

TREBALL FINAL DE GRAU

Doble grau en Fisioteràpia i Ciències de l'Activitat Física i l'Esport

5è curs

**LA IMPORTÀNCIA DE L'ELECTROMIOGRAFIA DE  
SUPERFÍCIE EN LA READAPTACIÓ DEL LLIGAMENT CREUAT  
ANTERIOR EN FUTBOLISTES AMATEURS**

Alumne: Ernest Beumala i Cedó

Director: Àngel Alarcón i Ronda

TecnoCampus Mataró - Maresme

10 de Maig del 2024

Mataró

# ÍNDEX DE CONTINGUTS

GLOSSARI .....	4
RESUM I PARAULES CLAU.....	5
ABSTRACT AND KEYWORDS .....	6
INTRODUCCIÓ .....	7
ARTICULACIÓ FEMOROTIBIAL .....	8
ANATOMIA I NEUROANATOMIA DEL L·LIGAMENT CREUAT ANTERIOR.....	9
RECONSTRUCCIÓ DEL L·LIGAMENT CREUAT ANTERIOR .....	10
MUSCULATURA ESTABILITZADORA.....	11
ELECTROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE.....	13
JUSTIFICACIÓ DE L'ESTUDI .....	17
HIPÒTESI I OBJECTIUS.....	18
METODOLOGIA .....	19
DISSENY DE L'ESTUDI .....	19
POBLACIÓ I MOSTRA.....	20
VARIABLES D'ESTUDI .....	21
RECOLLIDA DE DADES.....	21
ANÀLISI ESTADÍSTIC .....	25
CONSIDERACIONS ÈTIQUES .....	26
CRONOGRAMA.....	27
CRONOGRAMA DEL PROJECTE .....	27
CRONOGRAMA DE L'ESTUDI .....	28
PRESSUPOST .....	29
LIMITACIONS I PRESPECTIVES DE FUTUR .....	30
LIMITACIONS .....	30
PRESPECTIVES DE FUTUR .....	30
REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....	31
ANNEXOS.....	34
1. FULL RECOLLIDA DE DADES.....	34

2.	TAULA EXCEL PER LA RECOLLIDA DE DADES .....	35
3.	CONSENTIMENT INFORMAT .....	37
4.	CONSENTIMENT PLATAFORMA DIGITAL mDurance .....	39

## ÍNDEX D'IL·LUSTRACIÓ I TAULES

### IL·LUSTRACIONS

Il·lustració 1:	Cara anterior musculatura estabilitzadora Kenhub et al., 2023. ....	8
Il·lustració 2:	Cara posterior musculatura estabilitzadora Kenhub et al., 2023. ....	9
Il·lustració 3:	Mecanoreceptors dels lligaments i els tendons del genoll (Cabuk H. et al., 2016) .....	10
Il·lustració 4:	Cartografia típica de la mostra d'un lligament (Kim, K. 2012).....	11
Il·lustració 5:	Gràfic mDurance senyal electromiografia.....	13
Il·lustració 6:	Gràfic mDurance reclutament de fibres musculars (RMS) .....	14
Il·lustració 7:	Gràfic mDurance distribució de l'activitat muscular .....	14
Il·lustració 8:	Síntesi global de cada subjecte en una prova mDurance .....	16
Il·lustració 9:	Paràmetres de valoració mDurance .....	16
Il·lustració 10:	Prova isomètrica quàdriceps .....	19
Il·lustració 11:	Prova isomètrica isquiosurals .....	20
Il·lustració 12:	Prova carrera contínua .....	20
Il·lustració 13:	Laboratori de l'Activitat física, Rendiment i Salut (LARS) de la Universitat TecnoCampus de Mataró.....	22
Il·lustració 14:	Electromiògraf utilitzat.....	25

### TAULES

Taula 1:	Localització dels elèctrodes seguint les indicacions del protocol de SENIAM .....	22
Taula 3:	Fases i temporalització del projecte. Font: elaboració pròpia .....	27
Taula 4:	Fases i temporalització de l'estudi. Font: elaboració pròpia.....	28
Taula 5:	Pressupost de les despeses de material. Font: elaboració pròpia.....	29

## GLOSSARI

LCA/ACL → lligament creuat anterior

ACL → reconstrucció del lligament creuat anterior

EMGs → electromiografia de superfície

RF → recte femoral del quàdriceps

VL → vast lateral del quàdriceps

VM → vast medial del quàdriceps

VI → vast intermedi del quàdriceps

BF → bíceps femoral dels isquiosurals

ST → semitendinós dels isquiosurals

SM → semimembranós dels isquiosurals

RMS → reclutament de fibres musculars

Fmàx → màxima força isomètrica voluntària

## **RESUM I PARAULES CLAU**

### **RESUM**

Aquest estudi planteja la temàtica de la ruptura del lligament creuat anterior (LCA) en futbolistes i se centra en l'avaluació de l'activació muscular mitjançant electromiografia de superfície (EMGs) un cop els/les futbolistes reben l'alta. L'objectiu principal és investigar els canvis d'activació muscular entre l'extremitat afectada i la sana després de la reconstrucció del LCA, amb l'esperança de millorar els protocols de rehabilitació actuals i prevenir futures lesions post-ACLR.

El trencament del LCA, pot suposar un impacte de gravetat en la vida esportiva, especialment en el context del futbol, i exposem els riscos associats amb la reconstrucció del LCA. Hem de destacar també, l'augment en la incidència d'aquest tipus de lesió en el futbol actual i la importància de la rehabilitació preoperatòria i postoperatòria.

La metodologia detalla el disseny de l'estudi, que és observacional i transversal. Descriu les proves EMG realitzades en futbolistes post-operats de LCA. La recollida de dades es realitzarà en el LARS del TecnoCampus, i s'utilitzaran tècniques estadístiques per analitzar els resultats.

L'impacte esperat d'aquest estudi és contribuir al coneixement sobre la recuperació postoperatòria en lesions del LCA i proporcionar evidència científica per millorar els protocols de rehabilitació en aquesta població. S'espera que els resultats ajudin a identificar factors de risc modificables i optimitzar els programes de rehabilitació.

### **PARAULES CLAU**

Reconstrucció del Lligament Creuat Anterior, Activació Muscular, EMGs, Rehabilitació, Futbol.

## **ABSTRACT AND KEYWORDS**

### **ABSTRACT**

This study addresses the issue of anterior cruciate ligament (ACL) rupture in soccer players and focuses on the evaluation of muscle activation using surface electromyography (EMGs) once the soccer players are discharged. The primary objective is to investigate changes in muscle activation between the affected and healthy limb after ACL reconstruction, with the hope of improving current rehabilitation protocols and preventing future post-ACLR injuries.

Highlight the seriousness of ACL injuries in sporting life, especially in the context of football, and outline the risks associated with ACL reconstruction. Also highlight the increased incidence of ACL injuries in today's football and the importance of pre-operative and post-operative rehabilitation.

The methodology details the design of the study, which is observational and transversal. Describe the EMG tests performed on soccer players after ACL surgery. Data collection will be carried out in the TecnoCampus LARS, and statistical techniques will be used to analyse the results.

The expected impact of this study is to contribute to knowledge about post-operative recovery in ACL injuries and to provide scientific evidence to improve rehabilitation protocols in this population. The results are expected to help identify modifiable risk factors and optimize rehabilitation programs.

### **KEYWORDS**

Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Muscle Activation, EMGs, Rehabilitation, Football.

## INTRODUCCIÓ

El trencament del lligament creuat anterior (LCA) és una lesió que afecta a l'estabilitat del genoll, pot tenir greus conseqüències per als i les futbolistes ja que es considera una lesió de llarga durada. Segons Serrat et al., 2023, la incidència d'aquesta lesió en el futbol femení amateur espanyol va ser de 0,17 per cada 1.000 hores de joc, la qual cosa suposa un total de 1.187 casos entre els més d'1.100.000 llicències federatives. En canvi en la disciplina masculina la taxa general de lesions de LCA entre els jugadors amateurs de futbol masculí va ser de 0,076 per cada 1000 hores d'exposició (Raouf et al., 2018).

Segons Bisciotti et al., 2019, els factors de risc intrínsecs i extrínsecs de les lesions del LCA són multifactorials i inclouen factors biomecànics, anatòmics, hormonals i neuromusculars. Els factors de risc intrínsec biomecànics inclouen el genoll en *valgus* durant els moviments de pivotament i en la fase d'aterratge després de saltar. Les atletes femenines tenen una taxa de lesions del LCA de dues a vuit vegades més alta que el gènere masculí. Els factors de risc també augmenten principalment si ja hi ha hagut un antecedent lesiu en l'extremitat, però després trobem altres factors extrínsecs com el tipus de superfície, el calçat, el clima, el nivell de competició, l'entrenament, la tècnica o el contacte amb l'adversari.

El tractament d'aquesta lesió pot ser quirúrgic o conservador, depenent de la gravetat, les expectatives i les característiques del pacient. En general, es recomana la cirurgia per als futbolistes que volen continuar practicant aquest esport a un nivell competitiu, ja que permet restaurar l'estabilitat passiva del genoll. Obstant això, la cirurgia també pot implicar riscos, com la infecció, la rigidesa, el dolor a llarg termini i un augment de probabilitats de patir un procés d'artrosi a l'extremitat.

