



**EFFECTIVITAT DE LES MÀNIGUES DE COMPRESSIÓ A L'AVANTBRAÇ I D'UN
PROTOCOL D'EXERCICIS SOBRE LA FATIGA I LA RECUPERACIÓ DEL MÚSCUL
EXTENSOR COMÚ DELS DITS UTILITZANT LA NIRS PER MESURAR LA SMO2 EN
JUGADORS UNIVERSITARIS D'E-SPORTS QUE JUGUEN A FPS**

GRAU EN FISIOTERÀPIA

Treball de Final de Grau

Alumne: Joan Bayarri Matamoros

Tutor: Jordi Cuartero Archs

ÍNDIX

0. RESUM	3
1. INTRODUCCIÓ	5
1.1. Antecedents i justificació	5
1.2. Objectius i hipòtesis	8
1.3. Disseny de l'assaig	10
2. MÈTODES	10
2.1. Participants, intervencions i variables de resultat	10
2.1.1. Àmbit de l'estudi	10
2.1.2. Criteris d'elegibilitat	11
2.1.3. Intervencions	11
2.1.4. Variables de resultat	16
2.1.5. Cronologia del participant	16
2.1.6. Grandària mostral	16
2.1.7. Reclutament	17
2.2. Assignació de les intervencions	18
2.2.1. Assignació	18
2.2.2. Cegament	20
2.3. Recollida, gestió i anàlisi de dades	21
2.3.1. Mètodes de recollida de dades	21
2.3.2. Gestió de dades	21
2.3.3. Mètodes estadístics	21
2.4. Aspectes ètics i disseminació	24
2.4.1. Consentiment i carta de reclutament	24
2.4.2. Confidencialitat	24
2.4.3. Declaració d'interessos	24
2.4.4. Accés a les dades	25
2.4.5. Atenció addicional i posterior a l'estudi	25
2.4.6. Política de disseminació	25
3. LIMITACIONS I CONTROLS DE POSSIBLES BIAIXOS	26
4. UTILITAT I APLICABILITAT CLÍNICA DE LA INVESTIGACIÓ	28
5. BIBLIOGRAFIA	30
6. ANNEXOS	34
6.1. Protocol d'exercicis	34
6.2. Variables de resultat	37
6.3. Cronologia del participant	40
6.4. Document de recollida de dades	41
6.5. Consentiment informat i carta de reclutament	41
6.6. Pla de treball i cronograma de la investigació	48
6.7. Pressupost estimat	49

0. RESUM

Introducció: Els e-sports són una disciplina competitiva emergent que exigeix un alt rendiment físic i cognitiu. Els jugadors, especialment en jocs de tipus FPS (trets en primera persona), realitzen moviments repetitius amb l'avantbraç durant períodes prolongats, fet que incrementa el risc de fatiga muscular i de lesions musculoesquelètiques.

Objectius: Aquest estudi analitza l'efecte de les mànigues de compressió combinades amb un protocol d'exercicis d'escalfament i refredament sobre la fatiga i la recuperació del múscul extensor comú dels dits en jugadors universitaris d'e-sports, utilitzant l'espectroscòpia d'infraroig proper (NIRS) per mesurar la saturació d'oxigen muscular (SmO₂).

Metodologia: Es tracta d'un assaig clínic aleatoritzat, prospectiu i simple cec, amb una durada de vuit setmanes i una mostra de 126 participants, distribuïts segons el seu nivell d'activitat física. Els participants seran assignats aleatòriament a un grup control o a un grup d'intervenció que utilitzarà màniga de compressió. Tots seguiran el mateix protocol d'exercicis. Es recolliran dades de SmO₂, percepció de fatiga, dolor i variables de rendiment (puntuació per minut i precisió).

Conclusió: S'espera que l'ús de màniga de compressió millori la perfusió muscular i redueixi la fatiga aguda, especialment en jugadors amb menor nivell d'activitat física. Aquest estudi pretén aportar evidència en un àmbit poc estudiat i contribuir al desenvolupament de protocols preventius i optimitzadors del rendiment en el camp dels e-sports.

Paraules clau: fatiga, rendiment, dolor, e-sports, lesions, exercici, prevenció.

ABSTRACT

Introduction: Esports are an emerging competitive discipline that demands both high physical and cognitive performance. Players, particularly in first-person shooter (FPS) games, engage in repetitive forearm movements for prolonged periods, which increases the risk of muscular fatigue and musculoskeletal injuries.

Objectives: This study examines the effects of compression sleeves combined with a warm-up and cool-down exercise protocol on fatigue and recovery of the extensor digitorum muscle in university-level esports players. Near-infrared spectroscopy (NIRS) will be used to measure muscle oxygen saturation (SmO₂).

Methods: A randomized, prospective, single-blind clinical trial will be conducted over eight weeks, involving a sample of 126 participants stratified by their physical activity level. Participants will be randomly assigned to a control group or an intervention group using a compression sleeve. All participants will follow the same exercise protocol. Data collection will include SmO₂ measurements, fatigue perception, pain, and performance metrics (score per minute and accuracy).

Conclusion: It is expected that the use of compression sleeves will enhance muscle perfusion and reduce acute fatigue, particularly in players with lower physical activity levels. This study aims to provide evidence in an underexplored area and contribute to the development of preventive and performance-optimizing protocols in the field of esports.

Keywords: fatigue, performance, pain, esports, injuries, exercise, prevention.

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents i justificació

Els esports electrònics (e-sports) poden ser definits com a videojocs/jocs digitals organitzats i competitius en línia, en què participen diversos jugadors recreatius, amateurs i fins i tot professionals, normalment en equips multijugador i sovint en partits que s'emeten en directe (1,2). Aquesta competència s'organitza en tornejos i lligues a nivell nacional i internacional que moltes vegades es realitzen de forma presencial, on s'ha de dur a terme un entrenament adequat, un desenvolupament d'habilitats i un compromís amb l'esport i els espectadors (1). En general, s'inclou una sèrie de modalitats de videojocs diferents (esports, trets en primera persona: FPS, estratègia, etc.) que es juguen en entorns controlats seguint una estructura i un reglament determinats (3,4).

En els darrers anys, els e-sports han augmentat significativament en popularitat entre la població general a escala mundial, amb una presència especialment forta a Àsia, Europa i Amèrica del Nord (5,6). Des del 2010, la indústria ha crescut ràpidament gràcies a l'increment del nombre de jugadors, l'expansió de les audiències dels jocs i els avenços en tecnologia (7,8). Durant la pandèmia de la COVID-19, els videojocs en línia es van popularitzar com un mitjà d'entreteniment en creixement, gràcies a la disponibilitat de jocs en línia i les tecnologies de transmissió en directe (9). L'any 2024, més de 1.300 milions de persones van jugar regularment a videojocs a tot el món (10).

Amb el sorgiment del valor econòmic, els e-sports han començat a rebre una gran atenció de diversos camps, però el desenvolupament de la teoria i la investigació científica ha quedat endarrerit pel que fa al desenvolupament de la pràctica, i no ha estat fins al 2020 que la quantitat d'investigació ha començat a ser considerable (11,12). Aquest creixement tan sobtat ha portat molts jugadors a buscar atenció de professionals de la salut en patir lesions, així com per al benestar general i el manteniment de la salut (13). No obstant això, no tots els competidors d'e-sports tenen accés a metges d'equip, fisioterapeutes o entrenadors esportius i busquen atenció de professionals sanitaris independents que poden estar menys familiaritzats amb les demandes fisiològiques dels esports electrònics.

Els jugadors d'esports han arribat a ser etiquetats com a atletes, i els e-sports són cada cop més reconeguts com un esport competitiu, i per assolir els nivells més alts de la competició esportiva, els jugadors necessiten tant experiència com entrenament d'habilitats mentals i físiques (14,15). Han de millorar les habilitats específiques del joc i les capacitats motores, i durant la competició, han de ser capaços de mantenir alts nivells d'atenció durant períodes de temps prolongats i prendre decisions importants en qüestió de segons (16–18). Per aconseguir un rendiment òptim, aquests jugadors passen de 5 fins a 10 hores diàries durant diversos anys fent moviments repetitius que es donen en utilitzar repetidament un “gamepad” o un ratolí i un teclat, i asseguts durant un període prolongat, sovint amb una mala postura: aquests són els dos mecanismes principals que causen riscos musculoesquelètics (19–22). Si a aquesta postura desadaptativa se li afegeix un estil de vida sedentari, es dona una major incidència de trastorns i l'aparició de dolor a una edat més primerenca (9,23). Trotter et al. (2020) afirma que el 80% dels jugadors d'eSports no compleixen les recomanacions d'activitat física de l'OMS (24).

A escala competitiva, es realitzen moviments motors fins amb molta destresa a través de contraccions isotòniques i isomètriques per tal de garantir un bon funcionament visuomotor, executant més de 600 moviments per minut en què s'involucren els dits, la mà i una extensió sostinguda del canell principalment, fet que predisposa a patir fatiga aguda i a l'aparició de lesions repetitives i cròniques (13,22,25–28). La queixa que sovint és més reportada pels jugadors és la fatiga ocular, el mal d'esquena i el coll són la segona queixa més important, seguit del mal de canell i mà (22,26,29).

