuscular

RE: rotació externa

RI: rotació interna

RLCA: reconstrucció del lligament creuat anterior

RTP: *return to play*

RTS: *return to sport*

RE/RI: rotació externa/rotació interna

SA: superfície articular

SLDJ: *single leg drop jump*

SNC: sistema nerviós central

TFL: tensor de la fàscia lata

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.

Les lesions del lligament creuat anterior tenen una major incidència en els esports d'estratègia que requereixen canvis de direcció, pivotatges i desacceleracions a gran velocitat. Un dels factors comuns entre aquests esports és que exigeixen una ràpida integració sensorial i un processament cognitiu de l'entorn.

Un dels problemes existents en el procés de readaptació de la lesió del lligament creuat anterior és que es treballa massa a recuperar la força màxima aïllada, quan la capacitat de produir força durant diferents accions del joc o la reestabilització ràpida de les articulacions després d'una pertorbació mecànica per evitar lesions, pot dependre més de la capacitat de generar força explosiva.

Aquest estudi, doncs, mitjançant un assaig clínic aleatoritzat, té com a objectiu elaborar i avaluar un protocol de readaptació de la lesió del lligament creuat anterior per a jugadores de futbol semiprofessional que continguin un entrenament específic de l'agilitat. Aquest haurà d'incloure un entrenament amb una demanda progressiva tant a nivell físic com cognitiu per tal que les jugadores puguin modificar patrons de moviment lesius i millorar aspectes de la percepció i la presa de decisions.

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, agilitat, *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.

Anterior cruciate ligament injuries are most prevalent in strategic sports that require changes of direction, pivoting and deceleration at high speed. One of the common factors among these sports is that they require rapid sensory integration and cognitive processing of the environment.

One of the problems in the anterior cruciate ligament injury rehabilitation process is that too much work is done on recovering isolated maximal strength, when the ability to produce force during different actions of the game or the rapid restabilisation of joints after mechanical perturbation to avoid injury may depend more on the ability to generate enough explosive force.

This study, therefore, by means of a randomised clinical trial, aims to develop and evaluate an anterior cruciate ligament injury rehabilitation protocol for semi-professional female soccer players containing specific agility training. This will have to include training with a progressive physical and cognitive demand so that the players can modify injured movement patterns and improve aspects of perception and decision making.

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, agility, return to play.

1. INTRODUCCIÓ

El futbol és un esport de situació que exigeix un alt desenvolupament de la capacitat aeròbica de les jugadores per poder realitzar múltiples esforços a alta intensitat (Turner, Munro i Comfort, 2013). Tot i això, la capacitat anaeròbica també hi juga un paper molt important a l'hora de dur a terme accions enèrgiques i explosives, ja que requereixen nivells gairebé màxims de força muscular i producció de potència, com els canvis de ritme o direcció, els salts, les lluites o les accions sobre la pilota (Pons et al., 2020; Turner et al., 2013). Durant l'última dècada l'interès pel futbol femení ha experimentat un creixement exponencial, pel que fa al nombre de jugadores inscrites (en categories juvenils i absolutes) però, també pel que fa a l'interès de la societat en general (Agustín, Medina-Mirapeix, Esteban-Catalán, Escriche-Escuder, Sánchez-Barbadora i Benítez-Martínez, 2021). Amb relació a l'àmbit de la medicina de l'esport, l'interès pel futbol femení també ha crescut necessàriament, sobretot l'epidemiologia lesional, destacant, per la seva incidència, les lesions del lligament creuat anterior (Okholm Kryger, Wang, Mehta, Impellizzeri, Massey i McCall, 2021).

1.1. Descripció de l'articulació del genoll

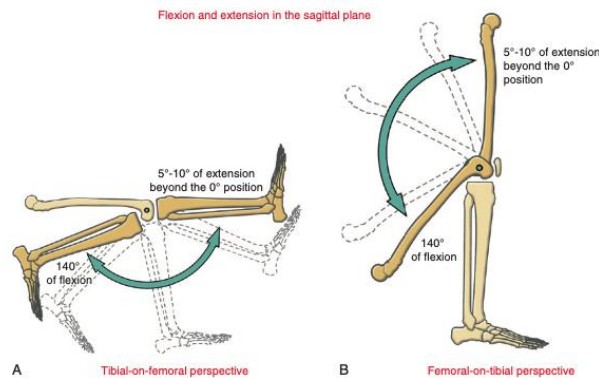
Anatòmicament, l'articulació del genoll està composta per l'articulació femoro-tibial, que articula la tibia i el fèmur i l'articulació femoro-patel·lar, que articula el fèmur amb la ròtula (Ratto, Cascales, Fernández-Villacañas, Alemán i Domènech, 2013). El genoll és una de les estructures anatòmiques 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° a 140° de flexió i, en el pla transversal, quan el genoll està en flexió de 90°, també té moviments de rotació interna (RI) i de rotació externa

(RE) amb una ADM de 40-45°, sent la RE generalment superior a la RI en una proporció de quasi 2:1 (Neumann, 2017).

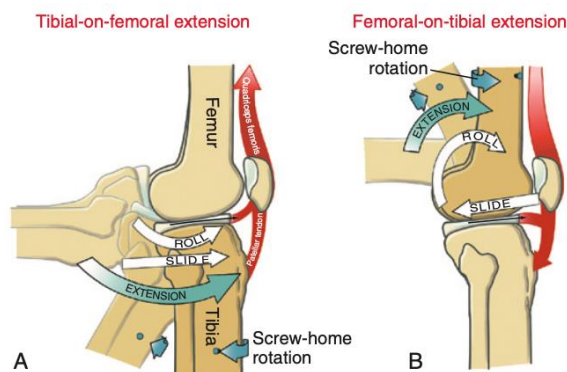
Figura 1. Osteocinemàtica de la flexo-extensió del genoll



Nota. Pla sagital del moviment del genoll. (A) Tíbia sobre fèmur (fèmur fix). (B) Fèmur sobre tibia (tíbia 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.

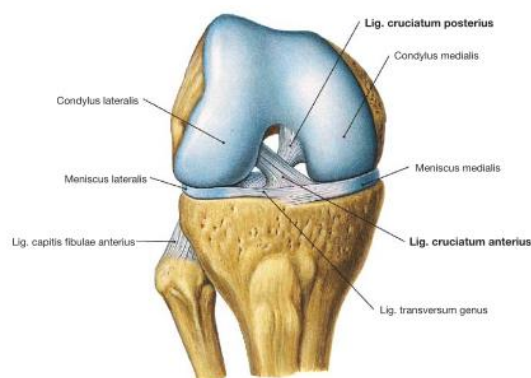
1.1.2. Reforços musculars-tendinosos de l'articulació del genoll

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, semitendinos 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)) (Pfeier, 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 intercondília posterior de la tibia (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 intercondília anterior de la tibia (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^a ed., Vol. 1). Elsevier.

1.2. Lesions del lligament creuat anterior en el futbol femení

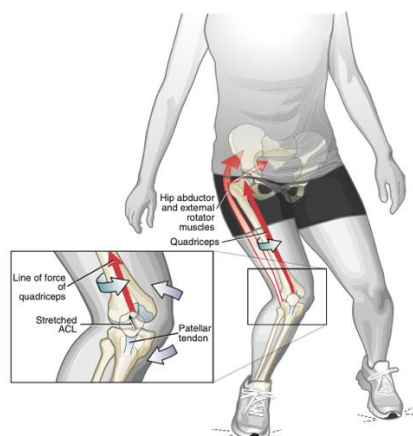
El risc de patir una lesió del LCA és significativament major en les dones que en els homes, amb una ràtio de 0,33 lesions/1.000 hores d'exposició i 0,11 lesions/1.000 hores d'exposició respectivament (Turner et al., 2013). Les lesions del LCA són una problemàtica en la carrera de les jugadores, ja que 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 tibia (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 anatòmic 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 relació isquiosurals/quàdriceps (ràtio H:Q) pot augmentar el risc de lesió del LCA (Alentorn-Geli et al., 2015). Per altra banda, una falta d'activació en la musculatura del core en reacció a pertorbacions 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 central (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. Return to sport (RTS)

La reincorporació a l'esport és, en la majoria de les ocasions, el principal factor que motiva les jugadores a sotmetre's a la cirurgia i als mesos de rehabilitació. Tot i això, el nombre de recidives, juntament amb la por, l'angoixa, la motivació, l'autopercepció i el locus de control intern obstaculitzen o retarden aquesta tornada a l'esport (Noyes i Barber-Westin, 2019).