Segons Carter et al., 2020, tant el treball preoperatori com la rehabilitació és un aspecte fonamental per a la recuperació si s'opta pel tractament quirúrgic. L'objectiu és recuperar la mobilitat, la força, la coordinació, l'equilibri, la propiocepció i la confiança del genoll lesionat, així com prevenir les possibles complicacions. Cronström et al., 2021, proposa un protocol per a un estudi prospectiu que investiga si la funció sensoriomotora pot predir una re-ruptura de LCA contralateral o ipsilateral. L'estudi inclou una bateria completa de proves per avaluar la funció muscular sensorimotora, incloent el rendiment del salt, la força muscular, l'activació muscular (EMG), l'abast de moviment de la pelvis i el turmell, l'orientació postural i la funció del pacient. Els resultats d'aquest estudi poden ajudar a identificar els factors de risc modificables per a les lesions del LCA i millorar els programes de rehabilitació preoperatori.

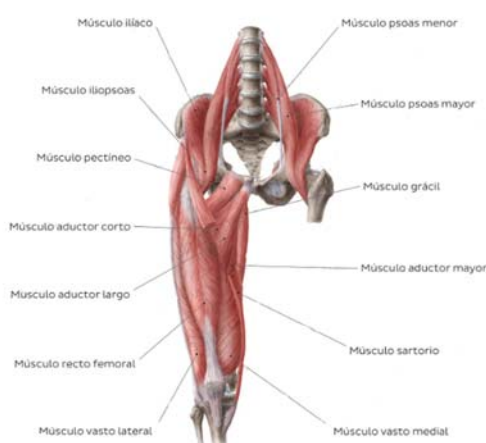
## ARTICULACIÓ FEMOROTIBIAL

El genoll principalment està format per l'articulació femorotibial, composta per dues superfícies òssies convexes, el fèmur i la tibia. Aquestes, s'ajuden dels meniscos, superfícies de fibrocartílag que ajuden a donar més congruència articular al genoll. L'articulació femorotibial, manté l'estabilitat gràcies tan a les restriccions estàtiques com les dinàmiques (Wikstrom et al., 2006).

Pel que fa les restriccions estàtiques (*static restraints*) es tracta de tota la càpsula articular configurada amb tots els lligaments que donen suport estructural a l'articulació. Lligaments colaterals, medial (LCM) i lateral (LCL) que s'encarreguen de generar estabilitat al genoll. A més a més, tenim els lligaments creuats, anterior (LCA) i el posterior (LCP) que s'encarreguen de resistir càrregues rotacionals i la translació anterior de la tibia respecte el peroné. Mencionar també els lligaments femoropatelars i tibiopatelars (medials/laterals), que són molt importants per la estabilització de la ròtula i com a palanca de músculs estabilitzadors anteriors.

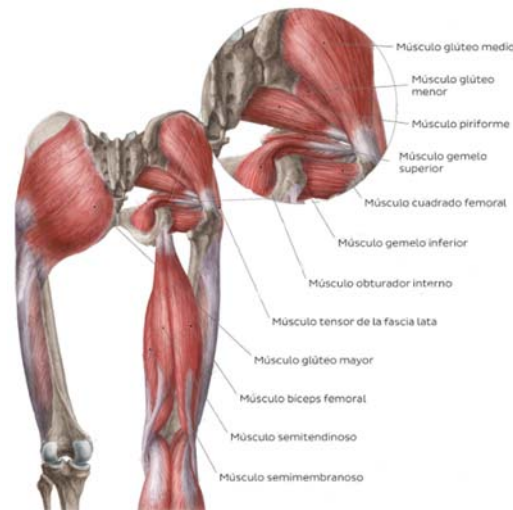
Pel que fa les restriccions dinàmiques (*dynamic restraints*) es tracta de tota la musculatura que genera estabilitat en aquest complex articular. Classificant la musculatura en un pla sagital, a nivell anterior tenim tot la musculatura quadricipital, 3 vasts monoarticulars i el recte anterior que es biarticular. A la part posterior, tindrem tot el complex isquiosural, format per tres vasts biarticulars on el semimembranós i semitendinós s'insereixen a la pota d'ànec, en canvi el bíceps femoral s'insereix al cap del peroné.

Després si seguim en un pla frontal, a nivell sagital tenim al gràcil i al sartori, en canvi a nivell lateral ens trobem amb la banda iliotibial.



Il·lustració 1: Cara anterior musculatura estabilitzadora Kenhub et al., 2023.





*Il·lustració 2: Cara posterior musculatura estabilitzadora Kenhub et al., 2023.*

L'estabilitat articular és l'indicador de que el sistema sensoriomotor funciona de manera efectiva i correcta. Més concretament, l'estabilitat articular és el resultat de la informació aferent (línies mortes) del sistema somatosensorial (retroalimentació perifèrica), la integració de la retroalimentació del somatosensorial (i altres components del sistema sensoriomotor) i la resposta eferent (línies sòlides) regulada pel control neuromuscular d'un individu (reproduït de Riemann et al., 2002)

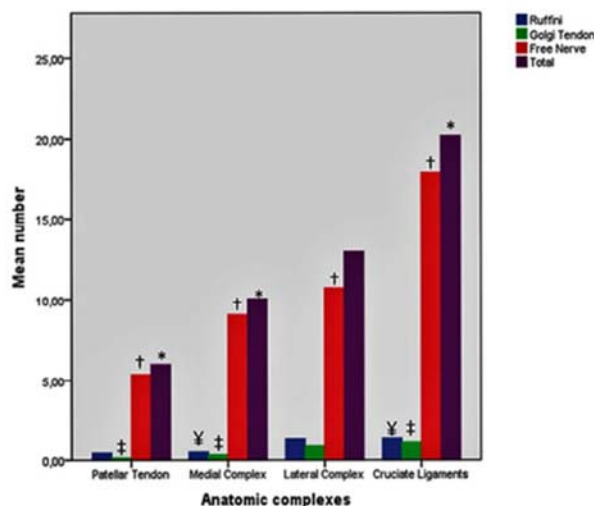
## ANATOMIA I NEUROANATOMIA DEL L·LIGAMENT CREUAT ANTERIOR

### Anatomia

El Lligament Creuat Anterior (LCA) és un lligament intraarticular, important per l'estructura de l'articulació del genoll, el qual resisteix la translació tibial anterior i càrregues rotacionals. L'aspecte anterolateral de l'articulació del genoll consisteix en múltiples estructures extraarticulares que el constitueixen el lligament colateral medial (LCM) i el lligament colateral lateral (LCL), responsable de l'estabilitat anterolateral (Park J.G et al., 2022).

### Neuroanatomia

Consisteix en la disposició dels mecanoreceptors en estructures proximals de l'articulació del genoll, ja sigui en tendons o lligaments.



Il·lustració 3: Mecanoreceptors dels lligaments i els tendons del genoll (Cabuk H. et al., 2016)

Els mecanoreceptors es troben a tots els teixit i lligaments que envolten les articulacions del cos, la seva funció és transmetre estímuls fisiològics al sistema nerviós central, per regular el rang de moviment de l'articulació i la tensió de la càpsula articular, així com els reflexos musculars, que per prevenir canvis degeneratius i d'instabilitat de l'articulació juguen un rol molt important.

Es van observar els corpuscles de Ruffini i Pacini com a receptors mecànics en el lligament creuat anterior, a més a més de les terminacions nervioses lliures. Entre aquests, es diu que els corpuscles de Ruffini més grans eren similars als corpuscles de Golgi i es consideraven una modificació dels corpuscles de Ruffini (Kim K. et al., 2012).

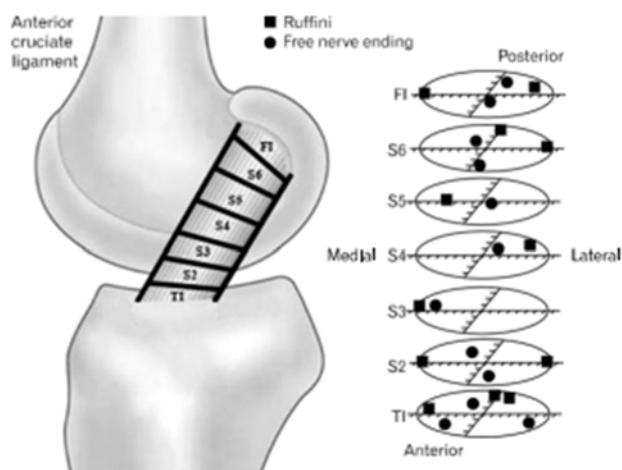
## RECONSTRUCCIÓ DEL LLIGAMENT CREUAT ANTERIOR

Hi ha tres tipus de reconstrucció d'un lligament creuat anterior. Les de tipus al·lo implet consisteixen en reconstruccions a partir de teixit biològic d'un altre ésser, la reconstrucció del propi lligament, i els de tipus autoemplets consisteixen d'una reconstrucció del lligament a partir de teixit del propi ésser. Per aquesta última tècnica s'acostuma a extreure teixit del tendó rotulà o del tendó del semitendinos.

Murray et al., 2021, destaca que la reconstrucció amb autoempelt és la tècnica més comuna per a la reconstrucció del LCA, però també es discuteixen altres opcions, com ara la reconstrucció amb al·lo impelt i la reparació del mateix LCA. Els autoemplets són la tècnica més comuna perquè tenen una taxa de fracàs més baixa que els al·lo impelts. No obstant això, els autoemplets també tenen desavantatges, com ara la pèrdua de teixit donant, dolor, afectacions en el teixit i la necessitat d'una segona cirurgia per obtenir el teixit necessari. Els al·lo impelts són

una opció per als pacients que no poden tolerar una segona cirurgia o que tenen una pèrdua de teixit significativa. La reparació del LCA és una opció per als pacients amb lesions parcials del LCA, però encara es necessiten més estudis per avaluar-ne l'eficàcia.