Aquesta nova àrea de cultura del joc s'ha convertit en un dels aspectes més essencials i populars de les comunitats universitàries en la manera d'utilitzar el seu temps lliure i una carrera com a jugador d'esports electrònics s'ha convertit en una opció viable per als joves a causa del creixent nombre de tornejos d'esports electrònics, organitzacions, escoles i programes universitaris i beques, així com patrocinis (30). Per això, és essencial identificar i abordar els riscos i amenaces durant el desenvolupament dels esports electrònics, posant èmfasi en el suport i la protecció dels jugadors professionals, molts dels quals són menors d'edat i encara estan en ple desenvolupament físic (31).

La saturació d'oxigen muscular (SmO_2) és una mesura indirecta de l'eficiència muscular, que es defineix com l'equilibri entre la taxa de consum d'oxigen pel múscul i la taxa d'oxigen que es reposa al múscul, servint de marcador de l'eficiència del múscul durant el rendiment i la recuperació (32–35). Si el subministrament no satisfà la demanda del múscul, aleshores el metabolisme muscular es torna cada vegada més anaeròbic, cosa que pot conduir a una fatiga aguda (33,36).

L'ús de peces de compressió s'ha estès des de l'àmbit clínic fins a l'esportiu, i els atletes les utilitzen amb l'objectiu d'augmentar el rendiment i facilitar la recuperació muscular, ja que aquestes peces milloren el flux sanguini venós (33,35). Tot i que hi ha proves mínimes que donen suport a l'ús de mànigues de compressió per a l'extremitat superior, s'ha demostrat que a nivell de l'avantbraç poden millorar el flux sanguini arterial (37,38). Aquests efectes s'assoleixen a través de la graduació de la compressió de la màniga (mmHg), aplicant una pressió més elevada distalment i disminuint-la a mesura que es va cap a proximal, fet que també millora el retorn venós (39). S'ha demostrat que l'aplicació de pressions d'entre 13 i 25 mmHg augmenta significativament la perfusió arterial perquè es dona una resposta reguladora després d'una disminució de la pressió vascular transmural, la qual desencadena una resposta miogènica deguda a la compressió (38,40). Aquest procés provoca un canvi en la pressió sanguínia i en la tensió de la paret vascular, relaxant els vasos i augmentant el flux sanguini, fet que pot ajudar a retardar l'esgotament i la fatiga muscular (40,41).

En fort contrast amb els atletes tradicionals, hi ha poca investigació sobre els factors que influeixen en el rendiment dels jugadors d'e-sports, ja que la investigació dins d'aquest àmbit es troba encara en les seves primeres etapes. Aquesta bretxa en la literatura és problemàtica, pel fet que els esportistes no poden prendre decisions informades i recolzades empíricament sobre la gestió del seu rendiment. Aleshores, tenint en compte que l'evidència existent dins aquest àmbit és pràcticament inexistent pel que fa a la capacitat oxidativa dels extensors del canell i dels dits, i que la recuperació muscular i el rendiment dels jugadors d'esports es pot millorar amb l'augment del flux sanguini que generen les mànigues de compressió, considerem interessant analitzar el seu efecte en jugadors universitaris d'e-sports durant els seus dies d'entrenament previs a la competició.

1.2. Objectius i hipòtesis

OBJECTIUS

- Objectiu primari o principal:

Analitzar l'efecte de les mànigues de compressió a l'avantbraç combinades amb un protocol d'exercicis d'escalfament i refredament sobre la fatiga i la recuperació en el múscul extensor comú dels dits de la mà, utilitzant la NIRS per avaluar la SmO2 en jugadors universitaris d'e-sports que juguen a FPS, i comparar els resultats amb l'efecte del protocol d'exercicis aplicat de manera aïllada.

- Secundaris:

- Determinar si el nivell d'activitat física (NAF) dels jugadors té algun efecte sobre la fatiga i la recuperació en el múscul extensor comú dels dits de la mà.
- Avaluar l'existència de dolor i/o molèsties a la zona de l'avantbraç, canell, mà i dits.
- Relacionar l'aparició de dolor i/o molèsties amb el grau de fatiga present durant la sessió.
- Mesurar el rendiment (puntuació per minut: PPM) i el grau de precisió al final de les sessions.

HIPÒTESIS

- Hipòtesi principal

· Hipòtesi nul·la (H_0): L'ús de les mànigues de compressió a l'avantbraç combinat amb un protocol d'exercicis no tindrà un efecte significatiu sobre la fatiga ni millorarà de manera significativa la recuperació del múscul extensor comú dels dits de la mà, en comparació amb l'efecte del protocol d'exercicis aplicat de forma aïllada després de l'entrenament en els dies previs a la competició.

· Hipòtesi alternativa (H_1): L'ús de les mànigues de compressió a l'avantbraç combinat amb un protocol d'exercicis millorarà significativament la recuperació i reduirà la fatiga del múscul extensor comú dels dits de la mà en comparació amb l'efecte del protocol d'exercicis aplicat de forma aïllada després d'entrenar durant els dies previs a la competició.

- Hipòtesi secundària sobre la relació entre NAF i la fatiga/recuperació

· H₀: El NAF dels jugadors no té un efecte significatiu sobre la fatiga ni la recuperació del múscul extensor comú dels dits de la mà.

· H₁: El NAF dels jugadors influeix significativament en la fatiga i la recuperació del múscul extensor comú dels dits de la mà.

- Hipòtesi secundària sobre l'existència de dolor i/o molèsties

· H₀: L'ús de les mànigues de compressió a l'avantbraç combinat amb un protocol d'exercicis no tindrà un efecte significatiu sobre la possible aparició de dolor i/o molèsties a la zona de l'avantbraç, canell, mà i dits, en comparació amb l'efecte del protocol d'exercicis aplicat de forma aïllada després de l'entrenament en els dies previs a la competició.

· H₁: L'ús de les mànigues de compressió a l'avantbraç combinat amb un protocol d'exercicis millorarà significativament la recuperació i reduirà la possible aparició de dolor i/o molèsties a la zona de l'avantbraç, canell, mà i dits en comparació amb l'efecte del protocol d'exercicis aplicat de forma aïllada després d'entrenar durant els dies previs a la competició.

- Hipòtesi secundària sobre la relació entre l'aparició de dolor i/o molèsties i el grau de fatiga

· H₀: No existeix una relació significativa entre el grau de fatiga i l'aparició de dolor i/o molèsties.

· H₁: Existeix una relació significativa entre el grau de fatiga i l'aparició de dolor i/o molèsties.

- Hipòtesi secundària sobre els resultats en el rendiment (PPM) i el grau de precisió

· H₀: L'ús de les mànigues de compressió a l'avantbraç combinat amb un protocol d'exercicis no tindrà un efecte significatiu sobre el rendiment (la PPM) i el grau de precisió, en comparació amb l'efecte del protocol d'exercicis aplicat de forma aïllada després de l'entrenament en els dies previs a la competició.

· H1: L'ús de les mànigues de compressió a l'avantbraç combinat amb un protocol d'exercicis millorarà significativament la recuperació i millorarà el rendiment (la PPM) i el grau de precisió en comparació amb l'efecte del protocol d'exercicis aplicat de forma aïllada després d'entrenar durant els dies previs a la competició.

1.3. Disseny de l'assaig

Aquest estudi és de caràcter intervencionista i longitudinal prospectiu. Es tracta d'un assaig clínic aleatoritzat simple cec, en què els investigadors duen a terme una intervenció amb l'objectiu de modificar els resultats finals de l'estudi, mitjançant un seguiment de la progressió de diverses variables al llarg d'un període de vuit setmanes. Els participants seran assignats aleatòriament a dos grups (grup control: GC / grup d'intervenció: GI), amb la finalitat de comparar els efectes de les intervencions sobre les variables d'interès.

Aquest assaig clínic ha estat dissenyat prenent com a referència els criteris establerts per la guia CONSORT (Consolidated Standards of Reporting Trials), amb la finalitat de garantir una comunicació clara, rigorosa i estandarditzada de les seves característiques metodològiques (42). Tot i que l'estudi encara no s'ha dut a terme i, per tant, no s'inclouen apartats corresponents a la recollida i anàlisi de resultats, el protocol presentat en aquest treball de fi d'estudis compleix amb els ítems que són aplicables en aquesta fase del procés.

2. MÈTODES

2.1. Participants, intervencions i variables de resultat

2.1.1. Àmbit de l'estudi

L'estudi es durà a terme en una única institució acadèmica, a l'Institut de Recerca de l'Esport de la Universitat Autònoma de Barcelona (IRE-UAB), en un entorn controlat adequat per als mesuraments fisiològics i l'ús de tecnologia de monitoratge amb l'espectroscòpia d'infraroig proper (NIRS) per mesurar la SmO2 de forma precisa i en temps real. La població seleccionada estarà formada per estudiants universitaris d'entre 18 i 24 anys de l'àmbit competitiu dels e-sports que practiquen jocs

de FPS i que pròximament participaran en un torneig. Aquesta disciplina requereix una alta demanda física i cognitiva, amb un enfocament especial en l'ús de la motricitat fina i la precisió en els moviments amb el ratolí i el teclat, on la musculatura de l'avantbraç i la mà tenen molta rellevància.

