

TREBALL FI DE GRAU
CIÈNCIES DE L'ACTIVITAT FÍSICA I L'ESPORT
TECNOCAMPUS MATARÓ-MARESME

**VALORACIÓ DEL VALG DINÀMIC DE GENOLL I INFLUÈNCIA LESIVA DEL
LLIGAMENT ENCREUAT ANTERIOR EN CAIGUDES DE SALTS UNILATERALS**

Autor: Marc Lara Tisaire
Directora: Mónica Morral Yepes
CURS ACADÈMIC 2020-2021

ÍNDEX DELS CONTINGUTS

1. RESUM	1
2. INTRODUCCIÓ	2
3. JUSTIFICACIÓ	4
4. HIPÒTESI I OBJECTIUS	5
4.1 HIPÒTESIS DE L'ESTUDI	5
4.2 OBJECTIUS GENERALS	5
4.3 OBJECTIUS ESPECÍFICS	5
5. METODOLOGIA	5
5.1 POBLACIÓ I MOSTRA	6
5.2 ASSIGNACIÓ DELS INDIVIDUS ALS GRUPS D'ESTUDI	6
5.3 VARIABLES D'ESTUDI	7
5.4 PROCEDIMENT	7
5.5 DESCRIPCIÓ DEL PROTOCOL DE SALT	10
5.6 DESCRIPCIÓ DE LA PROPOSTA D'INTERVENCIÓ	11
5.7 RESULTATS	19
5.8 ANÀLISI ESTADÍSTICA	19
5.9 CONSIDERACIONS ÈTIQUES	19
6 CRONOGRAMA	21
7 PRESSUPOST	22
7.1 JUSTIFICACIÓ DEL MATERIAL DEL PROJECTE	23
8 LIMITACIONS I PROSPECTIVA	23
9 REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	25
10 ANNEXOS	30
10.1 ANNEX 1	30
10.2 ANNEX 2	32
10.3 ANNEX 3	34

1. RESUM

Actualment, existeix una alta incidència de lesions de lligament creuat anterior en futbolistes. La falta de control neuromuscular és un factor de risc en aquest tipus de lesió i es pot modificar a través de la nostra intervenció. Això es pot detectar mitjançant l'observació del valg dinàmic de genoll en les recepcions unilaterals, en una prova de caigudes salt vertico-lateral. Aquest estudi té com a propòsit, d'una banda, generar un test de valoració del control dinàmic de genoll després de la caiguda d'un salt unilateral i vertico-lateral. D'altra banda, pretén comprovar si la intervenció durant vuit setmanes, a través d'un entrenament neuromuscular, redueix el valg dinàmic de genoll.

Es tracta de valorar 20 futbolistes d'entre 20 i 30 anys distribuïts en dos grups de 10 subjectes, és a dir, un grup experimental i un grup control, mitjançant les gravacions de les caigudes de salt vertico-lateral. D'aquests dos grups, només al grup experimental se li presenta el programa d'entrenament neuromuscular per realitzar durant les vuit setmanes següents. Passat aquest temps, els 20 futbolistes tornen a ser testejats en les caigudes de salts unilaterals

Aquest projecte genera un procediment vàlid i fiable, a més de funcional, per detectar possibles desviacions articulars de l'extremitat inferior que puguin ser factors de risc per les LCA sense contacte. Per altre costat, presenta un programa preventiu d'entrenament que podria adaptar-se a diferents disciplines esportives per tal de contribuir a la prevenció o disminució de possibles lesions.

Currently, there is a high incidence of anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Lack of neuromuscular control is a risk factor in this type of injury and can be modified through our intervention. This can be detected by observing the dynamic valgus of the knee in unilateral receptions, in a test of vertical-lateral jump falls. The objective of this study is to generate a test to evaluate the dynamic control of the knee after the fall of a unilateral and vertical-lateral jump. The aim is also check whether the intervention for eight weeks, through neuromuscular training, reduces the dynamic valgus of the knee. It is about evaluating 20 soccer players between 20 and 30 years old distributed in two groups of 10 persons, that is, an experimental group and a control group, by recording the falls of the vertical-lateral jump. In these two groups, only the experimental group presents the neuromuscular training program that will take place over the next eight weeks. After this time, the 20 players are tested again in one-sided jumps. This project generates a valid and reliable procedure, as well as functional, to detect possible joint deviations of the lower limb that may be risk factors for non-contact ACL. In addition, it presents a preventive training program that could be adapted to different sports to contribute to the prevention or reduction of possible injuries.

Paraules clau: Lesió de LCA, caiguda de salt unilateral, valg dinàmic de genoll, prevenció de lesions.

2. INTRODUCCIÓ

La realització d'aquest Treball de Fi de Grau tracta la valoració i influència que pot tenir el valg dinàmic del genoll després de la caiguda d'un salt com a possible mecanisme lesional del lligament creuat anterior (LCA) sense contacte. L'alta freqüència lesiva que existeix actualment pel que fa a lesions de LCA (milers de lesions de LCA a l'any; Yu B, 2007) fa que sigui un tema de gran rellevància. A més a més, predispesa al gènere femení a tenir més risc de patir una lesió d'aquest tipus que el gènere masculí (Yu B, 2007).

El trencament del lligament creuat anterior del genoll és una de les lesions amb més freqüència en esportistes, (Fort Vanmeerhaeghe, A. 2013). Només als Estats Units la incidència es situa entre 100.000 i 200.000 a l'any (Wiggins AJ, 2016). A més a més, és una lesió que comporta un alt risc de recaiguda en la tornada a la competició, ja que un de cada quatre esportistes joves que han patit una lesió de LCA tornaran a tenir una altra lesió de LCA (Wiggins AJ, 2016).

D'altra banda, es tracta d'una lesió considerada greu no només per la incidència lesiva que té sinó pel que fa al temps de recuperació i el tipus d'intervenció quirúrgica que es realitza al genoll. És una lesió que provoca que aproximadament el 90% dels pacients hagin de passar per una reconstrucció quirúrgica de LCA. La taxa de retorn a l'activitat física dels esportistes afectats, 12 mesos després d'una reconstrucció del LCA, oscil·la entre el 33% i el 92% (Bien, D. P. 2015). Això suggereix que els esportistes lesionats poden necessitar processos de recuperació més llargs del que està estipulat actualment per restaurar els nivells de rendiment funcional (Bien, D. P. 2015).

En el moment en què es produeix una lesió, aquesta pot estar provocada per una combinació de factors intrínsecs i extrínsecs. En aquestes dues classificacions existeixen una sèrie de factors que són modificables i d'altres que no. Per un costat, tindríem els factors extrínsecs, que no són modificables, relacionats amb els equipaments esportius, els jugadors dels equips contraris, les condicions ambientals (temperatura, humitat, llum, etc.). Per altre costat, tindríem els factors intrínsecs, que poden ser modificables i no modificables. Els factors relacionats amb aspectes anatòmics, edat i sexe estan determinats genèticament i, per tant, nosaltres tampoc podríem intervenir per modificar-los. En canvi, els altres factors intrínsecs relacionats amb les capacitats físiques, com poden ser la falta de força, de coordinació, de flexibilitat, entre d'altres, poden ser modificables mitjançant la nostra intervenció a través de l'entrenament.

Els autors Azahara Fort Vanmeerhaeghe i Daniel Romero Rodríguez, consideren que els factors de risc neuromusculars de la lesió de LCA són: la fatiga neuromuscular, l'alteració de la intensitat i del temps

d'activació, l'alteració de la capacitat de coactivació muscular i el control dinàmic de l'extremitat inferior, entre d'altres (Fort Vanmeerhaeghe, A. 2013). En aquest cas, ens centrarem sobre el control dinàmic de l'extremitat inferior sense deixar de banda la resta.

Un dèficit en el control dinàmic de l'extremitat inferior moltes vegades es pot veure reflectit en el valg dinàmic de genoll, que és la deformitat en el pla coronal, on es veu afectada l'extremitat inferior, maluc-genoll-turmell (Patel M, 2021). Aquesta es produeix quan la línia de l'eix mecànic, des del maluc fins al turmell, es desplaça cap a dins amb rotació interna, de manera que s'apropen els dos segments en forma de X.

Aquesta deformitat en el pla coronal es produeix en el mecanisme lesional del lligament encreuat anterior més habitual, quan no existeix contacte. Això es dona quan hi ha sobrecàrrega i un canvi de direcció brusca de l'articulació del genoll, mentre el peu es manté fixe al terra. En aquest moviment el genoll està flexionat, forçant la rotació interna i la torsió del valg del genoll. És en aquest moment quan es produeix una excessiva tensió al lligament, que no és capaç de suportar, i acaba generant el trencament parcial o total del mateix (Yu B, 2007). Dins d'aquest valg de genoll hi ha factors no modificables com la disposició òssia o angle Q de l'extremitat inferior, que vindrà determinat genèticament. Però també hi ha factors modificables que dependran de la nostra capacitat de tenir un bon control motor i neuromuscular, per tal d'evitar que es produeixi alguna complicació a nivell articular o muscular (Fort Vanmeerhaeghe, A. 2013).