El procés de RTS és multifactorial i complex i requereix un enfocament biopsicosocial. Aquest procés representa el període en el qual l'esportista passa de la rehabilitació al gimnàs a l'entorn competitiu de l'equip, és per això que s'ha de fer de manera contínua i gradual. La rehabilitació al camp es basa en la recuperació de la qualitat del moviment, el condicionament físic, la recuperació de les habilitats específiques de l'esport i el desenvolupament progressiu de la càrrega d'entrenament (Buckthorpe, Della Villa i Roi, 2019).

Per altra banda, serà un procés que reclamarà molta atenció. Com afirmen Wiggins et al. (2016), un 23% de les noies que tornen a practicar esport tenen un alt risc de patir una segona lesió del LCA, a més a més, Paterno et al. (2014), en un estudi que estudiava els dos primers anys després de l'operació de les jugadores que havien tornat a l'esport, descobrien que més del 30% d'elles es produïen entre els vint primers partits o entrenaments posteriors al RTP.

1.6. Mètodes de readaptació basats en l'exercici

Generalment, es considera que l'entrenament de força pot ser un dels continguts d'entrenament amb major interacció entre els elements de la pràctica esportiva. Hi ha estudis que demostren que l'entrenament de força és l'estratègia principal per a progressar en el procés de readaptació de l'esportista lesionada fins que s'incorpori a la pràctica normal (Salom, 2020). Chena (2018) desenvolupava el model funcional multivariable, fonamentat per 3 principis pertanyents al concepte de "qualitat de moviment": 1) el patró de moviment, 2) el control motor i 3) el caràcter funcional. L'entrenament de força amb esportistes lesionades ha de tenir en compte el factor individual, així com les fases de cicatrització tissular del teixit lesionat (Buckthorpe i Della Villa, 2021). Per aquest motiu se'n descriuen 3 fases dins el mateix procés de readaptació: 1) Recuperació funcional esportiva, 2) Readaptació físic-esportiva i 3) Reentrenament a l'esforç físic-esportiu (Salom, 2020).

1.7. L'agilitat i la coordinació

Segons Paul i Akenhead (2018), en termes generals, l'agilitat es defineix com un moviment ràpid de tot el cos que inclou un canvi de ritme i/o un canvi de direcció en resposta a un estímul. En aquesta definició està implícit que l'agilitat inclou un procés de presa de decisió i una acció posterior. Es considera que l'agilitat és una capacitat física mixta determinada per la qualitat de la regulació del SNC i pels analitzadors, així com el tipus de fibra muscular que conté capacitats com la d'equilibrar-se, coordinar-se, anticipar el moviment de l'oponent i reaccionar a situacions específiques del joc. Les habilitats de coordinació permeten coordinar accions motores de manera segura i econòmica en situacions possibles (estereotipades) i imprevisibles (ajust) i adquirir gestos esportius. Podem classificar l'agilitat en dos grans grups: l'agilitat no reactiva que dóna una resposta aïllada (com la que s'obté en un test d'agilitat prèviament conegut) i l'agilitat reactiva que requereix una demanda cognitiva, ja que implica percebre i donar resposta a estímuls visuals, auditius i cinestèsics cognitius (Salom, 2020). Hi ha moltes diferències contextuais entre les tasques controlades i planificades i els moviments específics del futbol, pel fet que aquests inclouen la naturalesa reactiva dels moviments, així com els estímuls ambientals i la presa de decisió. Per aquest motiu, cal incloure entorns realistes per a practicar i reaprendre el control motor, assegurant una quantitat suficient de pràctica per a maximitzar l'aprenentatge motor (Buckthorpe et al., 2019).

2. JUSTIFICACIÓ DE L'ESTUDI

En relació amb les necessitats del mateix futbol Turner et al. (2013) afirmen que les jugadores de futbol manquen d'un condicionament tant anaeròbic (força i potència relativa, velocitat i agilitat) com aeròbic en comparació als homes, fet que pot repercutir al rendiment i augmentar el risc de lesió. Aquestes mancances poden ser un dels factors que expliquin el perquè la incidència lesional del lligament creuat anterior sigui gairebé tres vegades superior en les dones en comparació amb els homes.

Malgrat l'increment del coneixement sobre els mecanismes de lesió del LCA, la millora de les tècniques quirúrgiques, la major comprensió de la biomecànica del LCA i la millora dels coneixements en la pràctica de la rehabilitació, el percentatge de jugadores que tornen a practicar el seu esport i la recidiva de la lesió després de la RLCA no són òptimes. Entre el 35% i el 45% de les esportistes no tornen a jugar i, les que ho fan, ho fan amb un risc molt alt de tornar-se a lesionar (Buckthorpe, 2019). Per poder comprendre les raons per les quals les taxes de lesió del LCA no decreixen, adoptar un enfocament més holístic podria ser un bon punt de partida. S'haurien de tenir en compte les exigències perceptives inherents al futbol i la interacció entre les diferents capacitats físiques i la presa de decisions, ja que determinen el moviment, el rendiment i el risc de lesió (Paul i Akenhead, 2018).

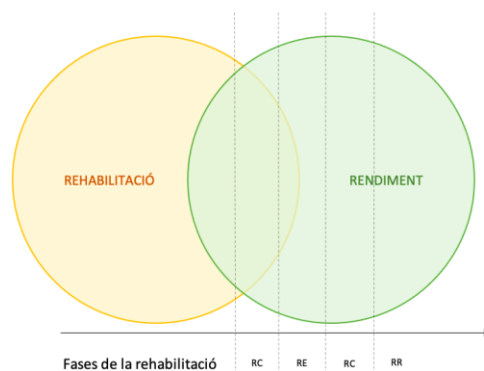
Per altra banda, un factor a tenir en compte és que lesions del LCA tenen una major incidència en els esports d'estratègia que requereixen canvis de direcció, pivotatges i desacceleracions a gran velocitat. El factor comú entre aquests esports és que no només exigeixen velocitat, sinó també una ràpida integració sensorial i un processament cognitiu de l'entorn. El SNC funciona amb mecanismes de retroalimentació -el *feedforward* (anticipació/predicció) basat en experiències prèvies i el *feedback* (reacció)- que interactuen entre ells per actualitzar els plans de moviment futurs i concloure un moviment eficient i orientat a la finalitat de l'activitat (Chaput et al., 2022). Per aquest motiu serà important considerar la millora de la coordinació (intramuscular i intermuscular) com l'objectiu de l'entrenament de la força. Segons Bosch (2015) la coordinació és el factor més limitant en la majoria d'accions explosives. Buckthorpe (2019) assenyala que es treballa massa a recuperar la força màxima aïllada després d'una RLCA, tenint poc en compte la capacitat de desenvolupar força de manera explosiva, però la capacitat de produir força durant diferents accions del joc o la reestabilització ràpida de les articulacions després d'una pertorbació mecànica per evitar lesions, pot dependre més de la capacitat de generar força ràpidament des de nivells baixos que no de la força muscular màxima.