2.1.2. Criteris d'elegibilitat

· Criteris d'inclusió: (1) Edat compresa entre els 18-24 anys, (2) Haver acumulat més de 500 hores de joc en FPS durant els últims 6 mesos per garantir un nivell elevat d'experiència i intensitat en la pràctica, (3) Haver-se inscrit en un torneig interuniversitari on s'hagi de jugar un FPS, (4) Tenir dominància dreta, per assegurar una disposició homogènia de l'equipament i els dispositius, (5) Viure en una zona propera a Barcelona, (6) Tenir disponibilitat per assistir a les sessions d'entrenament, (7) Presentar uns valors determinats dins l'IPAQ que indiquin un NAF baix o moderat/alt.

· Criteris d'exclusió: (1) Ús de mànigues de compressió o dispositius similars en els últims 3 mesos, (2) Consum de medicaments o suplementos que puguin alterar els resultats metabòlics, (3) Intolerància als sensors per problemes dermatològics o per problemes de sensibilitat, (4) Fumadors, (5) Antecedents de malaltia cardíaca, malaltia pulmonar, trastorns neuromusculars, malalties del sistema nerviós central, diabetis o qualsevol altra malaltia metabòlica, (6) Haver patit qualsevol lesió al braç dret durant l'últim any.

· Criteris d'abandonament: (1) No adherència a la intervenció (2) Voluntat d'abandonar l'estudi per part del participant en qualsevol moment, (3) Incapacitat per completar les sessions d'entrenament per motius personals o de salut no relacionats amb les condicions incloses en els criteris d'exclusió.

2.1.3. Intervencions

→ Compressió en el GI

S'utilitzarà una màniga de compressió de lliure venda, composta per un 73% de niló i un 27% d'elastà, que s'ajustarà per sota del colze i arribarà fins al canell. Aquesta màniga proporcionarà una compressió graduada, amb una pressió al voltant de 16 mmHg a nivell proximal i 24 mmHg a nivell

distal de l'avantbraç del jugador, amb l'objectiu d'afavorir el retorn venós. Per tal d'assegurar que aquestes pressions es compleixin en tots els participants, es disposarà de diferents mides de mànigues i s'assignarà la talla corresponent segons el perímetre de l'avantbraç de cada jugador. A més, la pressió exercida serà verificada abans de l'inici de cada sessió mitjançant el dispositiu Microlab Pico Press®, un monitor de pressió que es col·locarà sota la màniga de compressió per mesurar la pressió d'interfície.

La finalitat d'aplicar aquesta màniga és obtenir un efecte vascular dins l'àmbit esportiu, millorant el flux sanguini i la perfusió arterial mitjançant la compressió controlada, amb la finalitat d'augmentar el rendiment muscular i prevenir el risc de lesió endarrerint la fatiga muscular. Aquestes mànigues estan disponibles en diversos punts de venda, tant en botigues físiques com en línia especialitzades en esport, així com en farmàcies o botigues d'ortopèdia especialitzades en salut i benestar.

→ Protocol d'exercicis pels dos grups

Tant el GC com el GI seguiran un protocol d'exercicis específic dissenyat per prevenir lesions en les extremitats superiors. En aquest s'inclouran exercicis d'escalfament per fer abans de cada sessió d'entrenament i exercicis de refredament que s'implementaran al final de cada sessió [Annex 6.1.].

→ Mesura de la SmO2 com a mesura indirecta de l'eficiència muscular

L'Humon Hex® (Humon Hex, Dynometrics Inc. Cambridge, MA, USA) és un dispositiu portàtil i no invasiu que utilitza la tecnologia d'espectroscòpia d'infraroig proper (NIRS) per mesurar la SmO2. Aquest sensor permet penetrar en el teixit muscular i proporcionar informació en temps real sobre l'equilibri entre el subministrament i el consum d'oxigen als músculs, indicant així la seva eficiència. El dispositiu calcula la relació entre l'hemoglobina oxigenada i la total als capil·lars musculars, gràcies a l'absorció diferencial de la llum per l'hemoglobina oxigenada i desoxigenada. Les dades es transmeten al mòbil mitjançant Bluetooth® a través de l'aplicació Moxzone®.

El sensor s'enganxarà amb cinta adhesiva a la zona dorsal de l'avantbraç, al terç proximal de la línia que va des de l'epicòndil lateral fins al carp, zona on l'extensor comú dels dits és més superficial.

→ Entrenament FPS

S'emprarà la plataforma Aimlabs, ja que permet realitzar un entrenament de “tracking” estandarditzat dissenyat específicament per a jugadors de FPS, amb l'objectiu de millorar la punteria. Aquesta plataforma ofereix una gran varietat d'eines que permetran determinar quina és la PPM i la precisió de cada jugador.

- La PPM es calcula en funció de la quantitat d'objectius abatuts durant la sessió, avaluant l'eficiència global de cada jugador.
- La precisió es calcula comparant el nombre de trets encertats amb el total de trets realitzats, seguint la fórmula: $\text{Precisió (\%)} = (\text{Trets encertats} / \text{Total de trets realitzats}) \times 100$.

Al final de cada sessió d'entrenament, la plataforma proporcionarà un resum detallat que inclourà la puntuació total, la PPM i la precisió obtinguda per cada participant.

A més, es tindrà en compte l'aparició de dolor i/o molèsties durant les sessions, i al GI se'ls demanarà la percepció sobre l'ús de les mànigues.

→ Explicació de l'organització de la intervenció després de realitzar l'assignació a cada grup

Tenint en compte com s'ha realitzat l'assignació dels participants en l'*Apartat 2.2.1*, per garantir una distribució equitativa entre el GC i el GI segons el NAF, s'ha assignat una lletra identificativa (A, B, C o D) mitjançant una aleatorització simple, basada en l'extracció aleatòria de les lletres a través d'un sorteig manual sense reemplaçament. Aquesta codificació no respon a cap criteri jeràrquic ni quantitatiu, contribuint així al manteniment del cegament de l'estudi tant per a l'avaluador com per a l'estadista durant tot el procés de recollida i anàlisi de dades.

Posteriorment, per a l'assignació d'un dia específic de la setmana (de dilluns a dijous) a cada subgrup, s'ha realitzat una nova aleatorització simple. Els quatre dies s'han introduït en papers separats i s'han extret a l'atzar, associant cada dia a una de les lletres assignades prèviament.

A més del dia assignat, dins de cada subgrup es distribuïran els participants al llarg del matí en diferents franges horàries, també de manera aleatòria. L'horari provisional previst per a les sessions diàries és el següent: 09:30-10:35 // 10:40-11:45 // 11:50-12:55 // 13:00-14:05. La distribució horària es realitzarà mitjançant una aleatorització simple: els codis identificatius dels participants del subgrup s'introduïran a la plataforma RANDOM.org (List Randomizer), obtenint una llista ordenada aleatòriament. Seguint aquest ordre, s'anirà assignant als participants a cadascuna de les franges horàries, en grups de 8 o 7 persones per sessió, respectant la capacitat màxima de cada franja.

Aquesta estructura horària permet reduir els costos associats a l'ús de dispositius electrònics i sensors Humon Hex®, evitant duplicacions innecessàries i optimitzant els recursos. Gràcies a aquesta organització, és possible dur a terme les sessions utilitzant únicament 8 conjunts d'equipament, garantint que els subgrups tinguin les mateixes condicions durant el transcurs d'una mateixa setmana.

La distribució final dels subgrups és la següent:

- Subgrup A: GI amb NAF baix, que rep l'aplicació de la màniga de compressió i el protocol d'exercicis. Assignat al dilluns, amb distribució horària aleatòria encara per determinar.
- Subgrup B: GI amb NAF moderat o alt, que rep l'aplicació de la màniga i el protocol d'exercicis. Assignat al dimarts, amb distribució horària aleatòria encara per determinar.
- Subgrup C: GC amb NAF moderat o alt, que únicament rep el protocol d'exercicis. Assignat al dimecres, amb distribució horària aleatòria encara per determinar.
- Subgrup D: GC amb NAF baix, que únicament rep el protocol d'exercicis. Assignat al dijous, amb distribució horària aleatòria encara per determinar.

Com que l'estudi està previst que tingui una durada de vuit setmanes consecutives, cada subgrup haurà d'acudir a l'IRE-UAB un total de vuit vegades. Es coordinarà un horari perquè els participants assisteixin el dia assignat, tenint en compte la disponibilitat de l'IRE-UAB. Les sessions es programaran a mig matí perquè els participants arribin almenys una hora després d'haver menjat.