Tenint en compte tot l'anterior, en el present treball s'aborda la valoració del valg dinàmic de genoll i la influència que pot tenir com a desencadenant d'una possible lesió de LCA i es proposa un treball de reforçament neuromuscular per corregir el valg, que ajudarà a la prevenció i reducció del nombre d'afectacions per aquest tipus de lesió. Amb aquesta finalitat, es presenta una proposta d'exercicis orientats al control motor, reforç neuromuscular i enfortiment de la musculatura implicada en el moviment de l'articulació. El protocol d'aplicació que es durà a terme consistirà en un test de salt unilateral amb valoració funcional de l'extremitat inferior, basat en la metodologia aplicada en un "Drop Jump" bilateral com mostren els següents autors (Krosshaug, T. 2016; Redler LH, 2016). En aquest estudi es tindrà en compte l'articulació del genoll amb tota la seva complexitat, és a dir, en els sis graus de llibertat de moviment. S'observarà el moviment de rotació que consisteix en flexió-extensió, intern-extern i varus-valg i el moviment de translació que es produeix en direcció anteroposterior i medial-lateral, així com la compressió i distracció de l'articulació del genoll (Fig 1). Amb això es pretén que l'esportista no mostri molèsties i pugui optimitzar el seu rendiment durant la temporada amb les mínimes lesions possibles (Hirschmann MT, 2015).

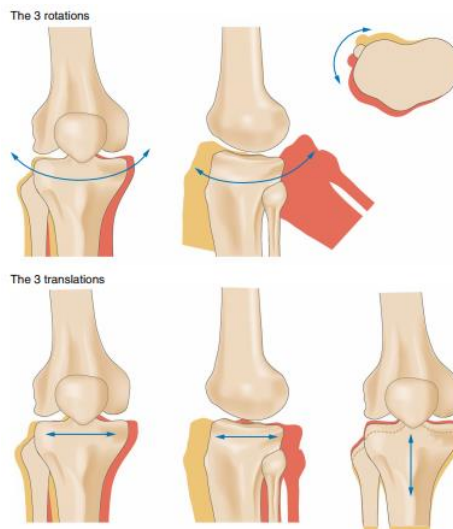


Fig. 1 L'articulació del genoll té sis graus de llibertat de rotació i de translació (Hirschmann MT, 2015).

3. JUSTIFICACIÓ

El futbol és l'esport més practicat a tot el món, també és l'esport amb major risc de lesió de LCA en comparació amb altres. A més a més, genera un temps de baixa esportiva de llarga durada (Alentorn-Geli E, 2009). Els 12 mesos de pausa competitiva de l'esportista comporta un gran impacte sobre la persona que pateix aquest contratemps. En aquests casos, el retorn a la pràctica esportiva li genera por i falta de confiança que ve precedida de conductes negatives que no el beneficien durant la recuperació (Bien, D. P. 2015).

El 88% de les lesions de lligament encreuat anterior es produeixen sense contacte, per un moviment forçat d'aquesta inclinació medial i rotació interna, i que continua amb la intenció d'anar en la direcció contrària (Della Villa F. 2020). Això ens dona peu a pensar que els possibles mecanismes lesionals puguin venir determinats pels factors intrínsecs relacionats amb les capacitats físiques de l'individu, com la força o la coordinació, que són modificables mitjançant l'entrenament (Fort Vanmeerhaeghe, A. 2013).

Malgrat alguns estudis recents (Numata H, 2017; Krosshaug, T. 2016), hi ha una manca d'estudis o tests amb aplicació pràctica a l'activitat esportiva. Aquest fet ens reafirma en la idea de considerar la importància de valorar el moviment del genoll en el moment de recolzament unilateral després de realitzar un salt, i la conveniència de plantejar un protocol de treball neuromuscular preventiu per optimitzar el moviment de l'articulació i disminuir la incidència de lesions de LCA.

Aquest estudi pretén donar resposta al problema plantejat, que és la influència del valg dinàmic com a factor de risc neuromuscular en la lesió de LCA. En aquest cas, observarem el valg dinàmic de genoll i proposarem un programa d'entrenament enfocat al control neuromuscular.

4. HIPÒTESI I OBJECTIUS

4.1 HIPÒTESIS DE L'ESTUDI

Les hipòtesis principals plantejades seran:

1. El grup experimental reduirà més el valg dinàmic que el grup control, ja que aquest últim no farà treball complementari de reforç muscular.
2. L'entrenament neuromuscular de l'extremitat inferior, ajudarà a prevenir el risc de patir una lesió de LCA.
3. Tenir un valg dinàmic pronunciat, és un factor de risc a tenir en compte per patir una possible lesió de LCA.

4.2 OBJECTIUS GENERALS

1. Valorar el valg dinàmic del genoll després de la caiguda d'un salt unilateral i vertico-lateral (Drop Jump unilateral).
2. Comprovar si un entrenament neuromuscular específic durant 8 setmanes redueix el valg dinàmic de genoll.

4.3 OBJECTIUS ESPECÍFICS

1. Generar un test de valoració funcional diferent als existents.
2. Observar la influència de diversos factors de risc que poden predisposar a una lesió de LCA.
3. Reduir el dèficit bilateral muscular, en funció de la desviació de l'angle Q de cada extremitat.

5. METODOLOGIA

La proposta metodològica que s'utilitzarà en aquest estudi, anirà enfocada a valorar el valg dinàmic de genoll, amb una variant del test "Drop Jump", és a dir, Drop Jump unilateral, des de dues alçades

diferents i a partir d'aquí proposar un programa preventiu de treball neuromuscular i propioceptiu, per reduir el valg dinàmic observat en els diferents salts. Els subjectes realitzaran els salts des d'una plataforma de salt a 20 centímetres del terra i des d'una altra a 40 centímetres. Aquesta variant també modificarà el salt vertical exclusivament, per un salt vertico-lateral en direcció al mateix costat de la cama que servirà de recolzament previ al salt lateral. Tal i com s'explicarà a continuació, es durà a terme el test fins a 8 vegades amb cada cama (Krosshaug, T. 2016; Redler LH, 2016; Numata H, 2017).

5.1 POBLACIÓ I MOSTRA

Població:

Futbolistes de nivell amateur.

Mostra:

L'esport escollit ha estat el futbol, ja que és la modalitat esportiva més practicada a tot el món i, en conseqüència, també és on es troba una incidència més alta de lesions de LCA, en comparació amb la resta de disciplines (Yu B, 2007; Alentorn-Geli E, 2009).

Els subjectes d'estudi que analitzarem seran 20 jugadors federats de nivell amateur, d'entre 20 i 30 anys d'edat, del Club Esportiu Europa de futbol, de categoria masculina, de tercera divisió nacional.

En aquesta mostra, només formaran part de l'estudi aquells esportistes que no tinguin una lesió músculo-ligamentosa prèvia que els impedeixi realitzar els tests de forma correcta sense molèsties físiques.

Actualment, durant la temporada, aquest grup està realitzant 4 sessions d'entrenament a la setmana amb una competició oficial els caps de setmana, que els suposa estar en una condició física important, condicionada per l'alt nivell d'exigència a la que estan sotmesos.

5.2 ASSIGNACIÓ DELS INDIVIDUS ALS GRUPS D'ESTUDI

Els components dels dos grups d'estudi seran seleccionats aleatòriament i es distribuïran en un grup experimental i un grup control de 10 subjectes cadascun. Per una banda, als jugadors del grup experimental se'ls realitzarà durant 8 setmanes la proposta d'exercicis plantejada posteriorment. Per altra banda, als components del grup control no se'ls realitzarà cap tipus d'intervenció per la nostra part durant aquestes 8 setmanes, més enllà dels tests inicials i finals.

5.3 VARIABLES D'ESTUDI

Les variables que es tindran en compte en aquest estudi seran:

- a) La potència màxima relativa (PMR) en (W/kg), que és el resultat del producte de la força per la velocitat en l'eix vertical en relació al pes corporal.
- b) La força màxima relativa (FMR) en (N/kg), que és la capacitat d'aplicar la màxima força en l'eix vertical en relació al pes corporal.
- c) Alçada màxima (AM) en (cm), que és la màxima distància assolida per l'esportista durant la execució del test en l'eix vertical.
- d) Temps total del salt (TTS) en (s), que és el període de temps que transcorre des de l'inici del gest fins l'instant en el qual desenganxa el peu del terra per la batuda següent.
- e) Els graus de valg dinàmic en ($^{\circ}$) de cada genoll en el primer recolzament, que estarà determinat per l'angle Q, que és l'angle que es forma traçant una línia des de l'espina ilíaca anterior al centre de la ròtula respecte una altra línia que passa pel centre de la ròtula i va fins a la tuberositat anterior de la tibia. Així com també ens donarà informació sobre els graus d'alineació de les articulacions de la extremitat inferior.
- f) El temps de contacte amb el terra (s), només del primer recolzament fins els moment de la batuda de totes les caigudes de salt.
- g) La coordinació de cada individu i la tècnica d'execució del drop jump unilateral.
- h) El focus atencional s'observarà de forma subjectiva en relació amb els salts que tindran una rematada de cap i els que no.