Una lesió del LCA i la seva posterior reconstrucció provoca una sèrie d'alteracions funcionals que afecten tant al sistema múscul-esquelètic com al sistema nerviós, entre d'altres. Aquestes s'entenen mitjançant la teoria dels sistemes dinàmics, un model teòric comú en l'aprenentatge motor relacionat amb el desenvolupament del moviment, el control motor i l'adquisició d'habilitats que pretén explicar la variabilitat en el moviment humà dirigit a un objectiu. Aquesta teoria permet comprendre un sistema complex (el moviment humà) a través dels seus components individuals, ja que la interacció i la col·laboració dels diferents sistemes és el que impulsa a l'èxit de tot el sistema (Chaput et al., 2022). Aquestes alteracions en els diferents sistemes acaba reduint la qualitat del moviment -definida per Buckthorpe (2019) com la capacitat de controlar les extremitats i aconseguir un equilibri i una alineació cinemàtica suficient durant les activitats funcionals, sense mostrar asimetries de moviment ni FR relacionats amb el mecanisme de lesió del LCA- prèvia a la lesió de les jugadores, fet que suggereix la necessitat de reentrenar i reaprendre diferents patrons motors.

El moviment humà és complex i està influït per una sèrie de factors neuromusculars, biomecànics, sensoriomotors i neurocognitius, de manera que serà imprescindible incorporar un plantejament holístic de reentrenament per tal d'abordar tots els factors que puguin afectar la qualitat del moviment, incloent-hi entorns realistes que permetin una bona transferència a diferents escenaris del joc i assegurant la quantitat suficient de pràctica per maximitzar l'aprenentatge motor (Buckthorpe, 2019).

Pel que fa a l'objectiu del treball, doncs, ens centrarem en la fase final del procés de rehabilitació, que farà de pont entre les fases anteriors de força i condicionament físic i la reincorporació a l'entorn esportiu amb l'equip. Buckthorpe, Della Villa F., Della Villa S., i Roi (2019) descriuen el RTS com un procés gradual de la rehabilitació a l'entrenament del rendiment d'una jugadora lesionada. Aquest procés és un continu de 4 fases: la rehabilitació al camp (RC), el retorn a l'entrenament amb l'equip (RE), el retorn a la competició (RC) i el retorn al rendiment (RR) (Figura 5).

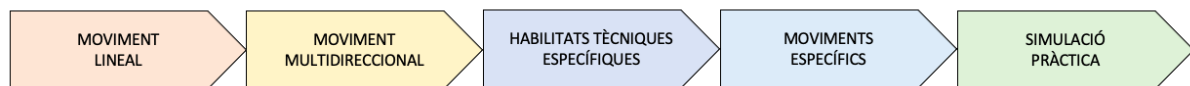
Figura 5. Procés del RTS



Nota. Adaptat de Burkthorpe, Della Villa, F., Della Villa, S. i Roi (2019).

Durant la fase de la rehabilitació al camp s'hauran de treballar continguts específics del futbol, el recondicionament físic i la recuperació d'habilitats específiques. La finalitat de la fase de la rehabilitació al camp, doncs, serà guiar les jugadores lesionades en la transició als entrenaments amb l'equip i als partits de manera segura i en les millors condicions físiques per tal de poder fer front a les exigències del futbol. Aquesta etapa està composta per diferents etapes (Figura 6), entre les quals, els criteris de progressió són: 1) Absència de dolor, 2) Absència d'inflamació i 3) Progressió satisfactòria (Buckthorpe et al., 2019).

Figura 6. Etapes de la fase de rehabilitació al camp



Nota. Adaptat de Burkthorpe, Della Villa, F., Della Villa, S. i Roi (2019).

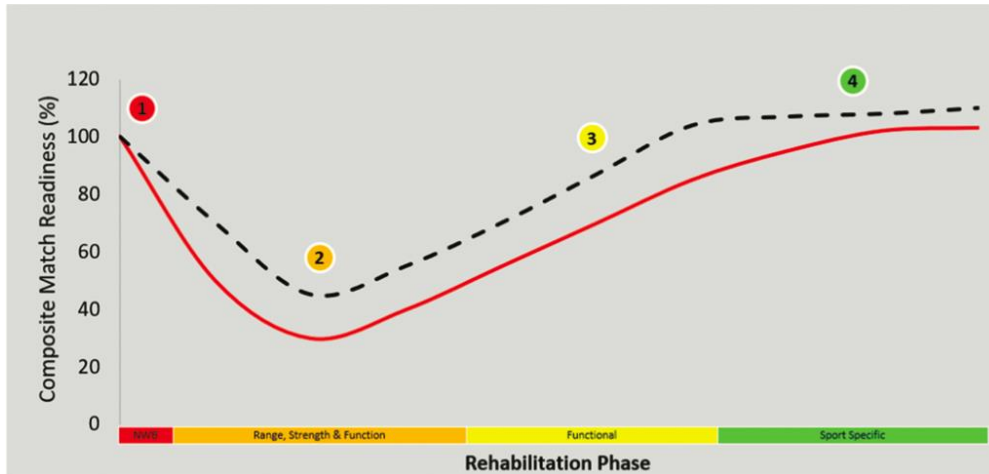
En aquesta fase, doncs, tenint en compte els dèficits principals que presenten les jugadores, serà important treballar l'agilitat, per a millorar els factors neuromusculars a l'hora que es millora la qualitat del moviment reentrenant patrons motors que han estat alterats en conseqüència a la lesió del LCA. L'agilitat es manifesta en gairebé totes les qualitats físiques que disposen les esportistes, ja que permet que aquestes reaccionin a diferents estímuls perceptius eficientment, sigui canviant de direcció o de ritme de manera ràpida, fluida i repetible (Salom, 2020).

Un dels problemes actuals a l'hora d'entrenar l'agilitat és que aquest se centra, en la majoria de les ocasions, a millorar el component físic, sense considerar els components tècnics i cognitius, així com al context i a les limitacions dins les quals es desenvolupa el moviment (Paul i Akenhead, 2018). Bosch (2019) presenta tres tipus de restriccions que influeixen en la destresa a l'esport: 1) La tasca: l'agilitat a l'esport basada en el patró de la carrera, ja que defensa que totes les formes de l'agilitat són, simplement, variacions d'aquest, 2) L'organisme: el moviment a alta intensitat restringeix la variabilitat, de manera que el cos es torna menys imprevisible i 3) L'entorn: el terreny de joc i els adversaris, sent els segons el factor més imprevisible. Serà crucial tenir-les en compte, ja que la importància de l'agilitat, des de la percepció fins a l'execució del moviment, és especialment elevada quan es consideren les lesions del LCA, sobretot les que es produeixen sense contacte.

La rehabilitació al camp, doncs, haurà d'incloure exercicis que permetin modificar patrons de moviment lesionats i exercicis per a millorar aspectes de la percepció i la presa de decisions. Aquests hauran de proposar-se de manera progressiva pel que fa a la càrrega cognitiva (passant de tasques

planificades a no planificades), per tal de millorar la biomecànica de les diferents accions del joc i corregir els dèficits neuromusculars conseqüents de la lesió del LCA. Durant el procés de rehabilitació al camp, doncs, la jugadora ha d'aconseguir nivells d'estrès cognitiu iguals o superiors als de la competició abans de tornar a entrenar amb l'equip (Figura 7). Aquesta demanda perceptiva i cognitiva s'haurà d'obtenir mitjançant la integració intencional de les exigències del futbol (Paul i Akenhead, 2018).

Figura 7. Progrés hipotètic durant les diferents fases de la rehabilitació de LCA



Nota. Línia vermella: Procés convencional. Línia negra discontinua: Procés que inclou un major element cognitiu. Adaptat de Paul i Akenhead (2018).