→ Explicació de com serà la sessió de benvinguda i de com seran les sessions setmanals

- Sessió de benvinguda:

Es convocarà a tots els participants un mateix dia per explicar, de manera uniforme, en què consistirà l'estudi i com s'ha de realitzar correctament el protocol d'exercicis. Aquesta sessió es durà a terme a una sala on es realitzaran les sessions d'entrenament, que es mantindrà a una temperatura controlada d'entre 20 i 22 graus Celsius. Els participants trobaran tot el material necessari per a l'estudi, com monitors, ordinadors i cadires ergonòmiques convencionals. Tanmateix, es permetrà als participants portar el seu propi ratolí, teclat i estoreta per garantir el seu màxim rendiment, ja que estan acostumats a fer servir els seus dispositius.

- Sessions setmanals:

En el cas dels jugadors universitaris que formin part del GI, primer de tot se'ls aplicarà la màniga de compressió per part d'un professional de la salut quan arribin a la sala i després començaran amb l'escalfament. En el cas del GC, directament començaran amb els exercicis d'escalfament.

Les mesures prèvies abans d'iniciar el joc es realitzaran després d'un descans absolut de 10 minuts. Tot seguit, cada jugador jugarà una ronda de 8 minuts en Aimlabs, amb 1 minut de descans entre les sèries d'entrenament, i aquest procés es repetirà 2 vegades més per tal d'assolir un total de 24 minuts d'entrenament. En finalitzar aquests, es registraran la PPM i el grau de precisió proporcionats per la plataforma Aimlabs. Una vegada finalitzat l'entrenament, es realitzarà un descans de 15 minuts. Durant el procés, es monitorarà contínuament la SmO₂ muscular i en acabar aquests 51 minuts, es realitzaran els exercicis de refredament i es retirarà la màniga de compressió fins a la pròxima sessió.

A l'etapa final de la sessió, es destinaran 5 minuts per recollir informació sobre la possible aparició de dolor i/o molèsties i les seves característiques que s'hauran pres cada 4 minuts al llarg de la sessió.

En el cas dels participants del GI, es necessitaran 5 minuts més perquè els participants puguin donar la seva opinió sobre la seva percepció de l'ús de les mànigues de compressió.

2.1.4. Variables de resultat

A continuació es determina què es mesurarà per tal d'avaluar els efectes de la intervenció i com es farà cadascuna de les mesures [*Annex 6.2.*].

- Fatiga i recuperació muscular: càlcul de la SmO₂ a través del sensor Humon Hex® que utilitza NIRS per analitzar els teixits del cos humà.
- NAF: a través de la puntuació validada del Qüestionari Internacional d'Activitat Física (IPAQ).
- Dolor i/o molèsties: es valorarà l'aparició d'aquests símptomes (sí o no), el tipus (agut, crònic, neuropàtic...), la localització (mapes corporals de dolor), la intensitat (percepció del dolor: VAS de 100 mm), la duració (en minuts) i el moment d'aparició durant la sessió d'entrenament.
- Mesurar el rendiment dins l'àmbit dels e-sports a través de la PPM i el grau de precisió a partir del percentatge d'encert total obtingut en Aimlabs.

2.1.5. Cronologia del participant

Després del procés de reclutament, en el qual se seleccionaran els participants segons els criteris establerts, es durà a terme una trobada de benvinguda per explicar en detall el desenvolupament de l'estudi i resoldre possibles dubtes. A partir d'aquí, s'iniciaran les sessions d'intervenció, que tindran una durada total de dos mesos.

Cada participant assistirà a les sessions programades segons el dia assignat al seu subgrup, realitzant un total de vuit sessions (una per setmana) a les instal·lacions de l'IRE-UAB. Durant aquestes sessions, es recolliran les dades de les variables de resultat establertes per a l'estudi. La cronologia detallada de la participació dels voluntaris es presenta a l'*Annex 6.3.*

2.1.6. Grandària mostral

Justificació de la variable principal pel càlcul de la mostra:

- La SmO₂ ha estat escollida com a variable principal d'aquest estudi per la seva rellevància en l'anàlisi de la fatiga i la recuperació muscular en jugadors d'e-sports, que és el que es vol estudiar en

aquest cas. Per tal de fonamentar la selecció d'aquesta variable, s'ha buscat un estudi el més similar possible al present treball, en el qual la SmO₂ també s'ha utilitzat com a variable principal.

Càlcul de la mostra:

- Basant-se en les dades de l'estudi de DiFrancisco-Donoghue et al. (37), ambdues desviacions estàndard dins l'estudi tenint en compte 15 minuts de repòs posteriors als 24 d'entrenament, estan en un rang similar, per la qual considerem que és millor fer servir la mitjana de les dues desviacions estàndard per assegurar que cobrim un rang de variabilitat més ampli i així es puguin detectar diferències entre els grups. Per tant, en aquest cas, la desviació estàndard serà de 14.5, ja que en el grup amb compressió és de 14 i en el grup sense compressió és de 15: $(14+15) / 2 = 14.5$.
- Per altra banda, com a diferència mínima a detectar en base s'emprarà la diferència entre les mitjanes dels dos grups, és a dir, la resta de les mitjanes dels dos grups de recuperació ($69.6 - 61.5 = 8.1$).
- Una vegada obtinguts tots els valors, s'ha emprat la calculadora de mida mostral GRANMO per saber la quantitat de participants necessaris per al nostre estudi.

Acceptant un risc alfa de 0,05 i un poder estadístic superior a 0,8 en un contrast bilateral calen 63 subjectes en el grup 1 i 63 en el grup 2 per detectar una diferència igual o superior a 8,1 unitats. S'assumeix que la desviació estàndard comú és de 14,5. S'ha estimat una taxa de pèrdues de seguiment del 20%.

2.1.7. Reclutament

Per tal de reclutar els participants necessaris per a l'estudi, es duran a terme reunions informatives a diferents universitats de Barcelona. Aquestes sessions es realitzaran a les aules universitàries amb la col·laboració dels professors o responsables d'assignatures relacionades amb els interessos dels possibles voluntaris. Durant aquestes reunions, s'explicarà en detall l'objectiu de l'estudi, la seva importància i el procediment que se seguirà. Es farà especial èmfasi en el paper dels participants, la seva implicació en les sessions d'entrenament i la metodologia d'avaluació. A més, es resoldran tots

els dubtes que puguin sorgir per garantir que els possibles voluntaris comprenguin perfectament el compromís que suposa la seva participació.

Per facilitar la selecció de participants, es proporcionarà un enllaç a un formulari de Google Forms que inclourà preguntes basades en el qüestionari IPAQ per avaluar el NAF dels interessats. Aquest qüestionari permetrà classificar els possibles participants i determinar si compleixen els requisits establerts per ser inclosos en l'estudi. En funció dels resultats del qüestionari, se seleccionarà un total de 126 participants, distribuïts en dos grups segons el seu NAF: 63 amb un nivell baix i 63 amb un nivell moderat o alt.

Les respostes recollides arribaran directament al correu de contacte de l'estudi, on es revisaran per realitzar la selecció final dels participants. Aquells que compleixin els requisits i estiguin interessats a formar part de l'estudi hauran de respondre el formulari indicant el seu nom i un correu de contacte personal. Un cop revisades les sol·licituds, es contactarà amb els seleccionats per confirmar la seva participació i proporcionar-los tota la informació necessària sobre els següents passos de l'estudi. Aquest procés de reclutament permetrà identificar de manera eficient els participants necessaris, assegurant que compleixen els criteris establerts i que estan plenament informats abans d'incorporar-se a l'estudi.

2.2. Assignació de les intervencions

2.2.1. Assignació

Un cop s'hagin aplicat els criteris d'elegibilitat, un dels quals és que els participants presentin valors dins l'IPAQ que indiquin un NAF baix o moderat/alt, es garantirà una distribució equitativa d'aquests nivells entre el GC i el GI. Aquesta estratègia busca assegurar que els possibles efectes observats siguin atribuïbles específicament a la intervenció, i no a diferències en la distribució inicial dels participants.

- Classificació segons el NAF: El NAF baix es definirà com un consum inferior a 600 MET-min/setmana, i el NAF moderat/alt com un consum superior a 600 MET-min/setmana.

L'equivalent metabòlic de tasca (MET) equival al consum energètic en repòs, aproximadament 3,5 ml d'oxigen per quilogram de pes corporal per minut ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).

- Càlcul de l'activitat física setmanal: es calcula utilitzant la fórmula de MET-min/setmana, que es determina multiplicant els minuts dedicats a cada tipus d'activitat per la puntuació MET específica de l'activitat (Caminar: ~ 3.3 METs./ Activitat moderada: ~ 4.0 METs / Activitat vigorosa: ~ 8.0 METs) i la freqüència en dies d'aquesta activitat a la setmana (43). La fórmula seria aquesta: METs de l'activitat x Duració (minuts) x Freqüència (dies/setmana).