En la reconstrucció del pròpi lligament, Kim, K. et al 2012, va observar que els mecanoreceptors amb propiocepció es distribueixen principalment en l'àrea d'inserció tibial. Això ajudarà a mantenir la propiocepció després de la reconstrucció i s'hauria de preservar el teixit residual del LCA trencat, durant la reconstrucció sense eliminar-lo per complet, per així poder tenir un menor risc de re-ruptura. Especialment parlem del teixit residual que hi ha en l'àrea de la inserció tibial, i n'haurem de preservar tant com sigui possible perquè la propiocepció de l'extremitat no quedi tant afectada.



*Il·lustració 4: Cartografia típica de la mostra d'un lligament (Kim, K. 2012)*

## MUSCULATURA ESTABILITZADORA

La funció de mantenir l'estabilitat articular i protegir els teixits del dany està en curs en totes les activitats diàries i és majoritàriament subconscient, no requereix atenció ni entrenament (Solomonow et al., 2001).

El quàdriceps és un grup muscular format per quatre músculs que es localitzen a la cara anterior de l'extremitat i que s'encarreguen de l'extensió del genoll. Aquests músculs són el recte femoral (RF), el vast lateral (VL) i el vast medial (VM), que són superficials i el vast intermedi (VI) que és profund. Els mateixos vasts s'originen a la cara anterior del fèmur en els 2/3 proximals. En canvi el recte femoral s'origina en l'espina ilíaca anteroinferior i el surc supracetabular, també intervé en la flexió del maluc, mentre que els altres tres músculs només

actuen sobre el genoll. Els quatre músculs del quàdriceps es fusionen en un tendó únic, anomenat tendó del quàdriceps, que s'enganxa al pol superior de la ròtula, un os que s'ubica a la part davantera del genoll. El tendó del quàdriceps prossegueix per sota de la ròtula formant el tendó rotulià, que s'insereix a la protuberància anterior de la tibia. La ròtula funciona com una politja que incrementa la força i l'angle d'acció del quàdriceps, sobre el genoll. El complex de la musculatura quadricipital és essencial per a l'estabilitat i el moviment del genoll, així com per a la transmissió de forces des del maluc fins al peu. El quàdriceps és el principal responsable de la frenada i es un important estabilitzador de la flexió de genoll durant la marxa, la carrera i el salt (Reig J et al., 2019).

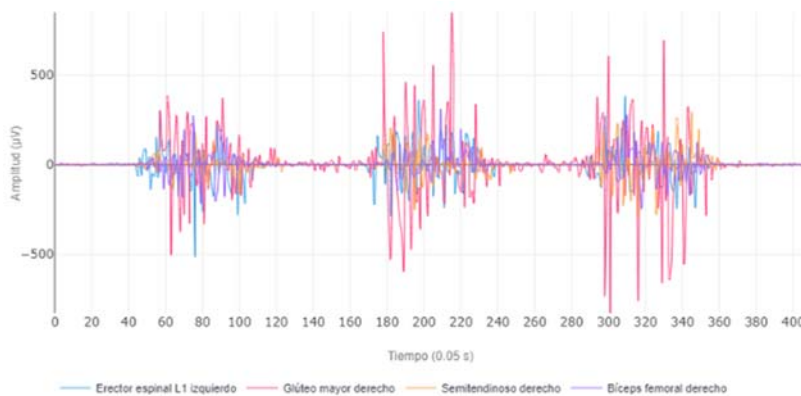
El grup muscular dels isquiosurals, són un grup de músculs que se situen a la regió posterior de la cuixa i que participen en l'extensió del maluc i la flexió del genoll. Aquests músculs són el bíceps femoral (BF), el semitendinos (ST) i el semimembranós (SM). El bíceps femoral té dues porcions: la llarga, que s'origina en la tuberositat isquiàtica de la pelvis, i la curta, que s'origina en el fèmur. Totes dues porcions s'insereixen al cap del peroné. El múscul semitendinos i el semimembranós també s'originen en la tuberositat isquiàtica, i s'insereixen en el costat medial de la tibia. El semitendinos ho fa mitjançant un tendó llarg i prim, mentre que el semimembranós ho fa mitjançant un tendó ample i gruix. Els isquiosurals, són un complex biarticulars, és a dir, que controlen el moviment de dues articulacions: la coxofemoral i la femorotibial (García M et al., 2010). Per tant, tenen dues funcions principals: l'extensió en el cas de l'articulació coxofemoral i la de flexió en el cas del genoll. L'extensió del maluc consisteix a portar el fèmur cap endarrere respecte la pèlvis, com en caminar o córrer. La flexió del genoll consisteix a doblegar la cama cap a la cuixa, com en asseure's o saltar. Els isquiosurals són músculs importants per al rendiment esportiu i la prevenció de lesions ja que contribueixen a la generació de força i potència en activitats com l'esprint, el salt o el llançament (Alonso A et al., 2009). A més, els isquiosurals ajuden a estabilitzar la pelvis i el genoll, evitant desequilibris posturals i moviments indesitjats. Aquest complex també actua com a antagonistes dels quàdriceps, quan parlem de la co-contracció muscular per estabilitzar el genoll. Aquest complex muscular es molt important en la cadena posterior de l'extremitat inferior, el seu funcionament òptim, dependrà de la seva força, flexibilitat i coordinació amb altres músculs.

## ELECTROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE

La EMGs es un registre de la activitat elèctrica muscular, que la classificariem dins del camp de l'exploració física i una prova per valorar la integritat del sistema motor (Massó-Ortigosa et al., 2010). Es pot dir que la EMGs és l'anàlisi d'electromiografia que permet recollir una senyal elèctrica d'un múscul en un subjecte amb moviment.

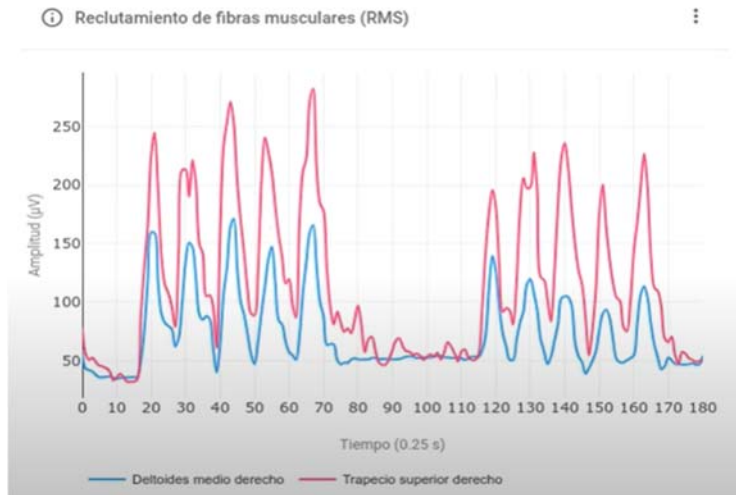
La finalitat principal d'aquesta tecnologia es conèixer la activitat de un o varis músculs en una acció determinada, ja sigui esportiva o que produeixi dolor. I això ens permet:

- Obtenir resultats objectius de la qualitat muscular envers a l'extremitat sana en paràmetres d'anàlisi de la senyal d'electromiografia, que ens permetrà:
  - Mesurar l'amplitud de reclutament de fibres musculars actives
  - Quantificant quant el múscul esta actiu o en repòs
  - Valorar patrons musculars anòmals



*Il·lustració 5: Gràfic mDurance senyal electromiografia*

- Obtenir resultats objectius de la qualitat muscular envers a l'extremitat sana en paràmetres d'anàlisi de reclutament de fibres, que ens permetrà:
  - Quantificar amb precisió les unitats motores actives per el múscul
  - Detectar sincronisme o asincronisme en el múscul
  - Valorar simetries musculars entre músculs



Il·lustració 6: Gràfic mDurance reclutament de fibres musculars (RMS)

- Obtenir resultats objectius de la qualitat muscular envers a l'extremitat sana en paràmetres d'anàlisi de la distribució de l'activitat muscular, que ens permetrà:
  - Comparar l'activitat contràctil entre el múscul
  - Fàcil quantificació de híper-activació o inhibició



Il·lustració 7: Gràfic mDurance distribució de l'activitat muscular

- Saber quin grau d'activitat mostra durant els períodes de l'exercici analitzat
- Conèixer quin tipus de relació o interacció manté amb la resta de músculs implicats en l'acció que s'estudiarà, terme entès com a coordinació intramuscular.

Aquesta tecnologia té grans aplicabilitats en l'àmbit del rendiment i la salut. Per entendre una mica en que consisteix l'electromiografia de superfície i per a que la podem utilitzar

en aquest apartat descriurem totes aquestes utilitats i quina transferència tenen tant en l'esport com en la patologia.