5.4 PROCEDIMENT

La intervenció s'iniciarà en una reunió, amb la presència de tots els membres de l'equip, els quals hauran de procedir a signar el consentiment informat de manera individual i respondre el qüestionari de salut inicial (PAR Q).

En aquest consentiment informat se'ls indicarà un apartat amb el grup (A o B) al qual pertany cadascú. El grup inicial de 20 jugadors es dividirà, de forma aleatòria, en 2 grups de 10 participants cadascun.

- **Grup A – Grup experimental (10 membres)**
- **Grup B – Grup control (10 membres)**

A continuació, cada participant crearà el seu usuari dins de l'aplicació "My Jump 2", introduint les seves dades personals (nom i cognoms), massa corporal i alçada, prèviament calculades amb la bàscula i el tallímetre. Amb aquesta aplicació calcularem la potència màxima relativa, la força màxima relativa, l'alçada màxima obtinguda, el temps total de salt i el temps de contacte amb el terra.

Seguidament els participants es sotmetran al mesurament de l'angle Q de les extremitats inferiors mitjançant el goniòmetre, tal i com detallem a continuació. Cada subjecte estarà assegut en decúbit supí amb les cames estirades, per tal de poder mesurar amb la cinta mètrica la distància des de l'espina ilíaca anterior fins al centre de la ròtula, i des del centre de la ròtula fins a la tuberositat anterior de la tibia. El pacient subjectarà la cinta mètrica a l'alçada de la cintura per mantenir la línia recta fins al genoll, mentre es col·loca el goniòmetre centrat a la ròtula. A continuació es situarà el braç llarg del goniòmetre en direcció cranial i el braç curt en direcció caudal per mesurar l'angle (Merchant AC, 2020). Aquest aparell ens permet tenir dades objectives abans del test per comprovar posteriorment si el valg dinàmic de genoll augmenta disminueix, o bé si es manté respecte l'angle Q anatòmic del jugadors, després dels diferents salts des de les plataformes de salt.

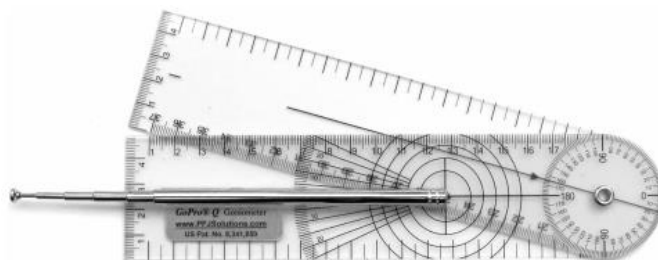


Fig. 2 Goniòmetre per mesurar l'angle Q (Merchant AC, 2020).



Fig. 3 Protocol estandarditzat de mesura de l'angle Q (Merchant AC, 2020).

Disposarem de dues plataformes de salt, una de 20 cm i una altra de 40 cm d'alçada, des d'on els participants hauran de realitzar el test. D'aquesta manera, podrem incrementar i dificultar les alçades de cada caiguda. En una tercera plataforma de 40 cm d'alçada situarem, en posició vertical, el

dispositiu electrònic per enregistrar els tests. Aquesta plataforma estarà situada en front de la plataforma de salt, a una distància de 3,7 m (12 peus) (Redler LH, 2016).

Abans de realitzar el test que explicarem tot seguit, tots els participants realitzaran un escalfament general i un específic que serà el mateix per a tothom.

a) Els jugadors realitzaran un escalfament general a la bicicleta estàtica.

5 minuts de durada i a una velocitat constant de 60 – 65 revolucions per minut.

b) A més a més, realitzaran un escalfament específic amb el pes corporal.

3 exercicis i un descans entre cada exercici de 30 segons.

1- 10 esquats amb flexió de genoll a 90 graus respecte el terra.

2- 10 esquats amb salt en el que hi haurà flexió de genolls.

3- 10 esquats amb salt sense flexionar els genolls.

A continuació, tots els participants visualitzaran una demostració del test de salt amb caiguda unilateral i atendran a totes les indicacions prèvies. A més a més, faran una prova del salt amb cada cama, de la mateixa manera com es durà a terme posteriorment en el moment del test.

Seguidament, procediran a fer el test. Cada esportista saltarà 16 vegades de forma progressiva en alçada i dificultat. Primer començarà amb la cama dominant fent els dos salts unilaterals des de la plataforma de 20 cm i després dos més des de 40 cm, sense cap tipus d'intervenció de factors externs. Després es repetirà el procés des de 20 cm i des de 40 cm, on s'afegirà una rematada de cap abans de fer el segon recolzament al terra. Una vegada finalitzin els 8 salts amb la cama dominant, es passarà a realitzar el mateix procediment amb la cama no dominant.

Els esportistes realitzaran els 8 salts a intensitat màxima de forma seguida, és a dir, sense canviar de cama, amb un temps de recuperació de 30 segons entre ells. En acabar els 8 salts amb la cama dominant, disposaran d'un descans d'un minut per procedir a realitzar el test amb la cama no dominant, amb la qual també tindran 30 segons de recuperació entre ells.

L'entrenador tindrà la pilota a les mans i serà l'encarregat de llençar-la als jugadors testeats. Aquest llançament de pilota no estarà protocol·litzat ja que, en aquest cas, només ens interessarà observar el genoll en la caiguda del salt i la posterior batuda cap aquest factor extern. Realitzarem aquest exercici per posar a prova els jugadors en una acció de joc real simulada, per comprovar si el canvi de focus atencional variarà el tipus de recolzament inicial.

El test es durà a terme en una sala polivalent d'un gimnàs, ja que presentarà unes condicions òptimes en referència al material, com la bicicleta estàtica per poder escalfar, així com també de temperatura i llum per a les gravacions. La superfície sobre la qual saltaran serà llisa i antilliscant, per no interferir en els recolzaments.

Per tal de poder visualitzar els patrons de moviment, es realitzaran els salts tal i com s'observa a la següent imatge (Fig 4.)

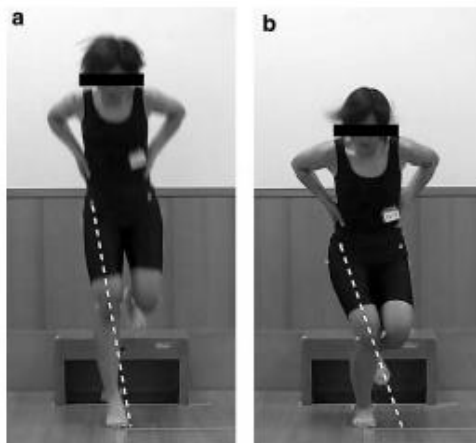


Fig 4. Diferència valg dinàmic amb el contacte del peu al terra (Numata H, 2017)

L'observació del subjecte en aquesta posició, juntament amb l'ús de l'aplicació, permetrà enregistrar i analitzar el moviment, fotograma per fotograma, i comprovar en quin moment es produeix el valg de genoll, si existeix. Així mateix, es podran mesurar els graus de desviació de l'angle Q, i valorar la coordinació de tot el moviment en funció del focus atencional, així com també les compensacions musculars, en cas que es produeixin. També es tindrà en compte en tot moment la percepció d'esforç dels participants, després de cada salt, se li preguntarà el nivell d'esforç del 0 al 10, on zero serà el mínim i deu serà el màxim.

Un cop finalitzat el test, a la meitat del grup se'ls aplicarà la proposta d'exercicis durant 8 setmanes. Transcorregut aquest temps, es realitzarà el mateix procediment per dur a terme el test per segona vegada. Mitjançant les gravacions dels dos tests, es podran comparar les possibles diferències que puguin haver-hi en qualsevol moment de les execucions.

5.5 DESCRIPCIÓ DEL PROTOCOL DE SALT

El protocol del test de salt realitzat pels esportistes seguirà el mateix format d'execució del "Drop Jump", que el protocol dissenyat per Carmelo Bosco (Bosco C, 1994) per la valoració de la força

explosiva. La metodologia del Drop Jump (DJ) bilateral, es modificarà pel Drop Jump unilateral com en el següent estudi de (Numata H, 2017). El Drop Jump test està estandarditzat a 5 alçades de caiguda diferents, és a dir, des de 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm i 100 cm. En el present protocol, el test només es durà a terme a dues alçades diferents, a 20 cm i 40 cm. El motiu és que, donat que el salt es realitza de forma unilateral, el fet d'augmentar aquesta alçada podria suposar un alt risc de lesió per als jugadors testeats.