D'aquesta manera, en reclutar als 126 participants, la meitat d'ells presentarà un NAF baix i l'altra meitat presentarà un NAF moderat/alt. El procediment d'assignació serà el següent:

Els participants es dividiran inicialment en dos grups segons el seu NAF (baix o moderat/alt). Posteriorment, per garantir una distribució equilibrada entre el GC i el GI, es crearà una llista amb els codis identificatius dels 63 participants amb NAF baix i una altra amb els codis dels 63 participants amb NAF moderat/alt. Cada llista s'introduirà per separat a la plataforma RANDOM.org (List Randomizer), obtenint-ne un ordre aleatori.

Un cop obtingut aquest ordre aleatori, abans de procedir a l'assignació, es realitzarà un sorteig manual per determinar quin grup (GC o GI) tindrà 32 participants i quin en tindrà 31. Per fer-ho, s'escriurà "GC" en un paper i "GI" en un altre, que es col·locaran dins un recipient opac. El paper extret a l'atzar determinarà quin grup rebrà 32 participants i l'altre grup en tindrà 31.

Seguint aquest sorteig inicial, els primers 31 o 32 codis de cada llista s'assignaran al GC o GI segons correspongui, i la resta s'assignaran a l'altre grup. Aquest procediment assegurarà una distribució equitativa del NAF entre els dos grups, mantenint la comparabilitat de les condicions basals dels participants.

2.2.2. Cegament

→ Cegament dels jugadors universitaris (participants):

En aquest cas, seria complicat implementar un cegament complet dels participants, ja que les mànigues de compressió són visibles i els participants poden saber si les estan fent servir o no. A més, dins del consentiment informat s'expressen detalls específics sobre el tipus d'intervenció i els participants són conscients de la intervenció que estan rebent. Per tant, no és viable un cegament complet dels participants a causa de la naturalesa de la intervenció.

→ Cegament del professional que aplica la intervenció

El professional de la salut encarregat de col·locar la màniga també sap a quin grup pertany el participant, ja que està involucrat directament en l'aplicació del protocol d'intervenció. Per tant, aquest cegament tampoc és possible.

→ Cegament de l'avaluador/examinador:

L'avaluador que mesura la SmO₂ amb la NIRS no sabrà quin grup (compressió o control) s'avalua a cada moment. És viable implementar el cegament de l'avaluador en aquest estudi, ja que els mesuraments de la SmO₂ es poden fer sense que l'investigador sàpiga si el participant està fent servir mànigues de compressió o no.

→ Cegament de l'estadista:

El cegament de l'estadista implica que les anàlisis de les dades es facin sense que l'analista conegui a quin grup pertany cada participant. Aquest tipus de cegament també és viable, ja que l'estadista no necessita saber quin grup té cada participant per fer les anàlisis estadístiques. Això ajuda a garantir que no hi hagi biaixos en l'anàlisi de les dades i les decisions sobre si les diferències observades són significatives o no.

Atès que l'avaluador i l'estadista són els únics que poden estar encegats, l'assaig seria considerat com a simple cec.

2.3. Recollida, gestió i anàlisi de dades

2.3.1. Mètodes de recollida de dades

Els valors obtinguts durant les valoracions seran recollits per un avaluador extern que no tindrà coneixement de l'assignació dels participants en els diferents grups (GI o GC), garantint així l'objectivitat i la imparcialitat de les valoracions. Per assegurar aquesta separació, cada participant serà assignat amb un codi únic, el qual permetrà mantenir la confidencialitat de la seva identitat.

Els valors obtinguts durant les valoracions seran registrats de manera precisa en un document de recollida de dades que es mantindrà de forma segura i confidencial, permetent la posterior anàlisi i comparació de les dades entre els diferents grups [*Annex 6.4.*].

2.3.2. Gestió de dades

El document de recollida de dades, juntament amb les dades personals de cada pacient i la seva assignació de grups, serà emmagatzemat de manera segura. Cada pacient tindrà una carpeta opaca identificada amb el seu codi assignat, garantint així la confidencialitat i l'anonimat de la informació.

Aquest sistema d'emmagatzematge assegura que la informació de cada participant es mantingui organitzada i protegida, evitant qualsevol accés no autoritzat o compromís de les dades personals. Només l'equip investigador tindrà accés a aquestes carpetes, complint amb els requisits de protecció de dades vigents.

2.3.3. Mètodes estadístics

→ Anàlisi de l'objectiu principal

S'analitzarà la SmO₂ en els dos grups principals de l'estudi: el grup intervenció (GI), que rep l'aplicació de la màniga de compressió, i el grup control (GC), que no la porta.

- Variable independent: qualitativa dicotòmica (grup assignat: GI o GC).
- Variable dependent: quantitativa contínua (SmO₂).

Per determinar la distribució de la variable dependent (SmO_2), s'aplicarà la prova de normalitat de Shapiro-Wilk ($n < 50$) en cadascun dels grups. La interpretació del valor p serà la següent:

- Si $p \geq 0.05$, es considerarà que les dades segueixen una distribució normal i s'utilitzarà la prova *t Student* per comparar les mitjanes entre els dos grups.
- Si $p < 0.05$, es considerarà que les dades no segueixen una distribució normal i s'emprarà la prova no paramètrica de Wilcoxon per a mostres independents.

→ Anàlisi de l'objectiu secundari: Rendiment (PPM i grau de precisió)

Per analitzar el rendiment mitjançant la PPM i el grau de precisió (%) al final de les sessions en els dos grups principals de l'estudi, s'aplicarà el mateix procediment estadístic que en l'objectiu principal:

- Prova de Shapiro-Wilk per comprovar la normalitat de les dades en cada grup.
- Segons el resultat, es farà servir la *t Student* (si normal) o la prova de Wilcoxon (si no normal).

→ Anàlisi de l'objectiu secundari: Aparició de dolor i/o molèsties

Es vol avaluar la presència de dolor i/o molèsties a la zona de l'avantbraç, canell, mà i dits.

- Variable independent: qualitativa dicotòmica (grup assignat: GI o GC).
- Variable dependent: qualitativa dicotòmica ("sí" o "no").

Atès que es tracta de dues variables categòriques, s'utilitzarà la prova de Chi-quadrat per comparar la freqüència d'aparició del dolor entre els grups. Si alguna cel·la presenta una freqüència esperada < 5 , es farà servir la prova exacta de Fisher.

→ Anàlisi de l'objectiu secundari: Relació entre fatiga i dolor

Es busca determinar la possible relació entre el grau de fatiga durant la sessió i la intensitat del dolor i/o molèsties, avaluada en una escala VAS de 100 mm. Per aquest mateix motiu, s'emprarà la prova de correlació de Spearman.

→ Mètodes estadístics per a l'anàlisi dels subgrups

S'analitzarà la SmO₂ en els quatre subgrups de l'estudi.

Variable independent: qualitativa nominal (pertinença a un dels quatre subgrups amb diferents NAF).

Variable dependent: quantitativa contínua (valors de SmO₂).

En tenir 4 subgrups, avaluarem la distribució de la variable dependent (SmO₂) dins de cada grup per separat. Després aplicarem la prova de normalitat de Shapiro-Wilk ($n < 50$) per als valors de SmO₂ a cadascun dels grups i s'haurà d'interpretar el valor p:

- Si $p \geq 0.05$, es considerarà que les dades segueixen una distribució normal i s'utilitzarà la prova paramètrica per a més de dos grups ANOVA per analitzar possibles diferències entre grups. En cas de resultats significatius, s'aplicaran proves *post hoc* per identificar entre quins subgrups es troben aquestes diferències.
- Si $p < 0.05$, es considerarà que les dades no segueixen una distribució normal i, per tant, s'utilitzarà la prova no paramètrica de Kruskal-Wallis per a la comparació entre els subgrups.

→ En aquest estudi, es considerarà estadísticament significatiu un p-valor menor a 0.05 ($p < 0.05$), la qual cosa indica que la probabilitat que els resultats obtinguts siguin deguts a l'atzar, sota la hipòtesi nul·la, és inferior al 5%.

2.4. Aspectes ètics i disseminació

2.4.1. Consentiment i carta de reclutament

Aquest estudi es durà a terme seguint els principis ètics fonamentals establerts en la Declaració de Hèlsinki, que protegeixen i respecten la dignitat i els drets de les persones participants en la recerca. Per garantir la seva realització en un marc de respecte i responsabilitat, l'estudi haurà de rebre l'aprovació dels comitès ètics corresponents: comitè ètic de l'IRE-UAB on es realitzarà l'estudi i del Comitè d'Ètica d'Investigació Clínica (CEIC). Es declara que tots els participants han rebut informació suficient sobre l'estudi, incloent-hi els objectius, procediments, possibles riscos i beneficis de la seva participació. A més, han donat el seu consentiment informat per escrit, garantint la seva voluntarietat i comprensió de la seva implicació en el projecte de recerca. Abans de la seva participació, els participants també han rebut una carta de reclutament detallada per informar-los de les condicions de l'estudi [*Annex 6.5.*].