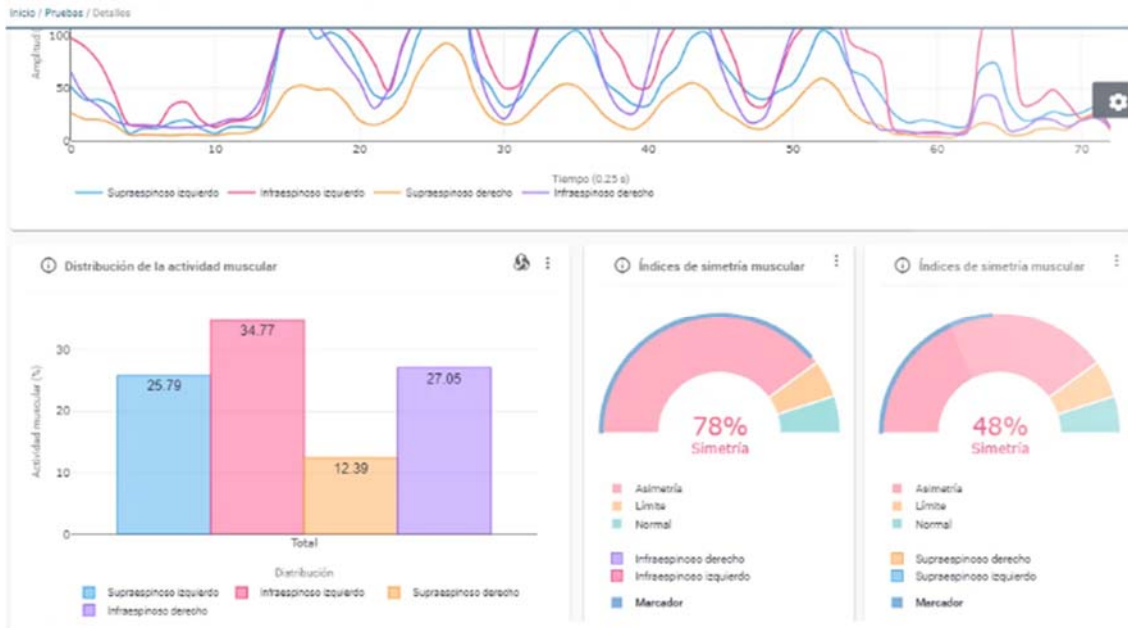
*L'anàlisi d'un gest tècnic* acostuma a incloure un estudi cinemàtic i un estudi cinètic. La cinemàtica s'encarrega de la determinació de paràmetres de posició, velocitat i acceleració (lineals i angulars). L'estudi cinètic determina les forces internes o externes que actuen en relació al gest analitzar. Per això, s'utilitzen instruments com les plataformes de força o altres dispositius que integren mesuradors de força. I aquí es on entra l'electromiografia, que ens permet un registre de l'activitat muscular, i sovint és aconsellable realitzar-la de forma sincronitzada a un registre cinemàtic. Així es poden contrastar les següents dades:

- El temps d'activació del múscul, el seu inici i final en relació a la posició articular
- El grau d'activitat muscular, que reflexa el nivell d'esforç muscular però que no s'ha de confondre amb el nivell de força muscular, ja que la senyal elèctrica detectada està en funció de la concentració iònica existent al múscul

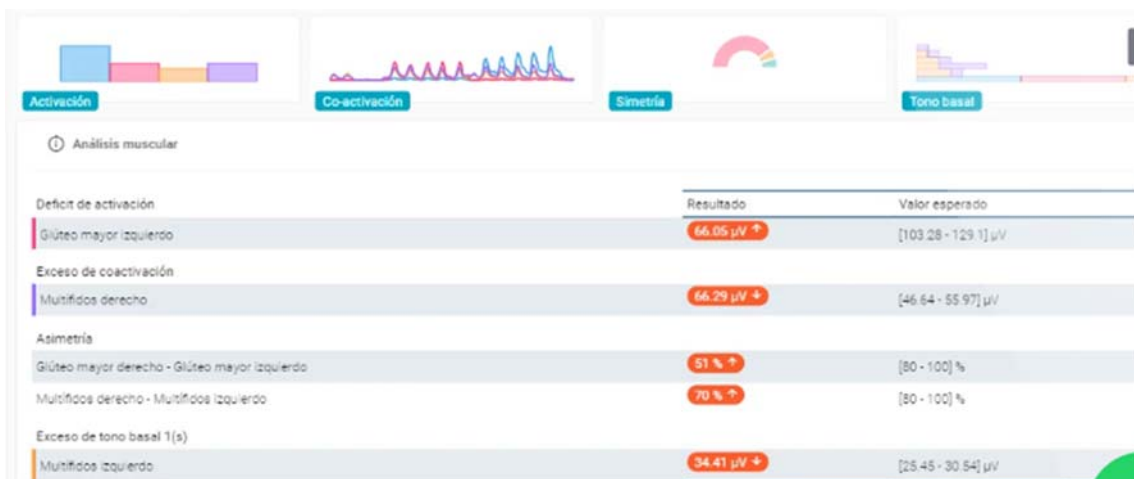
*L'avaluació de la fatiga* es important ja que tenen lloc una sèrie de canvis electrofisiològics lligats amb el procés d'aparició de fatiga, lligats amb l'aparició de compensacions musculars, inhibicions i híper-excitacions musculars. Gràcies a la electromiografia, podem determinar la existència o no d'aquest procés de fatiga, analitzar la seva evolució en el temps i comparar un comportament en diferents situacions.

*L'avaluació de l'activitat muscular durant un procés diagnòstic i/o terapèutic* pot ser molt útil en la valoració inicial i durant un tractament o procés de recuperació. El grau d'activació muscular, la comparació amb l'extremitat sana, l'observació de la coordinació intermuscular o la relació entre agonista- antagonista són fenòmens que es poden veure alterats en situacions patològiques.

Per facilitar *tècniques de miofeedback*, la EMG és un instrument essencial en aquesta tècnica, aplicable quan és necessària una reeducació postural. La senyal electromiogràfica proporciona informació al pacient i al terapeuta sobre els moviments d'activació dels músculs als quals va dirigit el tractament. En l'àmbit de la rehabilitació, la EMG pot suposar una eina útil en el treball propioceptiu. La *co-activació* és l'últim aspecte que també es pot analitzar mitjançant l'EMGS, entès com la existència d'activitat simultània de l'activitat en músculs agonistes i antagonistes.



Il·lustració 8: Síntesi global de cada subjecte en una prova mDurance



Il·lustració 9: Paràmetres de valoració mDurance



## JUSTIFICACIÓ DE L'ESTUDI

La UEFA (Union of European Football Associations) ha observat que a conseqüència d'una preparació física incompleta i la fatiga, la incidència d'aquesta lesió ha anat augmentant durant els anys en els equips professionals de futbol. La mateixa UEFA va realitzar un estudi amb estadístiques d'anys anteriors i prediu que si el 2001 es calculava que per cada equip de futbol, format per 25 jugadors hi havia una incidència de 0,5 lesions per temporada. Es calculava que al 2032 la incidència lesiva en un equip augmentava a 3 trencaments d'LCA per temporada.

Aquest augment es molt significatiu tenint en compte que estem parlant de lesions de llarga durada, amb un temps de baixa estimat de 10 mesos i que en un equip professional poden pesar durant tota la temporada. Tenint en compte el que pot implicar a nivell econòmic per un club.

Quan hi ha un trencament de LCA, segons Wiggins et al., 2016, el risc de patir un altre tractament és del 15%, tornar-se'l a trencar en la cama ipsilateral és d'un 7% i un 8% en la cama contra lateral. La taxa d'una re-lesió de LCA (ipsilateral + contralateral) per a pacients menors de 25 anys és del 21%. I la taxa de re-lesió per als atletes que tornen a un esport és del 20%. Combinant aquests últims factors de risc, els esportistes menors de 25 anys que tornen a l'esport tenen 23% de possibilitats de tornar a patir un trencament de LCA i això és un clar factor de risc.

El tractament actual per aquest tipus de lesions són infinitat de protocols d'exercicis ordenats per progressions segons objectius o períodes de temps com la Melbourne ACL Rehabilitation Guide o la de Randall Cooper. Però tot i així, generalment no es té una monitorització de l'activació dels músculs estabilitzadors de la regió del genoll.

El fet de no controlar aquesta monitorització podria ser que ens trobéssim amb asimetries entre les dues extremitats, compensacions musculars o hiperactivacions musculars, fet que poden produir fatiga i, com a conseqüència, pèrdua de l'eficiència muscular.

La musculatura d'on s'ha extret la plàstia per conformar el nou LCA, com la musculatura estabilitzadora pot quedar afectada en molts sentits.

Primerament, podríem veure que la musculatura pateix una inhibició, fet que altera els patrons musculars de musculatura sinèrgica. I posteriorment, ja en fases finals de la readaptació, es pot produir el contrari, una hiperactivació muscular, arribant així més ràpidament a la fatiga i perdent l'eficiència de la contracció muscular. En paràmetres EMG es produeix un augment de la amplitud per intentar mantenir la força i la disminució de l'espectre de freqüències (Córdova et al., 2020). I això pot ser un factor de risc i produir lesions associades o inclús, recaigudes de la mateixa lesió de LCA (Behan, F. P et al., 2018).

## HIPÒTESI I OBJECTIUS

### HIPÒTESI

Si un pacient és operat de LCA amb una plàstia del tendó rotulià o el semitendinós, presentarà una híper-activació electromiogràfica de la musculatura isquiosural i quadricipital entre l'extremitat afectada i la sana un cop donada l'alta mèdica.

### OBJECTIUS

- General
  - Demostrar amb les gràfiques voltatge/temps i potència/freqüència que és necessària la valoració amb electromiografia de l'activació muscular de musculatura estabilitzadora de l'articulació del genoll abans de donar una alta mèdica.
- Específics
  - Demostrar els canvis d'activació muscular entre l'extremitat afectada i la sana.
  - Obtenir resultats objectius de la qualitat muscular envers a l'extremitat sana en paràmetres d'anàlisi de la senyal d'electromiografia
  - Obtenir resultats objectius de la qualitat muscular envers a l'extremitat sana en paràmetres d'anàlisi de reclutament de fibres
  - Obtenir resultats objectius de la qualitat muscular envers a l'extremitat sana en paràmetres d'anàlisi de la distribució de l'activitat muscular
  - Observar i quantificar quina està sent l'amplitud per intentar mantenir la força i la disminució de l'espectre de freqüències.
  - Observar l'asimetria del mateix múscul (de les dues extremitats) en les mateixes proves.

## METODOLOGIA

### DISSENY DE L'ESTUDI

És un estudi observacional transversal.