Durant una part significativa del procés de rehabilitació de la RLCA les jugadores no reben estímuls específics del futbol que permeten crear estratègies mitjançant l'ajustament del sistema de percepció-acció. Aquest fet pot repercutir de manera negativa generant males adaptacions de diferents patrons motors de les accions del joc, per aquest motiu serà important planificar un procés de rehabilitació al camp que desafii cognitivament les jugadores per tal de poder assegurar un retorn segur i satisfactori a l'entrenament amb l'equip.

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 un RTS més segur entrenant l'agilitat que aquelles que segueixin un protocol convencional.

3.2. Objectiu general

- Determinar si les jugadores de futbol semiprofessional d'entre 19 i 34 anys que es trobin en el 6è mes després d'una RLCA obtenen millors resultats en el RTS amb un protocol de readaptació basat en l'entrenament de l'agilitat que amb un protocol convencional.

3.3. Objectius específics

- Planificar l'entrenament de l'agilitat en un procés de readaptació de la lesió del LCA.
- Analitzar els efectes de l'entrenament de l'agilitat en les variables d'autopercepció, força i eficiència del moviment.

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 (pre-post test). 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), amb un total de 48 equips. Les jugadores que participin de l'estudi hauran de seguir els següents criteris d'inclusió (Taula 1).

Taula 1. Criteris d'inclusió i d'exclusió

Criteris d'inclusió	Criteris d'exclusió
Sexe femení	Sexe masculí
Entre 19 i 34 anys d'edat	Antecedents de lesió del LCA
RLCA <6 mesos	RLCA >6 mesos
Tipus de plàstia autòloga	Presència de dolor i/o inflamació
Absència de dolor i inflamació	Presència d'instabilitat subjectiva del genoll
Proves de laxitud del genoll negatives	Proves de laxitud del genoll positives
>80% de simetria en la ràtio H:Q	<80% de simetria en la ràtio H:Q
>80% de simetria en el SLDJ entre les dues EEII	<80% de simetria en el SLDJ entre les dues EEII

Nota. SLDJ: *single leg Drop Jump*. Adaptat de Bizzini, Hancock i Impellizzeri (2012).

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 de l'agilitat 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 a estudiar en funció de l'objectiu que es vol avaluar (Taula 2). Les variables d'estudi, coincideixen amb les que han de ser valorades prèviament al RTP (Dingenen i Gokeler, 2017; Gagnier, Shen i Huang, 2018; Webster i Hewett, 2019; Welling i Frik, 2021). De manera que, a part de poder valorar la mateixa intervenció, també ens podrem fer una idea de com es troba la jugadora envers l'última fase de la seva recuperació.

Taula 2. Variables d'estudi

Objectiu	Variable	Instrument de mesura
Autopercepció de les jugadores	Simptomatologia, funció, activitat i participació	IKDC-SKF
	Factors psicològics	ACL-RSI
Força muscular	Índex de simetria de les EEII	Dinamometria isomètrica a 30 ^o
Eficiència del moviment		Agilitat
	<i>Illinois test</i> modificat	
		<i>T-test agility</i> modificat

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 10, 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).

Índex de simetria de les EEII

L'índex de simetria de les EEII ($\text{EI operada}/\text{EI no operada} \times 100$) 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).

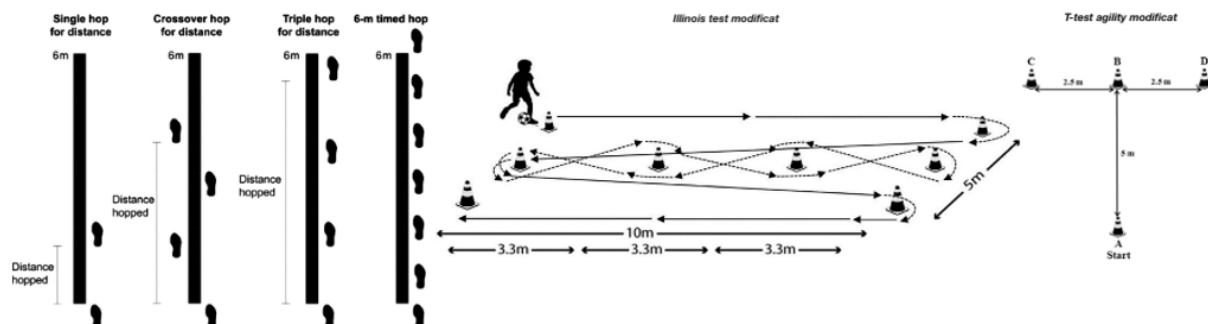
S'avaluarà la força de contracció isomètrica del quàdriceps i els isquiosurals de manera quantitativa mitjançant un dinamòmetre de ma collat en un punt fix, col·locant les jugadores en sedestació a 90° de flexió de maluc i una flexió de genoll de 120° (60° des de la posició d'extensió anatòmica) (Nevot-Casas, Pujol-Marzo, Moreno-Planes, Fort-Vanmeerhaeghe, 2020; Whiteley, Jacobsen, Prior, Skazalski, Otten i Johnson, 2012). Per altra banda, per avaluar l'eficiència del moviment es realitzarà una bateria de tests de salt (Figura 8) 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).

Agilitat

L'agilitat és un factor determinant en el futbol i pel que es refereix a l'objecte de l'estudi, aquest es valorarà mitjançant dos tests (Figura 8) que, segons Hachana et al. (2013) tenen validesa i fiabilitat a l'hora d'avaluar l'habilitat de l'esportista per a accelerar i canviar de direcció. (Figura 8).

En primer lloc, l'*Illinois test* modificat que es basa a fer un *sprint* de 10m i tornar a la posició de partida, seguidament es fa un *dribbling* entre 4 cons d'anada i tornada acabant amb un últim *sprint* de 10m conduint la pilota. Per altra banda, es durà a terme el *T-test agility* modificat en el qual l'esportista comença amb els dos peus a la línia de sortida (A), fa un *sprint* fins al con de davant (B), el toca amb la mà dreta, seguit d'un desplaçament lateral fins al con de l'esquerra (C) que tocarà amb la mà esquerra. A continuació es desplaçarà fins el con (D) que tocarà amb la mà dreta per tornar al con (B) i córrer cap enrere fins a la línia de sortida (A).

Figura 8. Tests per quantificar l'eficiència del moviment



Nota. Adaptat de Janewanitsaporn (2020); Makhlof et al. (2022); Sassi, Dardouri, Yahmed, Gmada, Mahfounhi i Gharbi (2009)

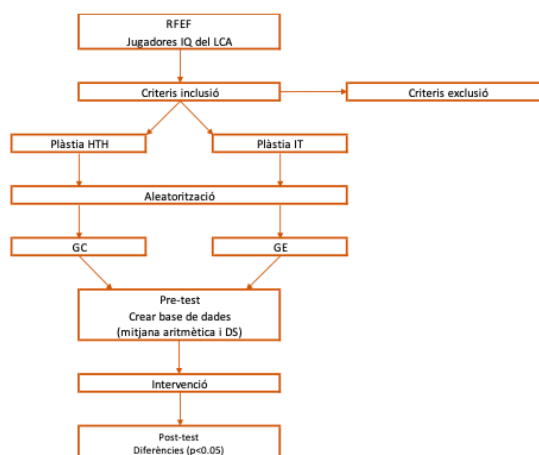
4.5. Descripció de la proposta d'intervenció

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 6 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 diferents grups, es prendran mesures de les variables que s'estudien, sense saber la intervenció que farà cada jugadora i es crearà una base de dades per poder fer l'anàlisi estadística pertinent, calculant la mitjana aritmètica i la desviació estàndard dels diferents tests. S'informarà als entrenadors i entrenadores del tractament que hauran d'aplicar a cada jugadora, de manera que no serà possible el cegament d'aquests. Tanmateix, les jugadores i la persona encarregada d'avaluar -que serà sempre la mateixa la que es desplaçarà al club pertinent- i, posteriorment les encarregades d'analitzar les dades recollides sí que ho estaran. L'estudi tindrà una duració de 2 temporades, de manera que la mostra seran aquelles jugadores que compleixin els criteris d'inclusió en aquest període de temps.