Per a dur a terme el test, el subjecte es col·locarà sobre el calaix a l'alçada que correspongui per cada salt, en posició erecte amb les mans al maluc. Des de la posició inicial, el participant avançarà un peu sense flexionar genolls i es deixarà caure al terra per només recolzar un peu. Amb el contacte amb el terra realitzarà un salt vertico-lateral, cap al mateix costat de la cama de recolzament, de forma explosiva i a màxima intensitat, amb el mínim temps de contacte, flexionant lleugerament els genolls i sense desenganxar les mans del maluc. El test finalitzarà quan el subjecte mantingui l'equilibri després del segon recolzament i es quedi en posició erecte.

Tal i com s'ha explicat anteriorment, cada participant realitzarà setze salts, és a dir, vuit amb cada cama. Es tracta de fer dos salts a 20cm i dos salts a 40cm, primer amb pilota i després sense pilota, amb una cama i amb l'altra. Aquest salts seran gravats amb un smartphone i l'aplicació "My Jump 2". La gravació es farà des d'una distància de 3,7 m des dels calaixos de salt, i es col·locarà l'smartphone en un altre calaix de 40 cm d'alçada, per gravar en el pla frontal a tots els esportistes de la mateixa manera.

Totes les dades obtingudes de cada esportista seran exportades en un excel i desades a la mateixa aplicació, ja que aquestes dades seran recuperades posteriorment quan es tornin a testear els esportistes al cap de dos mesos, per ser analitzades en SPSS.

5.6 DESCRIPCIÓ DE LA PROPOSTA D'INTERVENCIÓ

Als membres del grup experimental se'ls presentarà i explicarà detalladament una proposta d'exercicis específics, per treballar i enfortir la musculatura implicada, per intentar reduir el valg dinàmic de genoll, enfocats al control motor i reforç neuromuscular. El treball de força que realitzaran al gimnàs, serà un macrocicle de 8 setmanes que estarà dividit en 8 microcicles de 7 dies cadascun (Bompa, T. O. 2000). En cada microcicle es faran 3 sessions per setmana en dies alterns, amb una durada aproximada de cada sessió de 45 minuts. En aquest programa d'entrenament s'incorporarà una combinació d'exercicis de mobilitat articular, propiocepció i treball muscular amb exercicis de pliometria. La rigidesa muscular ens proporciona estabilitat articular i, per aquest motiu, treballar la combinació

d'entrenament pliomètric amb entrenament de força pot disminuir el temps d'activació muscular i augmentar la força generada per la musculatura implicada (Alentorn-Geli E, 2009).

Durant l'escalfament i la tornada a la calma de cada sessió, es realitzarà el mateix treball de propiocepció sobre plataformes inestables rígides o toves com ara: taules d'equilibri o bosu de diferents mides. La dificultat d'aquestes plataformes d'inestabilitat anirà augmentant segons avancin les 8 fases diferents (cada setmana serà 1 fase). Durant la fase 1, el jugador es col·locarà sobre una cama i realitzarà 5 sèries de 30 segons per cada cama alternativament. Durant aquest període de temps el jugador ha d'anar realitzant un moviment en diferents plans, en forma de T, amb la cama que no està recolzada com es mostra a la imatge següent:



Fig 5. Moviment en diferents plans, sobre plataforma inestable (Caraffa A, 1996)

Durant la fase 2, el jugador es col·locarà sobre una cama en una plataforma inestable rectangular (Caraffa A, 1996) i realitzarà la mateixa seqüència de treball cada dia, abans i després de l'entrenament. A la fase 3, es canviarà el tauler rectangular per una taula rodona, que genera més inestabilitat. La combinació d'una sèrie amb la taula rectangular i una amb la taula rodona és el procediment que es realitzarà en la fase 4. A partir de la fase 5 s'introduirà el bosu com a plataforma inestable tova. A la fase 6 la disposició del bosu serà invertida. La fase 7 i la 8 tindran un bosu d'una mida més petita, de manera que els resultarà més difícil mantenir l'equilibri en aquesta superfície.

A continuació, s'introduiran exercicis amb carrera frontal i posterior, i amb canvis de direcció durant 2 sèries cadascun. Aquesta rutina de carrera es repetirà en la part de l'escalfament, durant les 8 setmanes abans de cada entrenament. Consistirà en realitzar 3 exercicis: a) Carrera contínua progressiva endavant (45 m); b) Sortida i canvi de direcció cada 5 m (durant 40 segons); c) Carrera endarrere (45 m) (Mandelbaum BR, 2005).

La part principal de l'entrenament es dividirà en dos dies de treball de força i un dia d'entrenament pliomètric i agilitat. Aquest últim serà l'entrenament corresponent a la sessió d'entremig de les altres dues, durant cada setmana. Segons "The American College of Sports" (ACSM) es recomana que l'entrenament es realitzi amb una freqüència de 2 a 4 sèries, en un rang de 8 a 12 repeticions a una intensitat entre el 60 i 80 % de una repetició màxima (1RM) i un descans entre 2-3 minuts per sèrie, (Garber CE, 2011).

Durant les 8 setmanes hi haurà una sobrecàrrega progressiva i canvis en alguns dels paràmetres mencionats anteriorment, per generar un major guany en els nivells de força de l'individu (Bompa, T. O. 2000).

Per al treball de la primera setmana, es realitzaran 2 sèries, de 12 repeticions per cama, en cada un dels exercicis proposats, ja que pràcticament tots els exercicis es duran a terme de forma unilateral, amb una intensitat del 60 % aproximadament i amb un descans de 2 minuts per sèrie.

En la setmana següent, s'incrementarà fins a 3 el número de sèries a realitzar, i es mantindran tan la intensitat com el número de repeticions o el temps de recuperació.

Durant la tercera setmana, la intensitat augmentarà fins al 70 % i es realitzaran 3 sèries, de 12 repeticions, i seguiran amb el mateix descans inicial de 2 minuts per sèrie de treball.

En la quarta setmana, es mantindrà la intensitat al 70 % i es realitzaran 3 sèries, reduint les repeticions fins a 10 i mantenint el temps de recuperació de 2 minuts.

A partir de la cinquena setmana i endavant, els jugadors realitzaran 4 sèries de treball. En aquesta setmana concretament estaran realitzant 10 repeticions, a la mateixa intensitat del 70 %, com en l'anterior, però amb un temps de descans superior de dos minuts i mig entre sèries.

Durant la sisena setmana, el treball serà de 4 sèries, de 10 repeticions, al 80 %, amb un descans de dos minuts i mig.

En la setmana 7 es reduiran les repeticions fins a 8 i es mantindran les 4 sèries a una intensitat del 80 % i amb dos minuts i mig de recuperació.

En la vuitena i última setmana d'intervenció els jugadors realitzaran 4 sèries, de 8 repeticions per cama, a una intensitat del 80 % i augmentant el temps de descans entre sèries fins a tres minuts.

Els exercicis que es duran a terme en l'entrenament de força seran els que es mencionen a continuació. En el bloc enfocat a treballar quàdriceps i gluti màxim seran: 1) Step up frontal; 2) Esquat a 1 cama; 3) Esquat búlgara; 4) Esquat amb pas lateral (Wilczyński B, 2020).

En el bloc d'entrenament enfocat a treballar abductors de maluc i isquiotibials seran: 5) Pont de gluti unilateral; 6) Abducció de maluc en decúbit lateral; 7) Monster walk; 8) Gambada caminant endavant i endarrere; 9) Curl nòrdic; 10) Pes mort unilateral) (Hopper AJ, 2017; Mandelbaum BR, 2005).

La part principal del segon dia d'entrenament de la setmana, estarà enfocada a realitzar un treball pliomètric i d'agilitat, amb descansos de 30 segons entre exercicis, durant 2-4 sèries de 20 - 40 segons cada un, segons la setmana en la qual es trobin els esportistes. Es realitzaran els següents exercicis: 1) Wall jumps; 2) Tuck jumps; 3) Squat jump; 4) 180º jumps; 5) Bouding for distance; 6) Hop, hop, stick; 7) Step, jump up, down, jump (Hewett TE, 1999). Els exercicis mencionats anteriorment es realitzaran tots de forma bilateral. Tot seguit, l'entrenament pliomètric estarà enfocat de forma unilateral. Els exercicis següents: 8) Single-legged step, jump up, down, jump; 9) Single-legged hop, hop, stick; 10) Single legged jump distance; 11) Lateral hops; 12) Forward hops; 13) Shuttle run; 14) Diagonal run; 15) Bouding run (Hewett TE, 1999; Mandelbaum BR, 2005).

En acabar tots els exercicis de les sessions de força, i de pliometria i agilitat, els jugadors hauran de tornar a realitzar els mateixos exercicis de propiocepció sobre plataformes inestables que han fet ja a la part d'escalfament. A més a més, aquests exercicis els serviran de recuperació activa de l'esforç realitzat durant la sessió, ja que les pulsacions disminuiran.