Aquest estudi consistirà en avaluar mitjançant tecnologia EMGs, l'activació muscular dels grups isquiosurals i quadricipitals de futbolistes de la Federació Catalana de Futbol.

Es realitzaran 2 proves en la valoració per cada grup muscular. En el grup muscular dels isquiosurals es valoraran els músculs BF i ST que són els músculs superficials. I en el grup muscular del quàdriceps es valoraran VI, VE i RF. Les dos proves consistiran en un exercici isomètric i d'una carrera continua d'uns 5 minuts a intensitat mitja-elevada en un tapís rodant.

### PROCEDIMENT:

#### *Escalfament*

Tots els participants de l'estudi realitzaran el mateix escalfament dirigit pel propi encarregat de la recollida de resultats. Consistirà en realitzar una carrera continua de 7 minuts a 10 km/h en el tapís rodant amb un descans posterior de 2 minuts. Al finalitzar el temps de descans de la carrera continua es realitzaran 3 sèries de 8 squats amb el propi pes corporal dels/les futbolistes i amb un descans de 30 segons entre sèries.

#### *Exercicis*

Els/les futbolistes executaran els 2 exercicis plantejats en l'estudi.

1. La prova d'isomètric consistirà en un "leg extension" i un "femoral curl" amb una galga extensiomètrica de ChronoJump (amb flexió de genoll a 90°) que ens permetrà relacionar activació electromiogràfica amb quilos de força. Es repetiran tres vegades el "leg extension" i el "femoral curl", s'extraurà la prova que més simetria en força hi hagi entre les dos extremitats, tant en quàdriceps com en isquiosurals. La duració de la prova isomètrica màxima seran de 10 segons, i d'aquests 10s se'n triaran el 3'' en messeta.



*Il·lustració 10: Prova isomètrica quàdriceps*



*Il·lustració 11: Prova isomètrica isquiosurals*

2. En la carrera contínua s'avaluaran els dos conjunts musculars alhora. On trobarem paràmetres de co-activació i fases de contracció-relaxació. Per la realització d'aquesta última farem servir el paràmetre VAM (velocitat aeròbica màxima). El càlcul d'aquest paràmetre es realitzarà mitjançant una prova d'esforç el dia abans a la recollida de dades per establir els percentatge corresponent. La prova consistirà de 5 minuts al 100% de la VAM de cada subjecte i perquè aquesta prova es consideri vàlida, haurà de completar els 5 minuts totals de la prova i el subjecte haurà de referir una puntuació a l'escala de Borg de 8-9 sobre 10.



*Il·lustració 12: Prova carrera contínua*

## POBLACIÓ I MOSTRA

Aquest estudi va dirigit a esportistes que pertanyin a la Federació Catalana de Futbol amb una intervenció quirúrgica del lligament creuat anterior. Per seleccionar els subjectes de l'estudi, es tindrà en compte l'historial d'intervencions quirúrgiques del grup Hospital Quirónsalud. Concretament del grup que pertany a Catalunya amb l'Hospital Universitari General de Catalunya, l'Hospital Universitari Sagrat Cor, l'Hospital Universitari Dexeus i el Centre Mèdic

Teknon. Se seleccionaran aquells subjectes d'entre 18 i 35 anys que compleixin amb els criteris d'inclusió.

Els criteris d'inclusió són:

1. Pacients intervinguts d'una reconstrucció de lligament creuat anterior
2. Edat compresa entre els 18 a 35 anys
3. Que tinguin fitxa vigent en la Federació Catalana de Futbol
4. Gènere masculí i femení
5. Pacients que estiguin donats d'alta mèdica a 6 mesos, és a dir la reactivació de la fitxa federativa i màxim que hagin passat 6 mesos de l'alta
6. Que no hagin patit lesions de genoll en un passat, tant en la cama afectada com la sana (trencament/ esquinços passats de LCA, LCP, LCM, LCL, meniscs, tendinopatia rotuliana/ quadricipital, condromalàcia rotulina o lesions musculars tant en quàdriceps com isquiosurals)

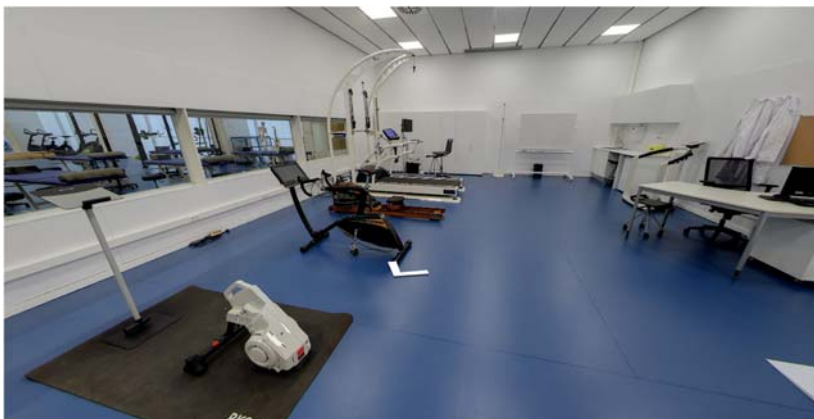
## VARIABLES D'ESTUDI

Es descriuran variables com el sexe, l'edat, la posició en el terreny de joc, descripció del mecanisme lesiu (traumatisme directe/indirecte), tipus d'intervenció i si hi ha hagut complicacions/ extres (sutura meniscal o meniscectomia), data de la intervenció, tipus de plàstia i data de l'alta mèdica. Abans de començar la captació de dades, es recollirà informació sobre els i les futbolistes mitjançant el full de recollida de dades ([Annex 1](#)).

La variable dependent seria l'activitat electromiogràfica dels músculs isquiosural i quadricipital de la cama afectada, mesura en microvolts ( $\mu V$ ). La variable independent seria la cama sana.

## RECOLLIDA DE DADES

La recollida de dades començarà al novembre del 2025 fins el juny del 2027 i es durà a terme al Laboratori de l'Activitat física, Rendiment i Salut (LARS) de la Universitat Tecnocampus de Mataró. El disseny estarà planificat per poder registrar a tots els/les futbolistes durant el temps que duri el període de recollida de dades de l'estudi.



*Il·lustració 13: Laboratori de l'Activitat física, Rendiment i Salut (LARS) de la Universitat TecnoCampus de Mataró*


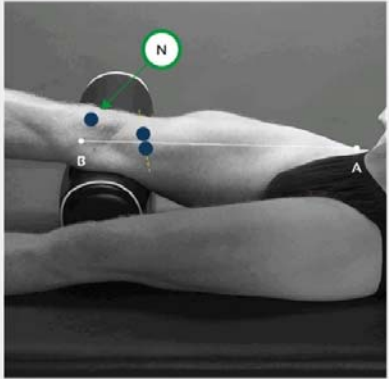

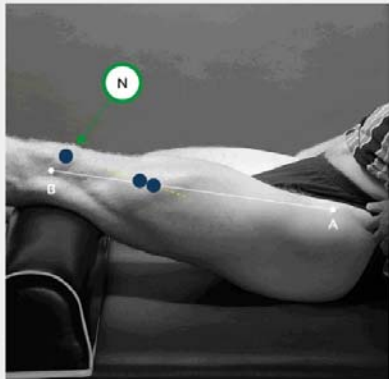
El responsable de la recollida de dades serà l'Ernest Beumala i Cedó investigador principal i que coordinarà els tres professionals especialitzats en EMGs i LCA que s'encarregaran de l'anàlisi de les dades. Aquests tres professionals estaran engegats i en la interpretació de resultats no sabran les condicions d'ambdues extremitats inferiors.


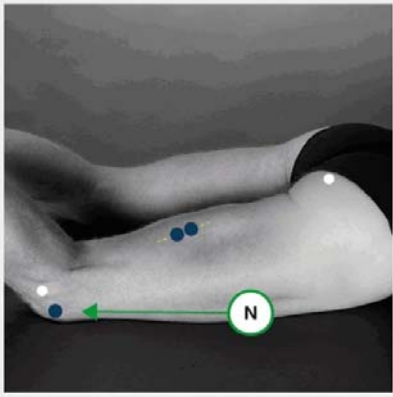

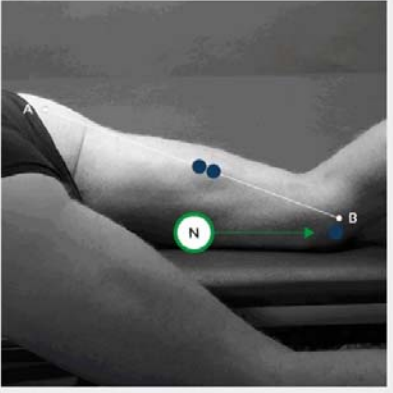
#### LOCALITZACIÓ DELS ELÈCTRODES I SENYALITZACIÓ DELS MÚSCULS:

Per la localització i la senyalització dels músculs es va seguir el protocol plantejat per l'aplicació mDurance, i seguint sempre les recomanacions del projecte SENIAM per la preparació de la pell i la ubicació dels elèctrodes (Hermens et al., 2000)

*Taula 1: Localització dels elèctrodes seguint les indicacions del protocol de SENIAM*

MÚSCUL	LOCALITZACIÓ
Recte femoral (RF)	<p>Al 50% entre la espina ilíaca antero-superior i la part superior de la ròtula.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p style="text-align: center;"><b>MDUR-8AE2</b> Canal 2</p>  <p>El usuario debe sentarse en una camilla con las rodillas en ligera flexión y la parte superior del cuerpo ligeramente curva hacia atrás.</p> <p>Los electrodos deben colocarse al 50% de distancia de línea que une la espina iliaca superior a la parte superior de la rótula (Línea blanca). En este caso los electrodos se orientan en la dirección de dicha línea.</p> <p>El electrodo de referencia debe colocarse en una superficie ósea superficial (Canal N).</p> </div> <div style="flex: 1;">  <p style="text-align: center;">Recto femoral izquierdo</p> </div> </div>