La intervenció tindrà una durada de 16 setmanes. Una vegada acabat el tractament, es tornarà a testejar, seguint el mateix protocol que a la valoració inicial, i s'inclouran els valors recollits a la base de dades creada anteriorment. D'aquesta manera es podran comparar els resultats pre i post de cada jugadora en funció de la intervenció que hagin realitzat i es buscaran diferències estadísticament significatives entre el GC i el GE (Figura 9).

Figura 9. Procediment de l'estudi



4.6. Anàlisi estadística

Es crearà una base de dades amb els resultats dels diferents tests pre i post intervenció del GC i del GE. Els resultats es mostraran amb una estadística descriptiva senzilla de cada prova, de cada variable i de cada jugadora a través del resultat màxim, la mitjana aritmètica i la desviació estàndard (DS) de les 4 condicions (preGC i postGC, preGE i postGE).

Un cop obtinguts els resultats, es realitzarà un t-test de variables independents entre cada jugadora per cada grup i variable de les 4 condicions per veure si la millora dels tests és significativa. Per a realitzar aquest anàlisi estadístic, se situarà la significació per sota de $p < 0.05$ i es realitzarà 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 l'Educació Física i Esportiva, 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 dades personals dels 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).

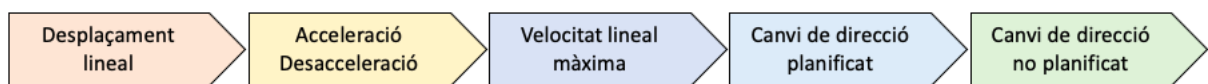
5. PROCEDIMENT

5.1. Explicació del protocol d'agilitat

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 preparadora física o la readaptadora de l'equip o del club.

La periodització i la progressió dels continguts a treballar s'haurà de fer de manera lògica, augmentant la dificultat, la intensitat i l'especificitat dels exercicis proposats (Figura 10).

Figura 10. Periodització dels continguts



Pel que fa la planificació del microcicle (Taula 3), i, tenint en compte que s'ha demostrat que la incorporació de l'entrenament pliomètric ajuda a millorar els nivells d'agilitat (Forster, Uthoff, Rumpf i Cronin, 2022), seria interessant incorporar una sessió d'entrenament pliomètric.

Taula 3. Microcicle model

DILLUNS	DIMARTS	DIMECRES	DIJOUS	DIVENDRES
Agilitat	Pliometria EI	Descans	Agilitat	Agilitat

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 amb sèries i repeticions.

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 (temps, distància o nombres de canvis de direcció) augmentarà la intensitat de l'activitat. 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 i de la capacitat de les jugadores. Aquest haurà de garantir la recuperació completa de la jugadora per tal per tal d'establir tècniques biomecànicament segures i apropiades que permetin aconseguir un rendiment òptim i evitar posicions potencialment perilloses.















5.1.1. La sessió

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 45-60 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 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 als continguts de la sessió.

L'escalfament es realitzarà en distàncies de 10-20 metres amb una recuperació relativament llarga, es realitzarà l'exercici en un sentit i es tornarà caminant en l'altre. Cada exercici es realitzarà de 2 a 4 vegades en funció de l'execució i l'aprenentatge de les jugadores (Taula 4).

Taula 4. Escalfament

<i>Frontal plank leg lift and hold</i>		<i>Forward hops</i>	
<i>Lateral plank leg hold</i>		<i>A skip</i>	
<i>Glute bridge</i>		<i>Butt kicks</i>	
<i>Hamstring bridge</i>		<i>Backward stride</i>	
<i>Walking lunges</i>		<i>Lateral high knees</i>	
<i>Monster walks</i>		<i>Medium bounds</i>	
<i>Lateral jumps</i>		<i>Bounds</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 de l'agilitat. Per tal de seguir una progressió lògica i estandarditzada, es dividirà en diferents fases en funció de l'estat de les jugadores (Taula 5).

Taula 5. Marc pràctic del desenvolupament l'entrenament de l'agilitat

	Agilitat no reactiva	Agilitat reactiva		
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	
Objectiu	Patrons motrius, identificació de les limitacions físiques i tècniques	Entorn reactiu planificat: reconeixement i resposta a un estímul (reacció)	Entorn reactiu no planificat: solució de moviment en resposta a un estímul	
Tipus d'estímul	Sense estímuls	Inespecífics (llum, xiulet, ordres, cons)	Específics (adversari)	
Tasca	Manipulació de la distància d'execució i el moviment Manipulació de la velocitat d'execució Sense pilota	Canvis en el moment de l'estímul Variació del tipus d'estímul Limitacions temporals Amb/sense pilota	Presca de decisió Canvis del moment i la ubicació de l'estímul Variació de les restriccions de la tasca Amb pilota	
Entorn	Tancat	—————→		Obert


Nota. Adaptat de Spiteri, McIntyre, Specos i Myszka (2018)

A continuació, es mostren 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. A cada sessió d'entrenament es realitzaran 5-7 exercicis de la fase en la qual es trobi la jugadora, podent realitzar-ne algun de la fase anterior per tal d'acabar amb un escalfament més específic.


Fase 1

Les imatges han estat cedides per una jugadora del primer equip del CE Europa la qual ha firmat el document per a la sessió d'imatges que es pot trobar a l'Annex V.


Taula 6. Carrera lineal amb dissociació de la cintura lumbo-pèlvica i la cintura escapular

<p>Córrer de manera lineal amb una pica a l'alçada de les espatlles. Durant la carrera realitzar rotacions del tronc en el pla transversal.</p>	
CONTINGUT	Desplaçament lineal. Dissociació cintura lumbo-pèlvica i cintura escapular.
INSTRUCCIONS	Els moviments del tronc i dels braços han de ser independents dels de les cames. El tronc ha de mantenir-se recte (posició neutra). Treure pit durant les rotacions.


Taula 7. Sortida i acceleració

<p>Des d'una posició de sortida agrupada agafant el disc amb les dues mans, realitzar un <i>sprint</i> (10m) aguantant el disc a l'alçada del pit amb els braços estirats.</p>	
CONTINGUT	Sortida i acceleració.
INSTRUCCIONS	No inclinar el tronc endavant durant la carrera. Mantenir el disc el més quiet possible. Realitzar la passa i la batuda amb intenció.


Taula 8. Treball isomètric amb perturbacions

<p>En posició de <i>lunge</i>, la jugadora haurà de rebre una pilota medicinal des del costat de la cama avançada. Haurà de recepcionar-la mantenint la posició i tornar la passada.</p>	
CONTINGUT	Força isomètrica amb perturbacions.
INSTRUCCIONS	Mantenir el tronc recte (posició neutra). Flexionar el genoll fins l'alçada del peu. Mantenir la posició en tot moment. Tornar la pilota el més aviat possible.