2.4.2. Confidencialitat

Es declararà que tota la informació recollida durant l'assaig clínic serà tractada de forma confidencial i en conformitat amb la Llei Orgànica 3/2018, del 5 de desembre, de Protecció de Dades Personals i Garantia dels Drets Digitals (LOPD-GDD). D'aquesta manera, es garantirà que les dades personals dels participants siguin protegides en tot moment, assegurant la privacitat i la seguretat de la informació recollida durant l'estudi.

Les dades dels participants seran emmagatzemades de manera segura i només seran utilitzades per als fins específics de l'estudi. A més, es garantirà que cap dada identificativa sigui divulgada sense el consentiment previ i explícit dels participants. Totes les dades seran anonimitzades per evitar la identificació directa dels participants, preservant així la seva privacitat i els seus drets digitals.

2.4.3. Declaració d'interessos

Els autors de l'estudi declaren que no tenen interessos de caràcter econòmic, social ni de cap altra índole que puguin influir en els resultats, disseny o desenvolupament de l'estudi. Aquesta declaració

garanteix que l'estudi es realitza de manera independent i objectiva, evitant qualsevol conflicte d'interessos que pugui comprometre la fiabilitat i validesa dels resultats obtinguts.

2.4.4. Accés a les dades

L'accés a les dades recollides durant l'estudi serà exclusiu per a l'equip investigador autoritzat, i per garantir-ne la confidencialitat, així com protegir la privacitat dels participants, s'adoptaran diverses mesures de seguretat. Les carpetes amb la informació dels participants i de la intervenció seran emmagatzemades en una caixa forta de seguretat a la qual només tindrà accés l'equip investigador autoritzat. A més, les dades seran anonimitzades mitjançant un sistema de codificació en què cada participant tindrà assignat un codi, i el seu nom real només serà conegut pels investigadors. L'estadista que analitzi les dades rebrà únicament els codis assignats, sense tenir accés a la identitat dels participants. Per a la gestió digital i el seguiment de l'estudi, s'utilitzarà la plataforma Clinapsis, una eina desenvolupada específicament per a la gestió segura i estructurada d'estudis clínics i epidemiològics. Aquesta plataforma incorpora sistemes de control d'accessos, monitoratge dels processos i garanteix el compliment íntegre de protecció de dades personals. Aquestes mesures s'aplicaran en compliment de les normatives vigents de protecció de dades, garantint la seguretat i la privacitat de la informació recollida durant l'estudi.

2.4.5. Atenció addicional i posterior a l'estudi

Per garantir una comunicació fluida i oferir suport addicional, es facilitarà als participants un telèfon de contacte i una adreça de correu electrònic. Aquests canals estaran disponibles per atendre qualsevol dubte, consulta o necessitat que pugui sorgir durant o després de la participació en l'estudi.

Aquesta mesura assegura que els participants se sentin acompanyats i recolzats en tot moment, fomentant una experiència positiva i un compromís amb el desenvolupament de la investigació.

2.4.6. Política de disseminació

Un cop completat l'estudi i analitzats els resultats obtinguts, es procedirà a la redacció d'un article científic en castellà i anglès amb l'objectiu de publicar-lo en revistes científiques rellevants.

A més, es garantirà que els participants i col·laboradors de l'estudi siguin informats dels resultats obtinguts de manera clara i accessible. Pel que fa a l'atribució d'autoria, es prioritzarà l'equip investigador, seguit del professional de la salut, l'avaluador i l'estadista que participin en l'estudi.

També es valorarà la presentació dels resultats en conferències i congressos científics per compartir les conclusions i promoure la difusió dels resultats de l'estudi, assegurant així una àmplia disseminació dels resultats, contribuint al desenvolupament del coneixement científic d'aquest àmbit.

3. LIMITACIONS I CONTROLS DE POSSIBLES BIAIXOS

Una de les principals limitacions d'aquest estudi és que es tracta d'una recerca unicèntrica, realitzada en una única institució acadèmica. Això pot limitar la generalització dels resultats, ja que les condicions dels participants poden no ser representatives d'altres jugadors d'e-sports amb diferents característiques. Per mitigar-ho, en futurs estudis es podria ampliar la mostra inclouent-hi participants de diverses institucions acadèmiques i clubs d'e-sports. A més, una comparació entre universitats amb altres nivells de joc permetria determinar si els efectes són consistents en més poblacions.

Un altre factor a considerar és que l'estudi inclou exclusivament jugadors dretans. Aquesta decisió s'ha pres per garantir l'homogeneïtat en l'ús dels dispositius i la postura durant l'entrenament, però podria limitar l'aplicabilitat dels resultats als jugadors esquerrans. La disposició estàndard del teclat, el ratolí i la pantalla podria generar diferències en la càrrega muscular i els patrons motors. Una solució per abordar aquesta limitació en futurs estudis seria incloure també jugadors esquerrans i adaptar l'equipament perquè tots els participants utilitzin una configuració òptima. A més, es podria realitzar una anàlisi diferenciada entre dretans i esquerrans per valorar si hi ha diferències significatives en la resposta a la intervenció.

Un aspecte que podria influir en els resultats és l'efecte placebo derivat de l'ús de la màniga de compressió. Els participants que la porten podrien experimentar una millora en la seva percepció de fatiga i rendiment a causa de factors psicològics més que per un efecte fisiològic real. Per controlar aquest possible biaix, es podria introduir un grup placebo en futurs estudis, amb mànigues que no

exerceixin una compressió efectiva. D'aquesta manera, els participants no podrien distingir si reben la intervenció o no, permetent així aïllar l'efecte fisiològic de possibles expectatives psicològiques.

La durada de l'estudi, fixada en vuit setmanes, també podria ser una limitació. Tot i que aquest període és suficient per avaluar els efectes a curt termini, pot ser insuficient per determinar els efectes prolongats de la intervenció sobre la fatiga i la recuperació muscular. Per abordar aquesta qüestió, en futurs estudis es podria ampliar el seguiment dels participants més enllà de les vuit setmanes, realitzant avaluacions posteriors per veure si els efectes beneficiosos es mantenen en el temps. Això també permetria analitzar si existeix una adaptació als exercicis i a l'ús de la màniga de compressió.

Pel que fa al procés de selecció dels participants, el fet que s'hagin reclutat de manera voluntària mitjançant convocatòries en universitats pot generar un biaix d'autoselecció. És possible que els participants que decideixen formar part de l'estudi siguin més motivats o tinguin una millor condició física que la mitjana dels jugadors d'e-sports, fet que podria influir en els resultats. Per reduir aquest biaix, es podria implementar un reclutament més diversificat, buscant participants en diferents entorns de competició i aplicant una selecció més aleatòria. Així mateix, seria útil incloure informació sobre el perfil dels jugadors que no han volgut participar per identificar possibles diferències entre ells i els que sí que han acceptat formar part de l'estudi.

Un altre aspecte a tenir en compte és el cegament parcial. Els participants i el professional que aplica la intervenció coneixen el grup al qual pertanyen, la qual cosa pot generar expectatives i influir en els resultats. Tot i que l'avaluador i l'estadista estan cegats, seria recomanable intentar implementar un disseny doble cec en futurs estudis. Això es podria aconseguir fent que la col·locació de la màniga la realitzés un professional diferent del que realitza les avaluacions o utilitzant mànigues de compressió simulades per als participants del grup control.

Pel que fa a la variabilitat en el NAF, tot i que els participants s'han classificat segons aquest criteri, poden existir diferències individuals que afectin la resposta a la intervenció. Alguns jugadors poden tenir una millor condició física prèvia que influeixi en la seva capacitat de recuperació. Per mitigar

aquest efecte, en l'anàlisi estadística es podrien fer ajustos per controlar la variabilitat en el NAF i estratificar millor els participants segons el seu historial d'entrenament físic.

Finalment, tot i que la temperatura de la sala s'ha controlat per evitar que influeixi en els resultats, altres factors externs podrien afectar el rendiment i la fatiga muscular dels participants. Aspectes com la qualitat del son, l'estrès o la fatiga acumulada podrien influir en la resposta a la intervenció. Una possible solució per minimitzar aquest efecte seria recollir informació addicional sobre aquests factors mitjançant qüestionaris o registres diaris dels participants. Això permetria ajustar els resultats en funció de les condicions personals de cada jugador i garantir una millor interpretació de les dades.

Amb aquestes estratègies es podria millorar la validesa interna i externa de l'estudi, reduint possibles biaixos i augmentant la fiabilitat dels resultats obtinguts.

4. UTILITAT I APLICABILITAT CLÍNICA DE LA INVESTIGACIÓ

L'augment de la popularitat dels e-sports ha portat a un creixement exponencial del nombre de jugadors que passen llargues hores davant d'un ordinador, realitzant moviments repetitius i mantenint postures sostingudes que poden derivar en problemes musculoesquelètics. Tot i que en els esports tradicionals hi ha una àmplia evidència científica sobre estratègies de prevenció de lesions i millora del rendiment, en el camp dels e-sports la investigació encara és limitada. Aquesta recerca contribueix a omplir aquest buit de coneixement, avaluant l'efectivitat de les mànigues de compressió a l'avantbraç combinades amb un protocol d'exercicis sobre la fatiga i la recuperació del múscul extensor comú dels dits en jugadors universitaris d'e-sports.