Vast medial (VM)	<p>Al 80% entre la espina ilíaca antero-superior i el lligament medial del genoll.</p> <div data-bbox="555 327 1353 775" style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>MDUR-8AE2</b> Canal 1</p>  </div> <p>El usuario debe sentarse en una camilla con las rodillas en ligera flexión y la parte superior del cuerpo ligeramente curva hacia atrás.</p> <p>Los electrodos deben colocarse a una distancia del 80% entre la línea que va desde la espina iliaca anterior superior (A) y el borde anterior del ligamento medial (B), línea blanca. Los electrodos se orientan casi perpendiculares a la línea blanca (Línea amarilla).</p> <p>El electrodo de referencia debe colocarse en una superficie ósea superficial (Canal N).</p> <div style="text-align: right;">  <p><b>Vasto medial derecho</b></p> </div> </div>
Vast lateral (VL)	<p>Al 66% entre la espina ilíaca antero-superior i la part lateral de la ròtula.</p> <div data-bbox="555 1016 1353 1464" style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>MDUR-8AE2</b> Canal 1</p>  </div> <p>El usuario debe sentarse en una camilla con las rodillas en ligera flexión y la parte superior del cuerpo ligeramente curva hacia atrás.</p> <p>Los electrodos deben colocarse a una distancia de 2/3 en la línea que va desde la espina iliaca anterior superior (A) a la parte lateral de la rótula (B), línea blanca, en la dirección de las fibras musculares (Línea amarilla).</p> <p>El electrodo de referencia debe colocarse en una superficie ósea superficial (Canal N).</p> <div style="text-align: right;">  <p><b>Vasto lateral izquierdo</b></p> </div> </div>
Bíceps femoral (BF)	Al 50% entre la tuberositat isquiàtica i el epicòndil lateral de la tibia.

	<div style="text-align: center;"> <p><b>MDUR-8AE2</b> Canal 1</p>  </div> <p>El usuario debe acostarse sobre el vientre con la cara del muslo hacia abajo sobre la camilla, y las rodillas flexionadas (a menos de 90 grados) con el muslo en ligera rotación lateral.</p> <p>Los electrodos deben colocarse a una distancia del 50% de la línea que va desde la tuberosidad isquiática y el epicóndilo lateral de la tibia (Línea blanca).</p> <p>El electrodo de referencia debe colocarse en una superficie ósea superficial (Canal N).</p>  <p style="text-align: center;"><b>Bíceps femoral derecho</b></p>
Semitendinos (ST)	<p>Al 50% entre la tuberositat isquiàtica i el epicòndil medial de la tibia.</p> <div style="text-align: center;"> <p><b>MDUR-8AE2</b> Canal 2</p>  </div> <p>El usuario debe acostarse sobre el vientre con la cara y el muslo hacia abajo sobre la camilla.</p> <p>La rodilla debe ser flexionada a menos de 90 grados. Los electrodos deben colocarse al 50% de la distancia de la línea que une la tuberosidad isquiática (A) y el epicóndilo medial de la tibia (B), línea blanca.</p> <p>El electrodo de referencia debe colocarse en una superficie ósea superficial (Canal N).</p>  <p style="text-align: center;"><b>Semitendinoso derecho</b></p>

És important saber que per la col·locació dels elèctrodes, s'haurà de rasurar el bell de les persones ja se sap que el cabell pot ser una interferència. Al igual que el bell, també ho pot ser la suor o el greix que generem, per això serà de vital importància netejar la pell molt bé amb alcohol abans de posar els elèctrodes.

### *Registre electromiogràfic*

Per la valoració d'extremitats amb EMGs, farem servir la tecnologia mDurance, un sistema portàtil de EMGs que consisteix en un dispositiu sense fil connectat a una aplicació mòbil, que permet registrar i processar les dades EMGs de manera ràpida, senzilla i al moment. Molina-



Molina, A et al 2020., van comparar el rendiment de mDurance amb el d'un sistema de EMGs de referència, i van trobar que tots dos sistemes eren comparables en termes de qualitat de la senyal, fiabilitat i validesa.



*Il·lustració 14: Electromiògraf utilitzat*

Tots els sistemes d'EMGs moderns funcionen de la mateixa manera; es situa un elèctrode a sobre de la pell i els mateixos capten els potencials d'acció que genera el múscul de forma analògica, per després convertir-la en una senyal digital

Per la recollida de dades de l'estudi es farà a través d'una taula Excel a l'[Annex 2](#).

## ANÀLISI ESTADÍSTIC

Per realitzar l'anàlisi estadístic farem servir el software SPSS Statistics 29.0.2.0 de IBM per Windows.

Els passos a seguir per aquest anàlisi de l'estudi seran:

- Identificació de les variables: la senyal electromiogràfica en Fmàx. de l'extremitat ACLR i la sana, la Fmàx. amb el RMS de cada cama, la distribució de l'activitat muscular en la carrera de l'extremitat ACLR i la sana.
- Definició de les hipòtesis: hipòtesis nul·la (H0), que en aquest cas és que no hi haurà diferències significatives entre les dos extremitats. La hipòtesi alternativa (H1) que hi haurà una híper-activació muscular a l'extremitat ACLR comparada amb l'extremitat sana.

- Test estadístic: el que utilitzarem en aquest estudi, serà el test *t de Student* per comparar mitjanes de les variables en les dos extremitats.
- Interpretació de resultats: al realitzar la prova estadística, s'obindrà un valor de *p*, que indicarà que hi ha o no diferències significatives entre els dos grups d'estudi. Si el valor de *p* és menor a 0.05, poden rebutjar la hipòtesi nul·la i concloure que sí que trobem diferències significatives entre les dos extremitats, en relació a l'activitat muscular de l'extremitat ACLR i la sana en futbolistes utilitzant els resultats de les valoracions EMGs.

## CONSIDERACIONS ÈTIQUES

Es considera una responsabilitat ètica primordial protegir la integritat i el benestar dels participants, garantir la confidencialitat de les dades recollides, respectar el dret a la privadesa i assegurar-se que tots els participants donin el seu consentiment informat de forma voluntària. A més, és essencial declarar la inexistència de qualsevol conflicte d'interessos.

L'estudi serà sotmès a avaluació per part del Comitè d'Ètica corresponent, en conformitat amb les normatives i regulacions internacionals. Aquest comitè vetllarà per garantir que l'estudi compleixi amb els principis ètics fonamentals i que els drets i el benestar dels participants estiguin protegits en tot moment.

En l'estudi es vetllarà per respectar i protegir les dades personals dels participants en conformitat amb la legislació de protecció de dades aplicable. Tot el procés de recopilació, emmagatzematge i ús de les dades electromiogràfiques es realitzarà amb el màxim respecte per la privadesa dels participants i en consonància amb les polítiques de protecció de dades.

S'obindrà el consentiment informat ([Annex 3](#)) de tots els participants abans de la seva participació en l'estudi. Es proporcionarà als participants un full d'informació complet que descriurà detalladament els objectius de l'estudi, els procediments, els possibles beneficis i els riscos associats. A més, es facilitarà un formulari de consentiment informat que els participants hauran de signar per indicar la seva voluntat de participar en l'estudi després de rebre tota la informació rellevant. Aquest procés garantirà que els participants estiguin degudament informats i hagin donat el seu consentiment de manera lliure i voluntària, d'altra manera que també inclourà la possibilitat de retirar el consentiment en qualsevol moment. A més a més, la mateixa plataforma digital mDurance obliga a tot participant/ pacient inscrit de nou a la seva plataforma, que signi un consentiment de tractament de dades ([Annex 4](#))



## CRONOGRAMA DE L'ESTUDI

Taula 3: Fases i temporalització de l'estudi. Font: elaboració pròpia

ETAPES DEL PROJECTE O ESTUDI	2025				2026				2027			
	Gen - Mar	Abr - Jun	Jul - Oct	Nov - Des	Gen - Mar	Abr - Jun	Jul - Oct	Nov - Des	Gen - Mar	Abr - Jun	Jul - Oct	Nov - Des
Buscar possibles fonts de finançament												
Preparació de l'equip												
Enquesta de dades personals i tipus d'intervenció												
Reclutament de participants												
Intervenció/ Recollida de dades												
Anàlisi de dades												
<b>PUBLICACIÓ DEL ESTUDI</b>												

## PRESSUPOST

Taula 4: Pressupost de les despeses de material. Font: elaboració pròpia

MATERIAL	PREU/UNITAT	PÀGINA WEB	JUSTIFICACIÓ
<b>DISPOSITIU MDURANCE</b>	5747,50 €	<a href="https://tienda.fisaude.com/electromiografo-superficie-cuatro-canales-mdurance-premium-monitorizacion-del-estado-salud-muscular-tiempo-real-electrodos-regalo-formacion-gratuita-p-48241.html">https://tienda.fisaude.com/electromiografo-superficie-cuatro-canales-mdurance-premium-monitorizacion-del-estado-salud-muscular-tiempo-real-electrodos-regalo-formacion-gratuita-p-48241.html</a>	Serà el dispositiu físic i la plataforma digital d'on s'obtindran els resultats de l'estudi
<b>ELECTÒDES EMG</b>	8,53 € la bossa de 100uds	<a href="https://iberomed.es/electrodo-s-ecg-35-mm-x-42-mm-adulto-bolsa-de-50-uds.html#/303-presentacion-bolsa_100_uds">https://iberomed.es/electrodo-s-ecg-35-mm-x-42-mm-adulto-bolsa-de-50-uds.html#/303-presentacion-bolsa_100_uds</a>	Per cada pacient s'hauran d'utilitzar 15 elèctrodes
<b>GALGA EXTENSIOMETRICA CHRONOJUMP</b>	249,76 €	<a href="https://chronojump.org/es/product/kit-de-sensor-de-fuerza/">https://chronojump.org/es/product/kit-de-sensor-de-fuerza/</a>	Per la primera prova necessitarem comparar l'activitat EMG amb la força produïda per ambdues extremitats
<b>TOTAL</b>	<b>6005,79 €</b>		

## LIMITACIONS I PRESPECTIVES DE FUTUR

### LIMITACIONS

Malgrat que aquest projecte d'investigació tingui com a objectiu analitzar si hi ha diferències en l'activitat EMGs de les dues extremitats inferiors en un subjecte que ha patit un ACLR, és important tenir en compte que algunes limitacions podrien afectar els nostres resultats.