Taula 9. Desacceleració

<p>Realitzar una passa enèrgica endavant per caure sobre l'altra cama. Per tal d'acumular més energia, portar el disc darrera el cap amb força a l'hora que es realitza la caiguda.</p>	
CONTINGUT	Desacceleració i recepció.
INSTRUCCIONS	<p>Mantenir el tronc recte (posició neutra). Portar el disc darrera el cap amb força. Frenar la caiguda amb l'acció excèntrica de la musculatura del genoll. Mantenir la posició final durant 2-3 segons.</p>

Taula 10. Llançament de pilota medicinal amb rotació interna de tibia

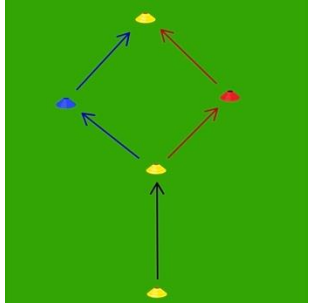
<p>Des de la posició inicial, realitzar un salt lateral per carregar i llençar la pilota contra la paret extenent els braços i realitzant una rotació i extensió del maluc</p>	
CONTINGUT	Estabilitat de la cama amb rotació interna de tibia.
INSTRUCCIONS	<p>Mantenir el tronc recte i encarar-lo a la paret. Mantenir la contracció dels extensors de genoll i de maluc mentre es realitza la rotació durant el llançament.</p>

Taula 11. Caiguda i gir de 90º

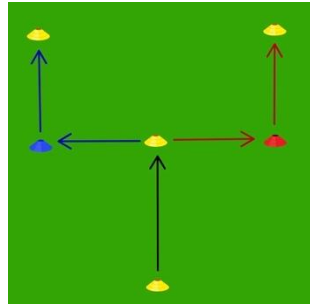
<p><i>Skipping</i> a l'hora que el tronc ja rota cap a la següent direcció (90º). Llençar el disc endavant a l'hora que es realitza una triple extensió de la cama que queda a terra per acabar recolzant l'altra sobre el <i>step</i>.</p>	
CONTINGUT	Preparació pel canvi de direcció.
INSTRUCCIONS	<p>Mantenir el tronc recte (posició neutra). Rotar el tronc abans d'entrar en contacte amb el terra. Llençar el disc en el moment que s'entra en contacte amb el terra.</p>

Fase 2

Taula 12. Canvi de direcció 45º

<p>La jugadora estarà fent <i>skipping</i> al con groc fins que se l'avisí amb un xiulet per fer un <i>sprint</i> frontal fins al següent con, quan comenci a fer la desacceleració, se li dirà a quin dels dos cons ha d'anar i haurà d'acabar al tercer con de color groc.</p>		 <p>Diagrama que mostra un canvi de direcció de 45 graus. Un con groc central està connectat per fletxes blaves i vermelles a dos cons laterals (blau i vermell). Des d'aquests dos cons, fletxes grogues indiquen un moviment diagonal cap a un tercer con groc situat a la part superior del camp.</p>
CONTINGUT	Canvi de direcció 45º. Agilitat reactiva. Estímul inespecífic.	
INSTRUCCIONS	Eскурçar les passes i baixar el centre de gravetat abans de fer el canvi de direcció.	
VARIANTS	Canviar el tipus d'estímul. Augmentar el nombre de canvis de direcció. Afegir pilota.	

Taula 13. Canvi de direcció 90º

<p>La jugadora estarà fent <i>skipping</i> al con groc fins que se l'avisí amb un xiulet per fer un <i>sprint</i> frontal fins al següent con, quan comenci a fer la desacceleració, se li dirà a quin dels dos cons ha d'anar i haurà d'acabar al tercer con de color groc.</p>		 <p>Diagrama que mostra un canvi de direcció de 90 graus. Un con groc central està connectat per fletxes blaves i vermelles a dos cons laterals (blau i vermell). Des d'aquests dos cons, fletxes grogues indiquen un moviment perpendicular cap a dos cons grocs situats a la part superior del camp.</p>
CONTINGUT	Canvi de direcció 90º. Agilitat reactiva. Estímul inespecífic.	
INSTRUCCIONS	Eскурçar les passes i baixar el centre de gravetat abans de fer el canvi de direcció.	
VARIANTS	Canviar el tipus d'estímul. Augmentar el nombre de canvis de direcció. Afegir pilota.	

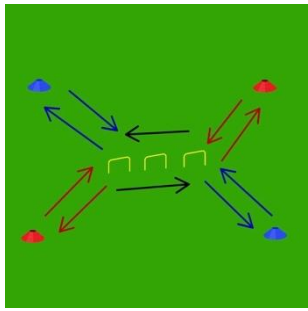
Taula 14. Canvi de direcció 135º

<p>La jugadora estarà fent <i>skipping</i> al con groc fins que se l'avisí amb un xiulet per fer un <i>sprint</i> frontal fins al següent con, quan comenci a fer la desacceleració, se li dirà a quin dels dos cons ha d'anar i haurà d'acabar al tercer con de color groc.</p>	
CONTINGUT	Canvi de direcció 135º. Agilitat reactiva. Estímul inespecífic.
INSTRUCCIONS	Eскурçar les passes i baixar el centre de gravetat abans de fer el canvi de direcció. Fer tots els desplaçaments frontals.
VARIANTS	Canviar el tipus d'estímul. Augmentar el nombre de canvis de direcció. Afegir pilota.

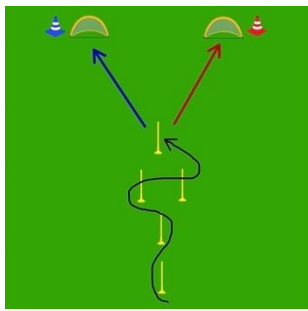
Taula 15. Encadenament de canvis de direcció.

<p>La jugadora estarà fent <i>skipping</i> al con groc fins que se li digui quin color ha de seguir. Cada un d'ells té un circuit diferent. El blau consta de 4 canvis de direcció i el vermell de 3.</p>	
CONTINGUT	Canvi de direcció 135º. Agilitat reactiva. Estímul inespecífic.
INSTRUCCIONS	Eскурçar les passes i baixar el centre de gravetat abans de fer el canvi de direcció. Fer tots els desplaçaments frontals.
VARIANTS	Canviar el tipus d'estímul. Començar d'esquenes als cons. Augmentar el nombre de canvis de direcció. Afegir pilota.

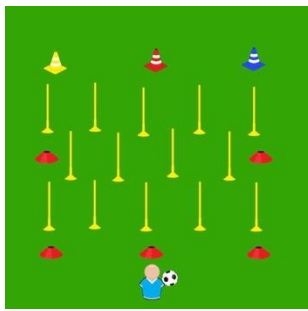
Taula 16. Desplaçament lateral i canvi de direcció

<p>La jugadora farà desplaçaments laterals saltant les tanques fins que se li digui quin color ha de seguir. Farà un desplaçament lateral d'anada i tornada, passant per les tanques i acabarà fent la diagonal contrària de la mateixa manera.</p>	
<p>CONTINGUT</p>	<p>Desplaçament lateral + Canvi de direcció 135º. Agilitat reactiva. Estímul inespecífic.</p>
<p>INSTRUCCIONS</p>	<p>No creuar les cames durant els desplaçaments laterals, Baixar el centre de gravetat i escurçar les passes a l'hora de fer la desacceleració.</p>
<p>VARIANTS</p>	<p>Canviar el tipus de salts de tanques.</p>

Taula 17. Slalom i finalització

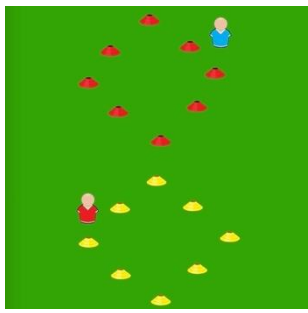
<p>La jugadora farà un <i>slalom</i> i, quan acabi el circuit de li dirà en quina de les dues porteries ha de finalitzar.</p>	
<p>CONTINGUT</p>	<p><i>Slalom</i> frontal + finalització. Agilitat reactiva. Estímul inespecífic.</p>
<p>INSTRUCCIONS</p>	<p>Mirada sempre endavant, el cos es manté sempre encarat a porteria. Centre de gravetat baix i passades ràpides i curtes.</p>
<p>VARIANTS</p>	<p>Afegir pilota.</p>