Al grup control no se'ls donaran més indicacions, per tant seguiran amb els entrenaments que continuarien fent al club pel seu compte, fins el dia que tornin a realitzar el test. Transcorregudes les 8 setmanes, els esportistes tornaran a ser citats per a la realització del mateix procediment que van dur a terme a l'inici.

A continuació, es mostraran dues taules amb la periodització dels entrenaments que es realitzaran durant cada setmana, posteriorment també es veuran les taules amb les sessions que hauran de seguir durant tota la intervenció.

PERIODITZACIÓ						
Març 2021						
Dg.	Dll.	Dm.	Dx.	Dj.	Dv.	Ds.
	1 Entrenament de força i propiocepció	2	3 Entrenament de pliometria i agilitat	4	5 Entrenament de força i propiocepció	6
7	8 Entrenament de força i propiocepció	9	10 Entrenament de pliometria i agilitat	11	12 Entrenament de força i propiocepció	13
14	15 Entrenament de força i propiocepció	16	17 Entrenament de pliometria i agilitat	18	19 Entrenament de força i propiocepció	20
21	22 Entrenament de força i propiocepció	23	24 Entrenament de pliometria i agilitat	25	26 Entrenament de força i propiocepció	27
28	29 Entrenament de força i propiocepció	30	31 Entrenament de pliometria i agilitat			

PERIODITZACIÓ		Abril 2021				
Dg.	Dl.	Dm.	Dx.	Dj.	Dv.	Ds.
				1	2 Entrenament de força i propiocepció	3
4	5 Entrenament de força i propiocepció	6	7 Entrenament de pliometria i agilitat	8	9 Entrenament de força i propiocepció	10
11	12 Entrenament de força i propiocepció	13	14 Entrenament de pliometria i agilitat	15	16 Entrenament de força i propiocepció	17
18	19 Entrenament de força i propiocepció	20	21 Entrenament de pliometria i agilitat	22	23 Entrenament de força i propiocepció	24
25	26	27	28	29	30	

En les dues taules següents es presentaran les sessions on es treballaran la propiocepció, la força, la pliometria i l'agilitat, amb totes les progressions de cada setmana d'entrenament.

PLANIFICACIÓ D'ENTRENAMENT DE FORÇA, PROPIOCEPCIÓ I PROGRESSIONS				
ESCALFAMENT	Propiocepció sobre plataformes inestables – 5 sèries de 30 segons per cama, moviment dinàmic en forma de T (endavant i endarrere) amb la cama que no està recolzada sobre la plataforma:			
	<ul style="list-style-type: none"> - Fase 1 a 4: Plataforma rectangular i rodona. - Fase 5 a 8: Plataforma inestable amb bosu. 			
ESCALFAMENT	Treball aeròbic general – 2 sèries de treball per exercici:			
	<ul style="list-style-type: none"> - Carrera continua progressiva endavant, completant una distància de 45 metres. - Sortida i canvi de direcció cada 5 metres, durant 40 segons . - Carrera endarrere completant els 45 metres anteriors. 			
PART PRINCIPAL				
BLOC 1	BLOC 2	BLOC 3	BLOC 4	PROGRESSIONS
A) Step up frontal B) Abducció de maluc en decúbit lateral C) Esquat a 1 cama	D) Pont de gluti unilateral E) Monster walk F) Esquat amb pas lateral	G) Pes mort unilateral H) Gambada caminant endavant i endarrere	I) Curl nòrdic J) Esquat búlgara	2 dies d'entrenament per setmana Set. 1: 60% 2x12 reps + 2' descans Set. 2: 60% 3x12 reps + 2' descans Set. 3: 70% 3x12 reps + 2' descans Set. 4: 70% 3x10 reps + 2' descans Set. 5: 70% 4x10 reps + 2'30" descans Set. 6: 80% 4x10 reps + 2'30" descans Set. 7: 70% 4x8 reps + 2'30" descans Set. 8: 70% 4x8 reps + 3' descans
TORNADA A LA CALMA	Propiocepció sobre plataformes inestables – 5 sèries de 30 segons per cama, moviment dinàmic en forma de T (endavant i endarrere) amb la cama que no està recolzada sobre la plataforma:			
	<ul style="list-style-type: none"> - Fase 1 a 4: Plataforma rectangular i rodona. - Fase 5 a 8: Plataforma inestable amb bosu. 			

PLANIFICACIÓ D'ENTRENAMENT PLIOMÈTRIC, AGILITAT I PROGRESSIONS		
ESCALFAMENT	Propiocepció sobre plataformes inestables – 5 sèries de 30 segons per cama, moviment dinàmic en forma de T (endavant i endarrere) amb la cama que no està recolzada sobre la plataforma: <ul style="list-style-type: none"> - Fase 1 a 4: Plataforma rectangular i rodona. - Fase 5 a 8: Plataforma inestable amb bosu. 	
	Treball aeròbic general – 2 sèries de treball per exercici: <ul style="list-style-type: none"> - Carrera continua progressiva endavant, completant una distància de 45 metres. - Sortida i canvi de direcció cada 5 metres, durant 40 segons . - Carrera endarrere completant els 45 metres anteriors. 	
PART PRINCIPAL		
BLOC 1	BLOC 2	PROGRESSIONS
Treball bilateral <ul style="list-style-type: none"> K) Wall jumps L) Tuck jumps M) Squat jump N) 180º jumps O) Bouding for distance P) Hop, hop, stick Q) Step, jump up, down, jump 	Treball unilateral <ul style="list-style-type: none"> R) Single-legged step, jump up, down, jump S) Single-legged hop, hop, stick T) Single legged jump distance U) Lateral hops V) Forward hops W) Shuttle run X) Diagonal run Y) Bouding run 	1 dia d'entrenament per setmana <ul style="list-style-type: none"> Set. 1: 2x20" + 30" de descans Set. 2: 2x30" + 30" de descans Set. 3: 2x40" + 30" de descans Set. 4: 3x30" + 30" de descans Set. 5: 3x40" + 30" de descans Set. 6: 4x20" + 30" de descans Set. 7: 4x30" + 30" de descans Set. 8: 4x40" + 30" de descans
TORNADA A LA CALMA	Propiocepció sobre plataformes inestables – 5 sèries de 30 segons per cama, moviment dinàmic en forma de T (endavant i endarrere) amb la cama que no està recolzada sobre la plataforma: <ul style="list-style-type: none"> - Fase 1 a 4: Plataforma rectangular i rodona. - Fase 5 a 8: Plataforma inestable amb bosu. 	

5.7 RESULTATS

Segons els estudis (Wilczyński B, 2020; Mehl, J, 2017; Hewett TE, 2010; Alentorn-Geli E, 2009), sembla que l'entrenament neuromuscular és eficaç per reduir els factors de risc de lesions de lligament creuat anterior. Així mateix, s'ha vist que ajuda a prevenir les que són produïdes sense contacte i a disminuir la incidència lesiva LCA en un 51% (Mehl, J, 2017). També s'ha vist, que els programes d'entrenament neuromuscular disminueixen els factors de risc associats a la lesió de LCA sense contacte (Hopper AJ, 2017). Tenint en compte que la combinació de diversos factors de risc poden augmentar el valg dinàmic de genoll, els diferents estudis ens mostren dissenys i estratègies adequades per aplicar en els esportistes d'alt risc (Numata H, 2017; Fort Vanmeerhaeghe, A. 2013). Aquests estudis confirmen les hipòtesis plantejades en aquest projecte d'investigació sobre la millora i reducció del valg dinàmic de genoll a través d'un programa d'entrenament neuromuscular.

5.8 ANÀLISI ESTADÍSTICA

En aquest projecte s'utilitzarà el mètode de la prova T per mostres independents en SPSS amb estadística descriptiva, que serveix per comparar les mesures de dos grups diferents (experimental i control).

Es realitzarà una anàlisi descriptiva de les característiques físiques de cada participant. En primer lloc les variables qualitatives (sexe, diagnòstic d'aptitud física) i en segon lloc les variables quantitatives (edat, massa corporal, alçada i angle Q). Posteriorment, es compararan els valors obtinguts inicialment i transcorregudes les 8 setmanes, i s'observaran les diferències de rendiment entre un grup experimental en el qual se li aplica la intervenció i un grup control al que no.

Des del punt de vista estadístic, es tracta d'una prova que analitzarà l'eficàcia de la intervenció, així com si es compleix o no la hipòtesi plantejada referent a que el grup experimental reduirà més el valg dinàmic que el grup control.

Des del punt de vista pràctic, el que s'haurà d'observar al SPSS serà si el p-valor que serà anomenat "Sig. en SPSS" és inferior a 0.05. Si p-valor <0,05, en aquest cas les mesures son estadísticament significatives.

5.9 CONSIDERACIONS ÈTIQUES

Aquest projecte d'investigació d'un test de salt amb caiguda unilateral, amb la intervenció a través d'un protocol d'exercicis, així com els documents d'informació al participant i de consentiment

informat, seran enviats per a la seva aprovació al Comitè d'Ètica de l'Escola Superior de Ciències de la Salut de TecnoCampus (Mataró), per tal de garantir el compliment dels aspectes ètics de la proposta d'investigació que es durà a terme.