L'estudi se centrarà en futbolistes federats a la Federació Catalana de Futbol, tot i que la Federació tingui un gran nombre de fitxes federatives, pot ser que limiti bastant el nostre estudi.

La limitació principal de l'estudi es troba en els criteris d'inclusió. Es remarca que els participants d'aquest estudi no podran haver patit anteriorment cap tipus de lesió de genoll, i en la pròpia lesió que els ha portat aquest estudi només podrà ser LCA, exclouent tots aquells participants que en la mateixa lesió hagin patit lesions associades.

A més de les limitacions ja esmentades, és important tenir en compte que aquest estudi se centrarà únicament en la valoració de l'activitat EMGs. No entrarem en especificar cap tipus de protocol o teràpia a seguir per prevenir o resoldre possibles descompensacions que puguin aparèixer. A l'igual que per cada participant només es durà a terme una valoració.

Es necessiten futurs estudis per prevenir o arribar a la màxima simetria possible respecte a l'extremitat que no ha patit una ACLR.

### PRESPECTIVES DE FUTUR

Tot i aquestes limitacions, aquest estudi té un gran potencial per observar en pacients LCA, com treballen a nivell muscular post tractament i post alta mèdica, i si a través de l'activació muscular podem valorar si hi ha risc de tornar a patir una ruptura o una lesió associada. A més, amb els resultats obtinguts els podem fer servir com a plantejament en les readaptacions esportives de la lesió del LCA, i més endavant implementar l'ús de la tecnologia EMGs com una eina de rehabilitació, valoració i prevenció de lesions tant musculars com traumàtiques al futbol català.

Pel que fa a la prospectiva, aquest projecte podria establir les bases per a futures investigacions sobre EMGs en gestos més específics de l'esport com canvis de direcció, frenades i en altre tipus de patologies.

## REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

1. Serrat Reyes, S., Sánchez Gómez, J., González Ponce, I., & Romero Moraleda, B. (2023). Estudio descriptivo de las lesiones de ligamento cruzado en el fútbol femenino. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (50), 172-179. Recuperado de <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/view/9062439>
2. Rekik, R. N., Tabben, M., Eirale, C., Landreau, P., Bouras, R., Wilson, M. G., Gillogly, S., Bahr, R., & Chamari, K. (2018). ACL injury incidence, severity and patterns in professional male soccer players in a Middle Eastern league. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 4(1), e000461
3. Measurement and Evaluation of Dynamic Joint Stability of the Knee and Ankle After Injury: Wikstrom, E. A., Tillman, M. D., Chmielewski, T. L., & Borsa, P. A. (2006). Measurement and evaluation of dynamic joint stability of the knee and ankle after injury. *Sports Medicine*, 36(5), 393–410. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636050-00003>
4. Riemann B, Lephart S. (2002) The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train*, 37 (1): 71-9
5. Riemann B, Lephart S. (2002) The sensorimotor system, part II: the role of proprioception in motor control and functional joint stability. *J Athl Train*, 37 (1): 80-4
6. Park, J. G., Han, S. B., Rhim, H. C., Jeon, O. H., & Jang, K. M. (2022). Anatomy of the anterolateral ligament of the knee joint. *World Journal of Clinical Cases*, 10(21), 7215–7223. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v10.i21.7215>
7. Çabuk, H., & Kuşku Çabuk, F. (2016). Mechanoreceptors of the ligaments and tendons around the knee. *Clinical Anatomy*, 29(6), 789–795. <https://doi.org/10.1002/ca.22743>
8. Kim, K., Chun, C.H., & Kim, B.G. (2012). The histologic mapping of sensory innervation in the human anterior cruciate ligament. *The Korean Journal of Sports Medicine*, 30(2), 130–136.

9. Massó-Ortigosa, N., Rey, F., Rodríguez, D. R., Gual, G., Tutusaus, L. C., & Germán, A. (2010). Aplicaciones de la electromiografía de superficie en el deporte. *Apunts: Medicina de l'esport*, 45(166), 127–136.
10. Molina-Molina, A., Ruiz-Malagón, E. J., Carrillo-Pérez, F., Roche-Seruendo, L. E., Damas, M., Banos, O., & García-Pinillos, F. (2020). Validation of mDurance, A Wearable Surface Electromyography System for Muscle Activity Assessment. *Frontiers in Physiology*, 11(November). <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.606287>
11. Reig, J. (2019). Anatomia i biomecànica del complex de la musculatura quadricipital. *Revista de Fisioteràpia*, 41 (4), 217-224.
12. García, M., Fernández, J., Olmedillas, H. i Sillero, M. (2010). Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. Editorial Médica Panamericana
13. Alonso, A. C., Greve, J. M. D. A. i Camanho, G. L. (2009). Evaluación de la fuerza muscular en isquiotibiales y cuádriceps. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 15 (5), 381-385
14. Wiggins, A. J., Grandhi, R. K., Myer, G. D. (2016). Risk of Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 44(7), 1861-1876. doi: 10.1177/0363546515621554
15. Solomonow, M., & Krogsgaard, M. (2001). Sensorimotor control of knee stability. A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 11(2), 64-80
16. Córdova, A., Nuin, I., Fernández-Lázaro, D., Latasa, I., & Rodríguez-Falces, J. (2020). Actividad electromiográfica (EMG) durante el pedaleo, su utilidad en el diagnóstico de la fatiga en ciclistas. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 13(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2019.03.001>



17. Behan, F. P., Willis, S., Pain, M. T., & Folland, J. P. (2018). Effects of football simulated fatigue on neuromuscular function and whole-body response to disturbances in balance. *European Journal of Applied Physiology*, 118(6), 1319-1330. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3852-4>
  
18. Caballero, K., Duque, L. M., Ceballos, S., Ramírez, J. C., & Peláez, A. (2002). Conceptos básicos para el análisis electromiográfico. *Revista CES Odontología*, 15(1), 41-50.
  
19. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. (2000) Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol*, 10(5):361-74. doi: 10.1016/s1050-6411(00)00027-4. PMID: 11018445.

## ANNEXOS

### 1. FULL RECOLLIDA DE DADES

#### FITXA DE RECOLLIDA DE DADES PER A ESTUDI CIENTÍFIC

##### Dades del Participant:

- Nom:
- Edat:
- Gènere:
- Alçada (cm):
- Pes (kg):
- Historial de Lesions de Genoll:

LESIÓ	SI	NO
Lesió de lligaments creuats passades?		
Esquinç de lligaments colaterals?		
Trencament de menisc?		
Has anat mai amb crosses per molèsties/ lesió al genoll?		
Altres (especificar):		

##### Dades de la Intervenció:

- Data de la Intervenció:
- Complicacions post-operatòries (especificar):

Tipus d'intervenció de reconstrucció de LCA:	Marcar amb una "X"
Plàstia de tendó rotulí	
Plàstia de tendó semitendinós	
Altres (especificar):	

Tipus d'intervenció meniscal:	SI	NO
Sutura meniscal		
Meniscectomia		
Tractament conservador:		

##### Dades del/la futbolista:

- Club:
- Categoria:
- Hores entrenament setmanals:
- Posició en el camp (porter/defensa/ migcampista/ davanter):
- Edat d'inici a la pràctica del futbol:

*\*Aquesta fitxa s'utilitzarà per recopilar dades rellevants durant l'estudi científic. Assegureu-vos de completar cada secció amb la informació corresponent i de mantenir registres precisos i detallats per al seu anàlisi posterior.*

## 2. TAULA EXCEL PER LA RECOLLIDA DE DADES

Participant:				
Data d'intervenció quirúrgica:				
<b>PROVA 1: FORÇA MÀXIMA ISOMÈTRICA</b>				
Força màxima isomètrica (mitjana entre 3 intents)				
Isquiosurals (kg)			Quàdriceps (kg)	
Esquerra:	Dreta:		Esquerra:	Dreta:
Distribució de l'activitat muscular (activitat muscular % / total prova)				
Isquiosurals (marca amb <>)			Quàdriceps (marca amb <>)	
BF <sub>esq</sub> BF <sub>drt</sub>	ST <sub>esq</sub> ST <sub>drt</sub>	RF <sub>esq</sub> RF <sub>drt</sub>	VM <sub>esq</sub> VM <sub>drt</sub>	VL <sub>esq</sub> VL <sub>drt</sub>
Índex de simetria muscular (%)				
BF <sub>esq</sub> - BF <sub>drt</sub>	ST <sub>esq</sub> - ST <sub>drt</sub>	RF <sub>esq</sub> - RF <sub>drt</sub>	VM <sub>esq</sub> - VM <sub>drt</sub>	VL <sub>esq</sub> - VL <sub>drt</sub>
Observacions gràfic: Amplitud ( $\mu$ V) – Temps (0.05s) (en termes de fatiga, híper-activació, inhibició, to basal)				
Observacions gràfic: Amplitud ( $\mu$ V) – Temps (0.25s) (en termes de fatiga, híper-activació, inhibició, to basal)				
<b>PROVA 2: 5MIN TAPÍS RODANT</b>				
Distribució de l'activitat muscular (activitat muscular % / total prova)				
Isquiosurals (marca amb <>)			Quàdriceps (marca amb <>)	
BF <sub>esq</sub> BF <sub>drt</sub>	ST <sub>esq</sub> ST <sub>drt</sub>	RF <sub>esq</sub> RF <sub>drt</sub>	VM <sub>esq</sub> VM <sub>drt</sub>	VL <sub>esq</sub> VL <sub>drt</sub>