Taula 18. Introducció d'obstacles

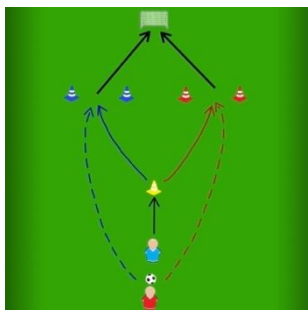
<p>Se li indicarà una seqüència de colors que fan referència als cons als quals ha d'arribar. Haurà de tocar-los en l'ordre indicat, passant entre les piques intentant no tirar-ne cap.</p>	
<p>CONTINGUT</p>	<p><i>Slalom</i> + finalització. Agilitat reactiva. Estímul inespecífic.</p>
<p>INSTRUCCIONS</p>	<p>Baixar el centre de gravetat i encarat el cos a la direcció en la qual vol anar.</p>
<p>VARIANTS</p>	<p>Limitar el temps o reduir l'espai.</p>

Fase 3

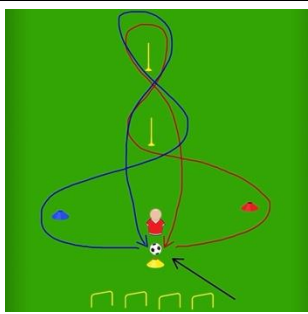
Taula 19. Velocitat reactiva

<p>La jugadora ha d'intentar que no la pillin sense entrar als cercles formats pels cons.</p>	
CONTINGUT	Canvi de direcció obert. Agilitat reactiva. Estímul específic.
INSTRUCCIONS	Baixar el centre de gravetat i tenir sempre els turmells actius (flexió plantar).
VARIANTS	Reduir la mida dels cercles.


Taula 20. Perfilació

<p>La jugadora es desplaça perfilada cap al con groc, se li passa una pilota entre un dels parells de cons -que simulen la línia defensiva- perquè controlï i finalitzi.</p>	
CONTINGUT	Carrera lineal + perfilació + control + finalització. Agilitat reactiva. Estímul específic.
INSTRUCCIONS	Córrer perfilada per controlar la pilota i finalitzar.
VARIANTS	Limitar nombre de tocs per finalitzar.

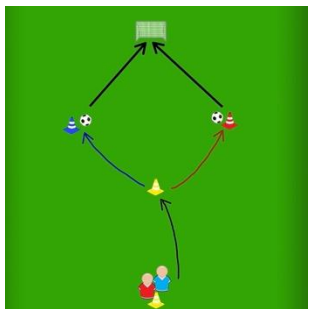
Taula 21. Conducció

<p>La jugadora fa un desplaçament lateral saltant les tanques i esprinta fins el con groc, allà la defensora li marcarà la direcció en la qual ha de sortir.</p>	
CONTINGUT	Desplaçament lateral + 1c1 + <i>slalom</i> . Agilitat reactiva. Estímul específic.
INSTRUCCIONS	Centre de gravetat baix. Escurçar les passes abans d'arribar a la defensora.
VARIANTS	Variar l'espai entre cons i piques per tal de dificultar el canvi de direcció.

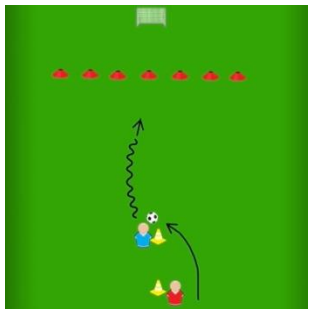
Taula 22. 1 contra 1 en espai reduït

<p>La jugadora ha de mantenir la pilota durant 30" sense sortir de l'espai delimitat pels cons.</p>		
CONTINGUT	1c1 en espai reduït. Agilitat reactiva. Estímul específic.	
INSTRUCCIONS	Protegir la pilota amb el cos. Baixar el centre de gravetat.	
VARIANTS	Afegir porteries i comptar gols encaixats per la jugadora.	


Taula 23. Introducció d'oposició

<p>La jugadora fa un desplaçament lineal amb el contacte d'una oponent, una vegada arriben al con groc, la jugadora decidirà en funció de l'escenari a quin dels dos cons anar per finalitzar.</p>		
CONTINGUT	Desplaçament frontal amb contacte + <i>sprint</i> + finalització. Agilitat reactiva. Estímul específic.	
INSTRUCCIONS	Buscar el contacte amb l'adversària fins arribar al con groc.	
VARIANTS	Fer el circuit en conducció amb defensa passiva fins la finalització.	


Taula 24. 1c1 amb hàndicap per la defensa

<p>La jugadora surt en conducció uns metres més avançada que la defensora. Ha de finalitzar per davant la línia vermella de cons i abans que la defensora tingui temps a recuperar la posició.</p>		
CONTINGUT	1c0+1. Agilitat reactiva. Estímul específic.	
INSTRUCCIONS	Conducció a màxima velocitat per aprofitar l'avantatge sobre la defensora.	
VARIANTS	Afegir defensa passiva des de l'inici.	

Taula 25. 1c1 amb hàndicap per l'atacant

<p>La jugadora fa una conducció fins el con groc i es converteix en un 1c1, haurà d'aconseguir finalitzar abans d'arribar a la línia de cons vermells.</p>	
<p>CONTINGUT</p>	<p>Conducció + 1c1. Agilitat reactiva. Estímul específic.</p>
<p>INSTRUCCIONS</p>	<p>Finalitzar entre el con groc i la línia de cons vermells.</p>
<p>VARIANTS</p>	<p>Canvi de rol de manera que la jugadora comenci defensant.</p>

Taula 26. Joc reduït

<p>La jugadora comença amb un 1c0, amb una conducció i una finalització. De tornada es converteix en un 1c1 que posteriorment es convertirà en un 2c1 i, així, successivament fins a arribar al 3c3.</p>	
<p>CONTINGUT</p>	<p>Joc reduït. Agilitat reactiva. Estímul específic</p>
<p>INSTRUCCIONS</p>	<p>Sempre comença l'equip de la jugadora lesionada (sempre està en igualtat o superioritat numèrica).</p>
<p>VARIANTS</p>	<p>Començar amb el 1c1 i anar afegint jugadores en funció del rendiment de la jugadora. Progressar fent iniciar l'exercici a l'altre equip per tal que es trobi en situacions d'inferioritat numèrica.</p>

6. CRONOGRAMA

Taula 27. 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				
INTRODUCCIÓ, JUSTIFICACIÓ, HIPÒTESIS I OBJECTIUS																																			
Revisió bibliogràfica																																			
Redacció de la introducció																																			
Redacció de la justificació																																			
Redacció de la hipòtesi																																			
Redacció dels objectius																																			
METODOLOGIA I PROCEDIMENT																																			
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																																			
ENTREGUES I DEFENSA																																			
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 28. Pressupost del material del projecte

Material	Unitat	Preu	Total	
Dinamòmetre de mà		1	450€	450€
Cinta mètrica		1	8,29€	8,29€
Cons		48	22,40€	1.075, 2€
Tanques		48	43€	2.064€
Piques		480	5,99€	2.875,2€
Disc		48	23,99€	1.151,52€
Pilota medicinal		48	42,03€	2.017,44€
Caixes pliomètriques		48	42,99€	2.063,52€
TOTAL				10.704,97€

El pressupost total necessari per a la realització del protocol es de 10.704,97€. El material necessari per realitzar els exercicis suposaria una despesa de 234,31€ per equip i les eines necessàries per fer les valoracions pertinents tenen un cost de 458,29€. Les proves que necessiten ser cronometrades poden realitzar-se amb qualsevol mòbil, rellotge o cronòmetre.

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

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. Es decidirà en funció del criteri de la professional que tracti la jugadora i aquesta no serà la mateixa per a totes les participants de l'estudi.

Les capacitats que s'han de treballar com la força reactiva, la força màxima o la resistència, no s'han explicat ni especificat en el protocol, de manera que la càrrega d'entrenament total no serà estandarditzada ni controlada.

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 dissenyar un protocol que inclogués l'entrenament de totes les capacitats necessàries per a un retorn òptim i segur a l'entorn competitiu de les jugadores de futbol.