Tots els participants del Club Esportiu Europa de futbol així com de la pròpia institució, que participaran en aquest projecte hauran de donar prèviament el seu consentiment o la seva autorització a través dels documents que es presenten a continuació.

- 1- El full d'informació al participant
- 2- Document de consentiment informat
- 3- PAR-Q qüestionari d'aptitud per a l'activitat física (només per als jugadors)

Tots els participants seran informats de l'objectiu principal i de la naturalesa del present estudi per part de l'entrenador, així com dels possibles beneficis i riscos que es podrien derivar de la participació, i també de que no hi haurà cap potencial risc per la salut dels subjectes. Tota aquesta informació serà proporcionada de manera oral i escrita, mitjançant el full d'informació al participant (Annex 1). En cas que el subjecte accepti participar en el present estudi, es procedirà a la signatura del consentiment informat (Annex 2). Aquests dos documents seran els que hauran de signar, així com el qüestionari de salut (Par-Q), en cas que acceptin ser subjectes d'estudi. Aquest últim el trobaran a continuació de la resta de documents (Annex 3).

Aquest projecte es realitzarà d'acord amb els principis ètics de la declaració de Hèlsinki (WMA, 2013), la qual permet que en qualsevol moment els participants puguin abandonar l'estudi, de manera lliure i voluntària, en cas que ho considerin necessari, sense donar explicacions al respecte i sense que aquest fet tingui cap repercussió sobre la mateixa persona. A més a més, també es respectarà el codi deontològic de CAFE: Codi deontològic de la Professió de l'Educació Física i Esportiva.

En el present estudi es mantindrà la confidencialitat de les dades personals de tots els participants, d'acord amb la Llei Orgànica 3/2018, de 5 de desembre, de protecció de dades personals i garantia dels Drets digitals i el Reglament general (UE) 2016/679, de 27 d'abril de 2016, de protecció de dades (RGPD).

Per altra banda, donat que el dret a la pròpia imatge està reconeguda en l'article 18.1 de la Constitució Espanyola i està regulat per la Llei Orgànica 1/1982, de 5 de maig, sobre el dret a l'honor, a la intimitat personal i familiar i la pròpia imatge, es demanarà als participants que autoritzin la publicació de qualsevol fotografia o vídeo relacionats amb l'estudi, en el qual apareguin i siguin identificables amb claredat i, únicament, per a la difusió del mateix.

6 CRONOGRAMA

Tot seguit, es presenta el cronograma en el qual s'observen totes les temporalitats (en setmanes) invertides en cada apartat del treball

2021	GENER	FEBRER	MARÇ	ABRIL	MAIG	JUNY	JULIOL																							
PERIODITZACIÓ TREBALL FI DE GRAU	SETMANES																													
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
INTRODUCCIÓ, JUSTIFICACIÓ, HIPÒTESIS I OBJECTIUS																														
REVISIÓ BIBLIOGRÀFICA																														
REDACCIÓ DE LA INTRODUCCIÓ																														
REDACCIÓ DE LA JUSTIFICACIÓ																														
REDACCIÓ DEL RESUM																														
ESTABLIMENT DE LES HIPÒTESIS I ELS OBJECTIUS																														
METODOLOGIA																														
DISSENY DE L'ESTUDI																														
PROPOSTA D'INTERVENCIÓ																														
RESULTATS																														
ANÀLISI ESTADÍSTICA																														
CONSIDERACIONS ÈTIQUES																														
APARTATS COMPLEMENTARIS																														
PERIODITZACIÓ DEL TREBALL (CRONOGRAMA)																														
ESTABLIMENT DE PRESSUPOST																														
REDACCIÓ DE LES LIMITACIONS I PROSPECTIVA																														
REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES																														
REDACCIÓ MEMÒRIA DEL TREBALL																														
DEFENSA DEL TREBALL																														

7 PRESSUPOST

A continuació, es presenta tot el material necessari per dur a terme el projecte, el pressupost del qual hauríem de disposar per poder assolir totes les despeses i les pàgines web d'on s'ha obtingut el preu per cada unitat.

MATERIAL	PÀGINA WEB	PREU UNITAT
Aplicació My Jump 2	https://apps.apple.com/es/app/my-jump-2/id1148617550	1x 14,99 €
Goniòmetre	https://www.amazon.es/Tutoy-Profesional-Multi-Regla-Goni%C3%B3metro-Espinal/dp/B078N5FBW1/ref=sr_1_6?dchild=1&keywords=goniometro&qid=1619984567&sr=8-6	1x6 ,32 €
Cinta mètrica	https://www.amazon.es/Stanley-0-30-687-Cinta-m%C3%A9trica-13mm/dp/B003Y6ISWO/ref=sr_1_7?dchild=1&keywords=cinta+metrica&qid=1619984820&sr=8-7	1x 3,71 €
Bàscula i tallímetre	https://www.amazon.es/PrimeMatik-B%C3%A1scula-Altura-Balanza-Digital/dp/B007HO4XDW	1x 217,39 €
Pilota de futbol	https://www.futbolfactory.es/comprar-balon-de-futbol-11-puma-accelerate-laliga-20202021-match-ball-blanco-puma-216681	1x 32,95 €
Bicicleta estàtica	https://www.decathlon.es/es/p/bicicleta-estatica-iniciacion-domyos-essential/_/R-p-149711?mc=8364829&LGWCODE=1&gclid=CjwKCAjwm7mEBhBsEiW_of-THsLAMv2PvT-C2V7TYm0w6fLkoA_r9Nw5KtXd3ACe4sarg3MKYBw_hoCdAsQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds	1x 104,99 €
Plataforma de salt	https://www.amazon.es/Tabla-deluxe-ajustable-Mirafit-gimnasia/dp/B0753HBN27	1x 42,99 €
Smartphone	*Utilització de la càmera del dispositiu electrònic personal, en aquest cas no suposa un cost extra pel projecte	-
* El propi club ens cedirà de forma gratuïta el gimnàs, que serà l'espai on es realitzaran els tests , per tant no serà una despesa a tenir en compte en el nostre pressupost. A més a més, les despeses del local i tot el que estigui relacionat amb la cessió del gimnàs (aigua, llum, etc.) també correran a càrrec del club, de manera que tampoc es tindrà en compte.		PREU TOTAL = 423,34 €

Així doncs, el pressupost destinat al projecte, suposa una despesa final total de 423,34 €.

7.1 JUSTIFICACIÓ DEL MATERIAL DEL PROJECTE

- My Jump 2, aplicació per smartphones disponible en IOS i Android. Aquesta aplicació servirà per realitzar les gravacions de cada salt, a més a més de calcular l'alçada del salt, el temps de vol, la velocitat, la força i la potència. També ens donarà informació del temps de contacte, stiffness (rigidesa muscular) i l'índex de força reactiva (RSI). (Haynes T, 2019)
- Cinta mètrica i goniòmetre per mesurar l'angle Q.
- Bàscula per calcular la massa dels jugadors en kilograms i per mesurar l'alçada en centímetres dels participants.
- Plataformes de salt de dues alçades diferents 20 cm i 40 cm. Seran les estructures fixes des d'on els subjectes executaran els tests.
- Bicicleta estàtica per realitzar els escalfaments generals abans de les proves de salt.
- Una pilota de futbol oficial. S'utilitzarà com a element extern de simulació d'una situació real de joc.
- Smartphone: Utilització de càmera mòbil amb capacitat per gravar a 120 fps o 240 fps, amb bona qualitat d'imatge.

8 LIMITACIONS I PROSPECTIVA

Les limitacions que hem de tenir en compte en aquest projecte seran: l'error de la connexió Wi-Fi, ja que l'ús d'una aplicació mòbil requerirà un correcte funcionament d'internet per poder dur a terme les gravacions. Aquestes gravacions es realitzaran a través de la càmera del propi dispositiu, fet que ens limita a que l'aparell electrònic del qual es disposarà, pugui tenir algun error en algun moment determinat de la gravació. També hi haurà la possibilitat de que algun jugador pugui patir alguna lesió durant el període d'intervenció, o bé que puguin presentar complicacions físiques el dia del re-test, de manera que, en cas que es produeixi, no es podrà dur a terme tot el procés correctament. El llançament de pilota per part de l'entrenador suposa que cada vegada es pugui veure afectada la rematada de cada jugador, segons la força que s'apliqui en el moment de llençar-la. La superfície del gimnàs, serà llisa i antilliscant, però, en funció del tipus de calçat que porti cada esportista, podrà provocar dificultats a l'hora de realitzar els recolzaments i les batudes dels salts.