Un dels principals beneficis clínics d'aquesta investigació és la seva aplicabilitat en la prevenció i gestió de la fatiga muscular en jugadors d'e-sports. Els resultats poden servir com a base per recomanar l'ús de mànigues de compressió en aquells esportistes que requereixen una millor oxigenació muscular per retardar l'aparició de fatiga i millorar la seva recuperació després de les sessions d'entrenament o competició. A més, el protocol d'exercicis dissenyat per a aquest estudi pot ser incorporat en programes de prevenció de lesions per fisioterapeutes i professionals de la salut que

treballen amb jugadors d'e-sports, ajudant a reduir el risc de trastorns musculoesquelètics associats a la pràctica prolongada d'aquests esports.

Des del punt de vista de la fisioteràpia, aquesta investigació pot oferir evidència per justificar la inclusió de programes d'entrenament preventiu dins del tractament dels jugadors d'e-sports. La combinació d'exercicis d'escalfament i refredament amb l'ús de mànigues de compressió pot esdevenir una eina útil per optimitzar el rendiment i la recuperació muscular. Així mateix, l'ús de la tecnologia NIRS per mesurar la SmO₂ aporta un nou mètode objectiu per avaluar la resposta del múscul a diferents estímuls, facilitant un seguiment precís de l'estat muscular dels jugadors.

L'adhesió a la guia CONSORT, reconeguda internacionalment per establir els estàndards de qualitat en la presentació dels assaigs clínics, reforça la transparència, la qualitat i la reproductibilitat d'aquest projecte. Aquesta alineació metodològica assegura que el desenvolupament posterior de l'estudi es pugui dur a terme seguint els criteris més exigents de rigor científic i ètic. A més, facilita la seva futura difusió i la comparabilitat amb altres investigacions dins l'àmbit de la recerca clínica, augmentant així el seu valor potencial tant en l'àmbit científic com en la seva possible aplicació pràctica.

A nivell clínic, els resultats d'aquesta investigació també podrien tenir aplicacions en altres col·lectius que requereixen un ús intensiu de la musculatura de l'avantbraç, com ara professionals que treballen moltes hores amb ordinador, músics o persones amb condicions que predisposen a lesions per esforços repetitius. Els coneixements adquirits podrien adaptar-se per dissenyar estratègies de prevenció i tractament per a aquests grups, ampliant l'impacte de l'estudi més enllà dels e-sports.

En conclusió, aquesta investigació té una gran rellevància en el camp de la fisioteràpia esportiva aplicada als e-sports, ja que proporciona dades que poden ajudar a millorar la salut musculoesquelètica dels jugadors, reduir el risc de lesions i optimitzar la seva recuperació. La seva aplicabilitat clínica no només beneficia els esportistes electrònics, sinó que també pot tenir implicacions en altres àmbits professionals amb altes demandes biomecàniques, establint les bases per a futures recerques i intervencions terapèutiques.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Formosa J, O'donnell N, Horton EM, Türkay S, Mandryk RL, Hawks M, et al. Definitions of Esports: A Systematic Review and Thematic Analysis. *Proc ACM Hum Comput Interact* [Internet]. 29 octubre 2022 [citat 21 novembre 2024];6. Disponible a: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3549490>
2. Ceballos-Medina O. The practice of eSports in university students. *Sponsorships and Streaming. Cuadernos de Psicología del Deporte* [Internet]. 29 abril 2024 [citat 21 novembre 2024];24(2):231-41. Disponible a: <https://revistas.um.es/cpd/article/view/588271>
3. Pereira AM, Brito J, Figueiredo P, Verhagen E. Virtual sports deserve real sports medical attention. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 1 desembre 2019;5(1).
4. Bonnar D, Castine B, Kakoschke N, Sharp G. Sleep and performance in Eathletes: for the win! *Sleep Health* [Internet]. 1 desembre 2019 [citat 23 novembre 2024];5(6):647-50. Disponible a: <http://www.sleephealthjournal.org/article/S2352721819301196/fulltext>
5. eSports market - statistics & facts | Statista [Internet]. [citat 21 novembre 2024]. Disponible a: <https://www.statista.com/topics/3121/esports-market/#topicOverview>
6. Taylor TL. Raising the Stakes: E-Sports and the Professionalization of Computer Gaming. 23 març 2012 [citat 23 novembre 2024]; Disponible a: <https://direct.mit.edu/books/book/4420/Raising-the-StakesE-Sports-and-the>
7. Block S, Haack F. eSports: a new industry. *SHS Web of Conferences* [Internet]. 2021 [citat 28 novembre 2024];92:04002. Disponible a: https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/abs/2021/03/shsconf_glob20_04002/shsconf_glob20_04002.html
8. What is eSports and why do people watch it? *Internet Research*. 2017;27(2):211-32.
9. Rossoni A, Vecchiato M, Brugin E, Tranchita E, Adami PE, Bartesaghi M, et al. The eSports Medicine: Pre-Participation Screening and Injuries Management—An Update. *Sports* [Internet]. 1 febrer 2023 [citat 23 novembre 2024];11(2):34. Disponible a: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9966106/>
10. Palma-Ruiz JM, Torres-Toukoumidis A, González-Moreno SE, Valles-Baca HG. An overview of the gaming industry across nations: using analytics with power BI to forecast and identify key influencers. *Heliyon* [Internet]. 1 febrer 2022 [citat 21 novembre 2024];8(2):e08959. Disponible a: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8858995/>
11. Jeong DW, Youk S. Refining esports: A quantitative cartography of esports literature. *Entertain Comput*. 1 agost 2023;47:100597.
12. Chiu W, Fan TCM, Nam SB, Sun PH. Knowledge Mapping and Sustainable Development of eSports Research: A Bibliometric and Visualized Analysis. *Sustainability* 2021, Vol 13, Page 10354 [Internet]. 16 setembre 2021 [citat 28 novembre 2024];13(18):10354. Disponible a: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/18/10354/htm>

13. Migliore L, McGee C, Moore MN. Handbook of esports medicine: Clinical aspects of competitive video gaming. *Handbook of Esports Medicine: Clinical Aspects of Competitive Video Gaming*. 24 maig 2021;1-252.
14. Jenny SE, Manning RD, Keiper MC, Olrich TW. Virtual(ly) Athletes: Where eSports Fit Within the Definition of “Sport”. *Quest* [Internet]. 2 gener 2017 [citat 21 novembre 2024];69(1):1-18. Disponible a: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00336297.2016.1144517>
15. Adamus T. Playing Computer Games as Electronic Sport: In Search of a Theoretical Framework for a New Research Field. *Computer Games and New Media Cultures: A Handbook of Digital Games Studies* [Internet]. 1 gener 2012 [citat 23 novembre 2024];477-90. Disponible a: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-2777-9_30
16. Sirico F, Romano V, Sacco AM, Belviso I, Didonna V, Nurzynska D, et al. Effect of Video Observation and Motor Imagery on Simple Reaction Time in Cadet Pilots. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology* 2020, Vol 5, Page 89 [Internet]. 5 desembre 2020 [citat 23 novembre 2024];5(4):89. Disponible a: <https://www.mdpi.com/2411-5142/5/4/89/htm>
17. Nagorsky E, Wiemeyer J. The structure of performance and training in esports. *PLoS One* [Internet]. 1 agost 2020 [citat 23 novembre 2024];15(8):e0237584. Disponible a: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0237584>
18. Schubert M, Drachen A, Mahlmann T. Esports Analytics Through Encounter Detection. 2016;
19. Louw S, Makwela S, Manas L, Meyer L, Terblanche D, Brink Y. Effectiveness of exercise in office workers with neck pain: A systematic review and meta-analysis. *South African Journal of Physiotherapy* [Internet]. 28 novembre 2017 [citat 21 novembre 2024];73(1):11. Disponible a: <https://sajp.co.za/index.php/sajp/article/view/392/542>
20. Giakoni-Ramírez F, Duclos-Bastías D, Yáñez-Sepúlveda R, Giakoni-Ramírez F, Duclos-Bastías D, Yáñez-Sepúlveda R. Professional Esports Players are not Obese: Analysis of Body Composition Based on Years of Experience. *International Journal of Morphology* [Internet]. 1 agost 2021 [citat 23 novembre 2024];39(4):1081-7. Disponible a: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022021000401081&lng=en&nrm=iso&tlng=en
21. Urbiztondo AMB, Josue NL, U. Salazar ED, Cruz CLN, J. Gumasing MaJ. Effects of Computer Workstation Design on the Body Discomfort of Online Gamers. 26 juliol 2022 [citat 23 novembre 2024];12(3):2710-8. Disponible a: <https://index.ieomsociety.org/index.cfm/article/view/ID/10936>
22. Diffrancisco-Donoghue J, Balentine J, Schmidt G, Zwibel H. Managing the health of the eSport athlete: an integrated health management model. *BMJ Open Sport — Exercise Medicine* [Internet]. 1 gener 2019 [citat 21 novembre 2024];5(1):e000467. Disponible a: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6350739/>
23. Law A, Ho G, Moore M. Care of the Esports Athlete. *Curr Sports Med Rep* [Internet]. 1 juny 2023 [citat 23 novembre 2024];22(6):224-9. Disponible a: https://journals.lww.com/acsm-csmr/fulltext/2023/06000/care_of_the_esports_athlete.9.aspx