Fins i tot, també es podrien incorporar *gps's* o *wearables* que permetessin quantificar i monitoritzar la càrrega, així com analitzar altres variables relacionades amb el rendiment esportiu del futbol.

9. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

Agustín, R. M. S., Medina-Mirapeix, F., Esteban-Catalán, A., Escriche-Escuder, A., Sánchez-Barbadora, M., & Benítez-Martínez, J. C. (2021). Epidemiology of injuries in first division Spanish women's soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063009>

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>

Bizzini, M., Hancock, D., & Impellizzeri, F. (2012). Suggestions from the field for return to sports participation following anterior cruciate ligament reconstruction: Soccer. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 42(4), 304–312. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.4005>

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

Bosch, F. (2019). *Anatomy of Agility: Movement Analysis in Sport*. 2010Publishers.

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

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

Buckthorpe, M. (2019). Optimising the Late-Stage Rehabilitation and Return-to-Sport Training and Testing Process After ACL Reconstruction. *Sports Medicine*, 49(7), 1043–1058. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01102-z>

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>

Buckthorpe, M., Della Villa, F. Della, Villa, S. Della, & Roi, G. S. (2019). On-field Rehabilitation Part 1: 4 Pillars of High-Quality On-field Rehabilitation Are Restoring Movement Quality, Physical Conditioning, Restoring Sport-Specific Skills, and Progressively Developing Chronic Training Load. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 49(8), 565–569. <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.8954>

Butcher, N. J., Monsour, A., Mew, E. J., Chan, A. W., Moher, D., Mayo-Wilson, E., Terwee, C. B., Chee-A-Tow, A., Baba, A., Gavin, F., Grimshaw, J. M., Kelly, L. E., Saeed, L., Thabane, L., Askie, L., Smith, M., Farid-Kapadia, M., Williamson, P. R., Szatmari, P., ... Offringa, M. (2022). Guidelines for Reporting Outcomes in Trial Protocols: The SPIRIT-Outcomes 2022 Extension. *Jama*, 328(23), 2345–2356. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.21243>

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>

Chan, A. W., Tetzlaff, J. M., Gøtzsche, P. C., Altman, D. G., Mann, H., Berlin, J. A., Dickersin, K., Hróbjartsson, A., Schulz, K. F., Parulekar, W. R., Krleza-Jeric, K., Laupacis, A., & Moher, D. (2013). SPIRIT 2013 explanation and elaboration: guidance for protocols of clinical trials. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 346. <https://doi.org/10.1136/bmj.e7586>

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>

Chena, M. (2018). Modelo funcional estructurado para el entrenamiento de fuerza en el jugador de fútbol. *Revista de Preparación Física En El Fútbol*, 27.

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>

Forster, J. W. D., Uthoff, A. M., Rumpf, M. C., & Cronin, J. B. (2022). Training to Improve Pro-Agility Performance: A Systematic Review. *Journal of Human Kinetics*, 85(1), 35–51. <https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0108>

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>

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., & Wojtys, 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>

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.

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., Garcia-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>

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

Nevot-Casas, O., Pujol-Marzo, M., Moreno-Planes, B., & Fort-Vanmeerhaeghe, A. (2020). Neuromuscular fatigue effects on Hamstring to Quadriceps Ratio in young female players. *Apunts Sports Medicine*, 55(208), 137–142. <https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2020.08.001>

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>

Okholm Kryger, K., Wang, A., Mehta, R., Impellizzeri, F. M., Massey, A., & McCall, A. (2021). Research on women's football: a scoping review. *Science and Medicine in Football*, 6(5), 549–558. <https://doi.org/10.1080/24733938.2020.1868560>

Paul, D. J., & Akenhead, R. (2018). Agility Training: A Potential Model for the Reduction and Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament Injury. *Strength and Conditioning Journal*, 40(1), 98–105.

Paulsen, F. i Waschke J. (Eds.). (2018). *Sobotta Atlas of Anatomy*. (16^a 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>

Paterno, M. V., Rauh, M. J., Schmitt, L. C., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2014). Incidence of second ACL injuries 2 years after primary ACL reconstruction and return to sport. *American Journal of Sports Medicine*, 42(7), 1567–1573. <https://doi.org/10.1177/0363546514530088>

Pons, E., Martín-García, A., Guitart, M., Guerrero, I., Tarragó, J.R., Seirul-lo, F., Cos, F. (2020). Training in Team Sports: Optimising Training at FCB. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 142, 55-66. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2020/4\).142.07](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2020/4).142.07)

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>

Salom Moreno, J. (2020). *Readaptación tras las Lesiones Deportivas*. Editorial Panamericana.

Spiteri, T., McIntyre, F., Specos, C., & Myszka, S. (2018). Cognitive Training for Agility: The Integration between Perception and Action. *Strength and Conditioning Journal*, 40(1), 39–46. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000310>

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>

Welling, W., & Frik, L. (2021). On-Field Tests for Patients After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Scoping Review. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.1177/23259671211055481>

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

Annex II. ACL-RSI

**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-injury 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 Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, dirigida por Roger Font Ribas está llevando a cabo el proyecto de investigación *“Diseño y evaluación de un protocolo basado en el entrenamiento de la agilidad para la readaptación de la lesión del Ligamento Cruzado Anterior en jugadoras de futbol semiprofesional”*.

El proyecto tiene como objetivo la elaboración y la posterior evaluación de un protocolo basado en el entrenamiento de la agilidad durante el proceso de readaptación de la lesión del ligamento cruzado anterior en jugadoras de futbol semiprofesional. En primer lugar, se testeará para tener una valoración inicial y se realizará dicho protocolo y, en segundo lugar, 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

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 basado en el entrenamiento de la agilidad para la readaptación de la lesión del Ligamento Cruzado Anterior en jugadoras de futbol semiprofesional”*, 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 basado en el entrenamiento de la agilidad para la readaptación de la lesión del Ligamento Cruzado Anterior en jugadoras de futbol semiprofesional”*.
2. Que Marta Ruiz Arcarons y su director Roger Font Ribas 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 DIRECTOR]

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]



AUTORIZACIÓN PARA LA CESIÓN DE DATOS E IMÁGENES

Yo D/D^a Claudia López Álvarez
con N^o DNI: 4996844F

MANIFIESTO QUE:

- Sé y conozco que la investigación científica es necesaria para avanzar en el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de las enfermedades en el ámbito de las ciencias de la actividad física y el deporte.
- He obtenido información sobre la finalidad del uso de los datos e imágenes, así como sobre la seguridad y garantía de cumplimiento de la legalidad.
- He comprendido la información recibida y he podido formular todas las preguntas que he creído oportunas.

EN CONSECUENCIA DOY MI CONSENTIMIENTO PARA LA CESIÓN DE MIS DATOS CLÍNICOS E IMÁGENES CON EL FIN EDUCATIVO DE UTILIZACIÓN DE LOS MISMOS EN TRABAJOS, CONGRESOS, SESIONES CLÍNICAS, PONENCIAS Y DIFERENTES COMUNICACIONES.

Firma del/la paciente:

Firma alumno/a responsable:

Ponemos en su conocimiento, en cumplimiento de lo que estipula la Ley orgánica 15/1999 de 13 de diciembre, sobre Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD), que las imágenes obtenidas mantendrán el absoluto anonimato.

Annex VI. Pàgines web del material

Material	Pàgina web
Dinamòmetre de mà	https://www.fysiosupplies.es/
Cinta mètrica	https://www.leroymerlin.es/
Cons	https://www.decathlon.es/es/
Tanques	https://ironstrength.es/
Piques	https://www.futbolemotion.com/es/
Disc	https://www.decathlon.es/es/
Pilota medicinal	https://ironstrength.es/
Caixa pliomètrica	https://www.vevor.es/