Aquest projecte permet aplicar un test de salt amb caiguda unilateral de forma senzilla, ja que el material que s'utilitza per a dur a terme el test no suposa una gran despesa econòmica ni tampoc logística. És un test que es podria realitzar en qualsevol lloc i aplicable a qualsevol esport on el salt sigui

un aspecte important a treballar, en aquest cas s'utilitza en el futbol. També es un test aplicable a tota població sana amb una bona condició física per tal d'observar dèficits musculars que puguin aparèixer i afectar a tota la extremitat inferior, a més de valorar el valg dinàmic de genoll. Detectar els factors de risc que poden tenir els esportistes és fonamental, ja que a més a més, se sap que aquests factors de risc a nivell neuromuscular són modificables a través de l'entrenament. Poder generar un programa d'entrenament neuromuscular per ajudar a la prevenció de lesions i a la millora del rendiment dels jugadors.

La utilitat que proporciona aquest test radica en la possibilitat de generar, en un futur, noves línies d'estudi que permetin desenvolupar un ventall més ampli de proves de valoració de caire funcional. Es tractaria d'elaborar instruments de mesura vàlids i fiables que, mitjançant les modificacions pertinents, permetessin una transferència més estreta cap als moviments propis de les diferents disciplines esportives i que poden desencadenar lesions

L'aplicació d'aquest protocol ens permet incidir en la reducció de la influència d'un factor de risc rellevant com el valg dinàmic de genoll en els recolzaments unipodals d'un salt. També ens dona peu a valorar la existència d'altres mecanismes lesionals provocats per altres factors de risc. A més a més, pot resultar útil per detectar diverses patologies del tren inferior derivades de compensacions per dèficits musculars. L'aplicació de protocols preventius d'aquest tipus en diferents àmbits de la pràctica esportiva permetria, d'una banda, incidir de manera eficient en la prevenció o disminució de possibles lesions i, d'altra banda, contribuir a un rendiment òptim de l'esportista, així com afavorir el seu benestar físic.

9 REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

1. Davies WT, Myer GD, Read PJ. Is It Time We Better Understood the Tests We are Using for Return to Sport Decision Making Following ACL Reconstruction? A Critical Review of the Hop Tests. *Sports Med.* 2020 Mar;50(3):485-495. doi: 10.1007/s40279-019-01221-7. PMID: 31745732; PMCID: PMC7018781.
2. Reid A, Birmingham TB, Stratford PW, Alcock GK, Giffin JR. Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther.* 2007 Mar;87(3):337-49. doi: 10.2522/ptj.20060143. Epub 2007 Feb 20. PMID: 17311886.
3. Fort Vanmeerhaeghe, A., & Romero Rodriguez, D. (2013). Análisis de los factores de riesgo neuromusculares de las lesiones deportivas. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 48(179), 109–120.
4. Barber-Westin SD, Smith ST, Campbell T, Noyes FR. The drop-jump video screening test: retention of improvement in neuromuscular control in female volleyball players. *J Strength Cond Res.* 2010 Nov;24(11):3055-62. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d83516. PMID: 20940643.
5. Krosshaug T, Steffen K, Kristianslund E, Nilstad A, Mok KM, Myklebust G, Andersen TE, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. The Vertical Drop Jump Is a Poor Screening Test for ACL Injuries in Female Elite Soccer and Handball Players: A Prospective Cohort Study of 710 Athletes. *Am J Sports Med.* 2016 Apr;44(4):874-83. doi: 10.1177/0363546515625048. Epub 2016 Feb 11. Erratum in: *Am J Sports Med.* 2017 Jul;45(9):NP28-NP29. PMID: 26867936.
6. Redler LH, Watling JP, Dennis ER, Swart E, Ahmad CS. Reliability of a field-based drop vertical jump screening test for ACL injury risk assessment. *Phys Sportsmed.* 2016;44(1):46-52. doi: 10.1080/00913847.2016.1131107. Epub 2016 Jan 20. PMID: 26651526.
7. Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, Petersen W, Achtnich A. Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018 Jan;138(1):51-61. doi: 10.1007/s00402-017-2809-5. Epub 2017 Oct 5. PMID: 28983841.

8. Della Villa F, Buckthorpe M, Grassi A, Nabiuzzi A, Tosarelli F, Zaffagnini S, Della Villa S. Systematic video analysis of ACL injuries in professional male football (soccer): injury mechanisms, situational patterns and biomechanics study on 134 consecutive cases. *Br J Sports Med.* 2020 Dec;54(23):1423-1432. doi: 10.1136/bjsports-2019-101247. Epub 2020 Jun 19. PMID: 32561515.
9. Bien DP, Dubuque TJ. Considerations for late stage acl rehabilitation and return to sport to limit re-injury risk and maximize athletic performance. *Int J Sports Phys Ther.* 2015 Apr;10(2):256-71. PMID: 25883874; PMCID: PMC4387733.
10. Haynes T, Bishop C, Antrobus M, Brazier J. The validity and reliability of the My Jump 2 app for measuring the reactive strength index and drop jump performance. *J Sports Med Phys Fitness.* 2019 Feb;59(2):253-258. doi: 10.23736/S0022-4707.18.08195-1. Epub 2018 Mar 27. PMID: 29589412.
11. Balsalobre-Fernández C, Glaister M, Lockey RA. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *J Sports Sci.* 2015;33(15):1574-9. doi: 10.1080/02640414.2014.996184. Epub 2015 Jan 2. PMID: 25555023.
12. Gallardo-Fuentes F, Gallardo-Fuentes J, Ramírez-Campillo R, Balsalobre-Fernández C, Martínez C, Caniuqueo A, Cañas R, Banzer W, Loturco I, Nakamura FY, Izquierdo M. Intersession and Intrasession Reliability and Validity of the My Jump App for Measuring Different Jump Actions in Trained Male and Female Athletes. *J Strength Cond Res.* 2016 Jul;30(7):2049-56. doi: 10.1519/JSC.0000000000001304. PMID: 27328276.
13. Numata H, Nakase J, Kitaoka K, Shima Y, Oshima T, Takata Y, Shimozaki K, Tsuchiya H. Two-dimensional motion analysis of dynamic knee valgus identifies female high school athletes at risk of non-contact anterior cruciate ligament injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018 Feb;26(2):442-447. doi: 10.1007/s00167-017-4681-9. Epub 2017 Aug 24. PMID: 28840276.
14. Bosco C. Test de Bosco. In: Paidotribo E, editor. La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Barcelona: Hurope S.L.; 1994.
15. Bosco C. La evolución histórica de la valoración instrumental realizada para medir la capacidad de salto. In: Paidotribo E, editor. La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Barcelona 1994.

16. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2016 Jul;44(7):1861-76. doi: 10.1177/0363546515621554. Epub 2016 Jan 15. PMID: 26772611; PMCID: PMC5501245.
17. Bien, D. P., & Dubuque, T. J. (2015). Considerations for late stage acl rehabilitation and return to sport to limit re-injury risk and maximize athletic performance. *International journal of sports physical therapy*, 10(2), 256–271.
18. Hirschmann MT, Müller W. Complex function of the knee joint: the current understanding of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015 Oct;23(10):2780-8. doi: 10.1007/s00167-015-3619-3. Epub 2015 May 12. PMID: 25962963.
19. Patel M, Nelson R. Genu Valgum. 2020 Jun 13. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan–. PMID: 32644670.
20. Yu B, Garrett WE. Mechanisms of non-contact ACL injuries. *Br J Sports Med.* 2007 Aug;41 Suppl 1(Suppl 1):i47-51. doi: 10.1136/bjism.2007.037192. PMID: 17646249; PMCID: PMC2465243.
21. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, Cugat R. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009 Jul;17(7):705-29. doi: 10.1007/s00167-009-0813-1. Epub 2009 May 19. PMID: 19452139.
22. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, Cugat R. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: a review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009 Aug;17(8):859-79. doi: 10.1007/s00167-009-0823-z. Epub 2009 Jun 9. PMID: 19506834.
23. Merchant AC, Fraiser R, Dragoo J, Fredericson M. A reliable Q angle measurement using a standardized protocol. *Knee.* 2020 Jun;27(3):934-939. doi: 10.1016/j.knee.2020.03.001. Epub 2020 Apr 12. PMID: 32295725.

24. Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1983;50(2):273-82. doi: 10.1007/BF00422166. PMID: 6681758.
25. Bosco C, Viitasalo JT, Komi PV, Luhtanen P. Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiol Scand*. 1982 Apr;114(4):557-65. doi: 10.1111/j.1748-1716.1982.tb07024.x. PMID: 7136784.
26. Bompa, T. O. (2000). *Periodización del entrenamiento deportivo: (programas para obtener el máximo rendimiento en 35 deportes)*. Barcelona:Paidotribo.
27. Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am J Sports Med*. 1999 Nov-Dec;27(6):699-706. doi: 10.1177/03635465990270060301. PMID: 10569353.
28. Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations - update 2010. *N Am J Sports Phys Ther*. 2010 Dec;5(4):234-51. PMID: 21655382; PMCID: PMC3096145.
29. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, Kirkendall DT, Garrett W Jr. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med*. 2005 Jul;33(7):1003-10. doi: 10.1177/0363546504272261. Epub 2005 May 11. PMID: 15888716.
30. Caraffa A, Cerulli G, Proietti M, Aisa G, Rizzo A. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1996;4(1):19-21. doi: 10.1007/BF01565992. PMID: 8963746.
31. Wilczyński B, Zorena K, Ślęzak D. Dynamic Knee Valgus in Single-Leg Movement Tasks. Potentially Modifiable Factors and Exercise Training Options. A Literature Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Nov 6;17(21):8208. doi: 10.3390/ijerph17218208. PMID: 33172101; PMCID: PMC7664395.
32. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, Nieman DC, Swain DP; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory,

- musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011 Jul;43(7):1334-59. doi: 10.1249/MSS.0b013e318213fefb. PMID: 21694556.
33. Hopper AJ, Haff EE, Joyce C, Lloyd RS, Haff GG. Neuromuscular Training Improves Lower Extremity Biomechanics Associated with Knee Injury during Landing in 11-13 Year Old Female Netball Athletes: A Randomized Control Study. *Front Physiol.* 2017 Nov 7;8:883. doi: 10.3389/fphys.2017.00883. PMID: 29163219; PMCID: PMC5682017.
34. Welling W, Benjaminse A, Lemmink K, Dingenen B, Gokeler A. Progressive strength training restores quadriceps and hamstring muscle strength within 7 months after ACL reconstruction in amateur male soccer players. *Phys Ther Sport.* 2019 Nov;40:10-18. doi: 10.1016/j.ptsp.2019.08.004. Epub 2019 Aug 9. PMID: 31425918.
35. Bredin SS, Gledhill N, Jamnik VK, Warburton DE. PAR-Q+ and ePARmed-X+: new risk stratification and physical activity clearance strategy for physicians and patients alike. *Can Fam Physician.* 2013 Mar;59(3):273-7. PMID: 23486800; PMCID: PMC3596208.
36. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA.* 2013;310(20):2191-2194. doi:10.1001/jama.2013.281053.
37. Balsalobre-Fernández, Carlos, Jiménez-Reyes, Pedro. 2014. Análisis estadístico aplicado al deporte. Carlos Balsalobre-Fernández. *Entrenamiento de fuerza*. 1a Edición. p. 109-132.

10 ANNEXOS

10.1 ANNEX 1

INFORMACIÓ PER ALS PARTICIPANTS

L'estudiant *MARC LARA TISAIRE* del grau *CIÈNCIES DE L'ACTIVITAT FÍSICA I L'ESPORT*, dirigit per *MÓNICA MORRAL YEPES*, està duent a terme el projecte de recerca *VALORACIÓ DEL VALG DINÀMIC DE GENOLL I INFLUÈNCIA LESIVA DEL LLIGAMENT ENCREUAT ANTERIOR EN CAIGUDES DE SALTS UNILATERALS*.

El projecte té com a finalitats *desenvolupar un test de caiguda unilateral per valorar el valg dinàmic de genoll i proposar un protocol d'exercicis preventiu de vuit setmanes*. En primer lloc, *es realitza una variant del test "Drop Jump", és a dir, Drop Jump unilateral, des de dues alçades diferents i en segon lloc, a partir del test anterior, es proposa un programa preventiu de treball neuromuscular i propioceptiu, per reduir el valg dinàmic observat en els diferents salts*. En el projecte hi participa el següent centre de recerca: *TECNOCAMPUS MATARÓ-MARESME*. En el context d'aquesta investigació, li demanem la seva col·laboració perquè *com a membre del Club Esportiu Europa de futbol, vostè compleix els següents criteris d'inclusió: esportista de nivell amateur i bona condició física*.

Aquesta col·laboració implica participar durant el mes de març i abril de l'any 2021, en *el test de salt unilateral inicial, en el programa de treball neuromuscular de vuit setmanes i en el test de salt unilateral final*.

S'assignarà a tots els participants un codi, pel que és impossible identificar el participant amb les respostes donades, garantint totalment la confidencialitat. Les dades que s'obtinguin de la seva participació no s'utilitzaran amb cap altra finalitat diferent de l'explicitat en aquesta investigació i passaran a formar part d'un fitxer de dades, del que serà màxim responsable l'investigador principal. Aquestes dades quedaran protegides mitjançant *google drive a través del correu electrònic*, i amb accés únicament per part de *MARC LARA TISAIRE i MÓNICA MORRAL YEPES*.

El fitxer de dades de l'estudi estarà sota la responsabilitat de l'investigador principal, davant el qual podrà exercir en tot moment els drets que estableix la Llei Orgànica 3/2018, de 5 de desembre, de protecció de dades personals i garantia dels drets digitals i el Reglament general (UE) 2016/679, de 27 d'abril de 2016, de protecció de dades (RGPD).

Tots els participants tenen dret a retirar-se en qualsevol moment d'una part o de la totalitat de l'estudi, sense expressió de causa o motiu i sense conseqüències. També tenen dret que se'ls clarifiquin les seves possibles dubtes abans d'acceptar participar i a conèixer els resultats de les seves proves.

Ens posem a la seva disposició per resoldre qualsevol dubte que pugui sorgir-li. Pot contactar amb nosaltres a través del formulari que trobarà a la nostra pàgina web: www.tecnocampus.cat.

10.2 ANNEX 2

CONSENTIMENT INFORMAT DEL PARTICIPANT

Jo, _____ major d'edat, amb DNI _____, actuant en nom i interès propi,

DECLARO QUE:

He rebut informació sobre el projecte *VALORACIÓ DEL VALG DINÀMIC DE GENOLL I INFLUÈNCIA LESIVA DEL LLIGAMENT ENCREUAT ANTERIOR EN CAIGUDES DE SALTS UNILATERALS*, de què se m'ha lliurat full informatiu annexa a aquest consentiment i per al qual se sol·licita la meva participació. He entès el seu significat, m'han estat aclarits els dubtes i m'han estat exposades les accions que es deriven d'aquest. Se m'ha informat de tots els aspectes relacionats amb la confidencialitat i protecció de dades pel que fa a la gestió de dades personals que comporta el projecte i les garanties preses en compliment de la Llei Orgànica 3/2018, de 5 de desembre, de protecció de dades personals i garantia dels drets digitals i el Reglament general (UE) 2016/679, de 27 d'abril de 2016, de protecció de dades (RGPD).

La meva col·laboració en el projecte és totalment voluntària i tinc dret a retirar-me de la mateixa en qualsevol moment, i revocar el present consentiment, sense que aquesta retirada pugui influir negativament en la meva persona en cap sentit. En cas de retirada, tinc dret a que les meves dades siguin cancel·lats de el fitxer de l'estudi.

Així mateix, renuncio a qualsevol benefici econòmic, acadèmic o de qualsevol altra naturalesa que pogués derivar-se de el projecte o dels seus resultats.

Per tot això,

DONO EL MEU CONSENTIMENT A:

1. Participar en el projecte *VALORACIÓ DEL VALG DINÀMIC DE GENOLL I INFLUÈNCIA LESIVA DEL LLIGAMENT ENCREUAT ANTERIOR EN CAIGUDES DE SALTS UNILATERALS*.

2. Que *MARC LARA TISAIRE* i la seva directora *MÓNICA MORRAL YEPES* puguin gestionar les meves dades personals i difondre la informació que el projecte generi. Es garanteix que es preservarà en tot moment la meva identitat i intimitat, amb les garanties que estableix la Llei Orgànica 3/2018, de 5 de desembre, de protecció de dades personals i garantia dels drets digitals i el Reglament general (UE) 2016 / 679, de 27 d'abril de 2016, de protecció de dades (RGPD).

3. Que els investigadors conservin tots els registres efectuats sobre la meva persona en suport electrònic, amb les garanties i els terminis legalment previstos, si estiguessin establerts, i a falta de previsió legal, pel temps que fos necessari per complir les funcions de el projecte per a les que les dades van ser recollides.

En Barcelona, a 15/05/2021

SINGATURA PARTICIPANT

SINGATURA DE L'ESTUDIANT SINGATURA DEL DIRECTOR/A

10.3 ANNEX 3

PAR – Q QÜESTIONARI D'APTITUD PER A L'ACTIVITAT FÍSICA

SI NO

1. Alguna vegada el seu metge l'ha informat d'un problema cardiovascular, recomanant-li que només pugui dur a terme exercicis o activitat física sota supervisió mèdica?

2. Pateix de dolors freqüents al pit quan realitza algun tipus d'activitat física?

3. Durant l'últim mes, ha tingut dolor al pit quan no estava fent activitat física?

4. Perd l'equilibri sovint a causa de marejos, o alguna vegada ha perdut el coneixement?

5. Té problemes als ossos o articulacions que es puguin agreujar en augmentar l'activitat física?

6. Actualment, el seu metge li recepta medicaments per a la pressió arterial o té problemes amb el cor?

7. Existeix alguna altra raó per la qual no hauria de participar en un programa d'activitat física?