Índex de simetria muscular (%)				
$BF_{\text{esq}} - BF_{\text{drt}}$	$ST_{\text{esq}} - ST_{\text{drt}}$	$RF_{\text{esq}} - RF_{\text{drt}}$	$VM_{\text{esq}} - VM_{\text{drt}}$	$VL_{\text{esq}} - VL_{\text{drt}}$
Observacions gràfic: Amplitud ( $\mu\text{V}$ ) – Temps (0.05s) (en termes de fatiga, híper-activació, inhibició, to basal)				
Observacions gràfic: Amplitud ( $\mu\text{V}$ ) – Temps (0.25s) (en termes de fatiga, híper-activació, inhibició, to basal)				

### 3. CONSENTIMENT INFORMAT

#### CONSENTIMENT INFORMAT PER A LA PARTICIPACIÓ A L'ESTUDI

**Títol de l'Estudi:** LA IMPORTÀNCIA DE L'ELECTROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE EN LA READAPTACIÓ DEL LLIGAMENT CREUAT ANTERIOR EN FUTBOLISTES AMATEURS

**Investigador Principal:** Ernest Beumala i Cedó

#### **Propòsit de l'Estudi:**

Aquest estudi té com a objectiu investigar els canvis en l'activació muscular dels músculs isquiosurals i quàdriceps en pacients després de la reconstrucció del lligament anterior creuat (ACL) utilitzant electromiografia.

#### **Procediment:**

Durant aquest estudi, se sol·licitarà als participants que realitzin dues proves d'activació muscular mitjançant electromiografia en totes dues extremitats, tant la afectada com la sana, després de la ACL. Una prova consistirà en executar en màxima força isomètrica en un exercici de quàdriceps i l'altre d'isquiosurals, i després una prova de resistència en un tapis rodant.

#### **Riscos i Beneficis:**

En participar en aquest estudi, vostè pot experimentar irritació a la pell per la cola dels elèctrodes i molèsties lleus en retirar-los. No obstant això, els possibles beneficis d'aquest estudi inclouen contribuir a l'avanç del coneixement en el tractament de lesions del lligament anterior creuat.

#### **Confidencialitat:**

Tota la informació recopilada durant aquest estudi serà tractada de forma confidencial. Les seves dades seran emmagatzemades de forma segura i només seran accessibles pels investigadors autoritzats. La seva privadesa serà protegida en tot moment.

#### **Participació Voluntària:**

La seva participació en aquest estudi és completament voluntària. Vostè té el dret de retirar-se en qualsevol moment, sense cap penalització o conseqüència. La seva decisió de participar o no participar no afectarà el seu tractament mèdic o qualsevol altre dret que tingui.

**Contacte dels Investigadors:**

Si té alguna pregunta sobre l'estudi o els seus drets com a participant, pot comunicar-se amb Ernest al +34 684 39 74 37.

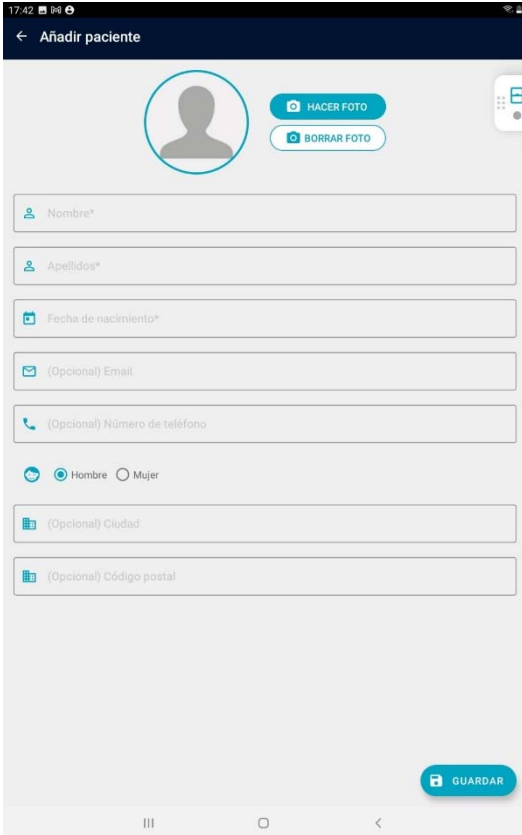
**Consentiment:**

Jo, En/na \_\_\_\_\_ amb DNI \_\_\_\_\_, manifesto que estic conforme amb l'estudi que se m'ha proposat. En signar aquest document, certifico que he llegit i comprès la informació proporcionada anteriorment sobre l'estudi titulat "*La importància de l'electromiografia de superfície en la readaptació del lligament creuat anterior en futbolistes amateurs*". He tingut l'oportunitat de fer preguntes i s'han respost satisfactòriament. Consentó voluntàriament participar en aquest estudi.

Signatura del Participant:

Data: \_\_\_\_\_

#### 4. CONSENTIMENT PLATAFORMA DIGITAL mDurance



17:42 Añadir paciente

HACER FOTO  
BORRAR FOTO

Nombre\*

Apellidos\*

Fecha de nacimiento\*

(Opcional) Email

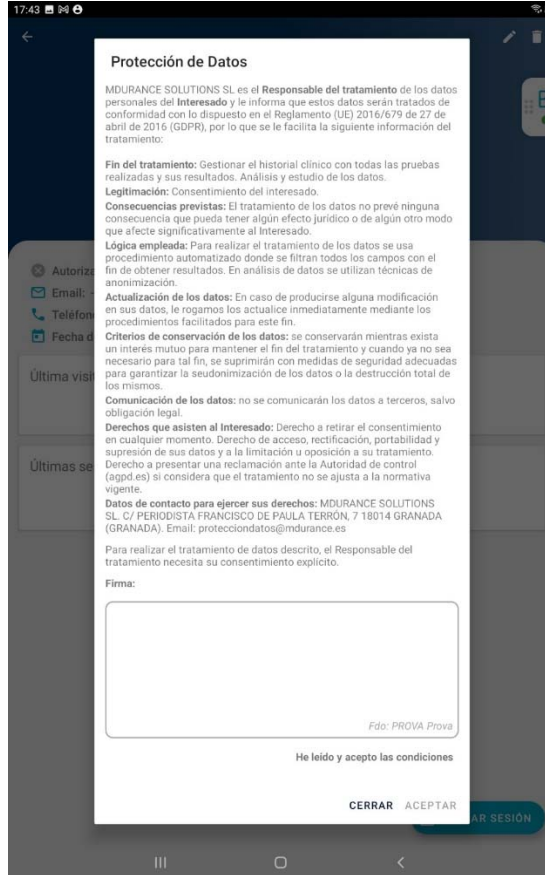
(Opcional) Número de teléfono

Hombre  Mujer

(Opcional) Ciudad

(Opcional) Código postal

GUARDAR



17:43 Protección de Datos

MDURANCE SOLUTIONS SL es el Responsable del tratamiento de los datos personales del **Interesado** y le informa que estos datos serán tratados de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento (UE) 2016/679 de 27 de abril de 2016 (GDPR), por lo que se le facilita la siguiente información del tratamiento:

**Fin del tratamiento:** Gestionar el historial clínico con todas las pruebas realizadas y sus resultados. Análisis y estudio de los datos.

**Legitimación:** Consentimiento del interesado.

**Consecuencias previstas:** El tratamiento de los datos no prevé ninguna consecuencia que pueda tener algún efecto jurídico o de algún otro modo que afecte significativamente al interesado.

**Lógica empleada:** Para realizar el tratamiento de los datos se usa procedimiento automatizado donde se filtran todos los campos con el fin de obtener resultados. En análisis de datos se utilizan técnicas de anonimización.

**Actualización de los datos:** En caso de producirse alguna modificación en sus datos, le rogamos nos actualice inmediatamente mediante los procedimientos facilitados para este fin.

**Criterios de conservación de los datos:** se conservarán mientras exista un interés mutuo para mantener el fin del tratamiento y cuando ya no sea necesario para tal fin, se suprimirán con medidas de seguridad adecuadas para garantizar la seudonimización de los datos o la destrucción total de los mismos.

**Comunicación de los datos:** no se comunicarán los datos a terceros, salvo obligación legal.

**Derechos que asisten al Interesado:** Derecho a retirar el consentimiento en cualquier momento. Derecho de acceso, rectificación, portabilidad y supresión de sus datos y a la limitación u oposición a su tratamiento. Derecho a presentar una reclamación ante la Autoridad de control (agpd.es) si considera que el tratamiento no se ajusta a la normativa vigente.

**Datos de contacto para ejercer sus derechos:** MDURANCE SOLUTIONS SL. C/ PERIODISTA FRANCISCO DE PAULA TERRÓN, 7 18014 GRANADA (GRANADA). Email: protecciondatos@mdurance.es

Para realizar el tratamiento de datos descrito, el Responsable del tratamiento necesita su consentimiento explícito.

Firma:

Fdo: PRCVA Prova

He leído y acepto las condiciones

CERRAR ACEPTAR