24. Trotter MG, Coulter TJ, Davis PA, Poulus DR, Polman R. The Association between Esports Participation, Health and Physical Activity Behaviour. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2020, Vol 17, Page 7329 [Internet]. 8 octobre 2020 [citat 21 novembre 2024];17(19):7329. Disponible a: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/19/7329/htm>
25. Palanichamy T, Sharma MK, Sahu M, Kanchana DM. Influence of Esports on stress: A systematic review. *Ind Psychiatry J* [Internet]. 2021 [citat 23 novembre 2024];29(2):191. Disponible a: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8188925/>
26. Geoghegan L, Wormald JCR. Sport-related hand injury: a new perspective of e-sports. <https://doi.org/10.1177/1753193418799607> [Internet]. 20 septembre 2018 [citat 23 novembre 2024];44(2):219-20. Disponible a: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1753193418799607>
27. Wang D, Tang L, Wu H, Gu D. Analysis of the effect of overusing thumbs on smartphone games. *Journal of International Medical Research* [Internet]. 1 desembre 2019 [citat 23 novembre 2024];47(12):6244-53. Disponible a: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0300060519881016>
28. McGee C, Ho K. Tendinopathies in Video Gaming and Esports. *Front Sports Act Living* [Internet]. 28 maig 2021 [citat 24 novembre 2024];3:689371. Disponible a: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8195326/>
29. Rudolf K, Bickmann P, Froböse I, Tholl C, Wechsler K, Grieben C. Demographics and Health Behavior of Video Game and eSports Players in Germany: The eSports Study 2019. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2020, Vol 17, Page 1870 [Internet]. 13 març 2020 [citat 23 novembre 2024];17(6):1870. Disponible a: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/6/1870/htm>
30. Funk DC, Pizzo AD, Baker BJ. eSport management: Embracing eSport education and research opportunities. *Sport Management Review* [Internet]. 1 febrer 2018 [citat 21 novembre 2024];21(1):7-13. Disponible a: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1016/j.smr.2017.07.008>
31. Czako A, Király O, Koncz P, Yu SM, Mangat HS, Glynn JA, et al. Safer esports for players, spectators, and bettors: Issues, challenges, and policy recommendations. *J Behav Addict* [Internet]. 30 març 2023 [citat 21 novembre 2024];12(1):1. Disponible a: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10260215/>
32. Miranda-Fuentes C, Guisado-Requena IM, Delgado-Floody P, Arias-Poblete L, Pérez-Castilla A, Jerez-Mayorga D, et al. Reliability of Low-Cost Near-Infrared Spectroscopy in the Determination of Muscular Oxygen Saturation and Hemoglobin Concentration during Rest, Isometric and Dynamic Strength Activity. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2020, Vol 17, Page 8824 [Internet]. 27 novembre 2020 [citat 24 novembre 2024];17(23):8824. Disponible a: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/23/8824/htm>
33. Coza A, Dunn JF, Anderson B, Nigg BM. Effects of compression on muscle tissue oxygenation at the onset of exercise. *J Strength Cond Res* [Internet]. juny 2012 [citat 6 desembre 2024];26(6):1611-1618. Disponible a: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22511111/>

- 2024];26(6):1631-7. Disponible a: https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2012/06000/effects_of_compression_on_muscle_tissue.24.aspx
34. Kodejška J, Michailov ML, Baláš J. Forearm muscle oxygenation during sustained isometric contractions in rock climbers. *AUC KINANTHROPOLOGICA*. 16 febrer 2016;51(2):48-55.
 35. Dermont T, Morizot L, Bouhaddi M, Ménétrier A. Changes in Tissue Oxygen Saturation in Response to Different Calf Compression Sleeves. *Journal of Sports Medicine* [Internet]. 1 gener 2015 [citat 6 desembre 2024];2015(1):857904. Disponible a: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/2015/857904>
 36. Dunn JOC, Mythen MG, Grocott MP. Physiology of oxygen transport. *BJA Educ* [Internet]. 1 octubre 2016 [citat 6 desembre 2024];16(10):341-8. Disponible a: <http://www.bjaed.org/article/S2058534917300355/fulltext>
 37. DiFrancisco-Donoghue J, Rothstein A, Jung MK, Zwibel H, Werner WG. Upper body compression wear improves muscle oxygenation following intense video game training: a randomized cross-over study among competitive gamers. *BMC Sports Sci Med Rehabil* [Internet]. 1 desembre 2023 [citat 24 novembre 2024];15(1):108. Disponible a: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10496220/>
 38. Bochmann RP, Seibel W, Haase E, Hietschold V, Rödel H, Deussen A. External compression increases forearm perfusion. *J Appl Physiol* [Internet]. desembre 2005 [citat 6 desembre 2024];99(6):2337-44. Disponible a: <https://journals.physiology.org/doi/10.1152/japplphysiol.00965.2004>
 39. Berszakiewicz A, Sieroń A, Krasiński Z, Cholewka A, Stanek A. Compression therapy in venous diseases: physical assumptions and clinical effects. *Advances in Dermatology and Allergology/Postępy Dermatologii i Alergologii*. 2019;37(6):842-7.
 40. MacRae BA, Cotter JD, Laing RM. Compression garments and exercise: Garment considerations, physiology and performance. *Sports Medicine* [Internet]. 7 octubre 2011 [citat 10 gener 2025];41(10):815-43. Disponible a: <https://link.springer.com/article/10.2165/11591420-000000000-00000>
 41. Ušaj A, Jereb B, Robi P, von Duvillard SP. The influence of strength-endurance training on the oxygenation of isometrically contracted forearm muscles. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 24 agost 2007 [citat 10 gener 2025];100(6):685-92. Disponible a: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-007-0461-4>
 42. Mearin F, Guarner F, Verdú E. Ensayos clínicos aleatorizados (CONSORT). *Med Clin (Barc)* [Internet]. 1 desembre 2005 [citat 5 abril 2025];125(SUPPL. 1):21-7. Disponible a: <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-clinica-2-articulo-ensayos-clinicos-aleatorizados-consort--13083727>
 43. Hagströmer M, Oja P, Sjöström M. The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): a study of concurrent and construct validity. *Public Health Nutr* [Internet]. setembre 2006 [citat 6 desembre 2024];9(6):755-62. Disponible a: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16925881/>

6. ANNEXOS

6.1. Protocol d'exercicis

→ **Escalfament** (abans de jugar: durada total aproximada de 5-7 min)

· Activació general de la circulació:

- Rotacions de canells i avantbraços: es col·loquen els braços al costat del cos o lleugerament en flexió i es realitzen cercles amb els canells en sentit horari i antihorari (5–10 repeticions per direcció). A continuació, es realitzen moviments de prono-supinació: amb els colzes doblegats a 90°, es gira l'avantbraç cap amunt (supinació) i cap avall (pronació), mantenint tot el rang de moviment (10–15 repeticions).

- Flexió i extensió dels dits: es mantenen les mans al davant del cos i s'obren i tanquen ràpidament els dits, com si es volgués escampar aigua, durant 20–30 segons. Això activa els músculs intrínsecs de la mà i els flexors/extensors dels dits.

- Rotació d'espatlles: amb els braços relaxats, fer cercles amb les espatlles endavant i enrere, de manera controlada (10 repeticions per direcció), activant la musculatura cervicoescapular.

· Estiraments dinàmics seus:

- Estirament dels extensors de canell i dits: mantenir el braç estès al davant del cos amb el palmell cap avall. Amb l'altra mà, es flexionen els dits cap avall de manera suau fins a sentir una lleu tensió a la part superior de l'avantbraç. Es manté 5 segons i es fa 3–5 vegades per mà.

- Estirament dels flexors de canell i dits: Igual que l'anterior, però amb el palmell cap amunt. L'altra mà estira els dits cap enrere per estirar la part inferior de l'avantbraç. Es manté 5 segons i es repeteix 3–5 vegades.

- Moviments de dits "aranya": amb la mà plana sobre una taula, es realitzen moviments de desplaçament dels dits simulant el moviment d'una aranya que camina. Aquest exercici millora la coordinació i escalfament digital (30 segons per mà).

- Mobilitat cervical: Rotacions del cap: es fan cercles lents i controlats amb el cap, primer cap a la dreta i després cap a l'esquerra (5 repeticions per sentit) // Inclinacions laterals: es deixa caure suaument el cap en direcció a l'espatlla, mantenint 3–5 segons per costat (5 repeticions) // Flexió-extensió: es porta la barbeta cap al pit i posteriorment s'inclina el cap enrere (5 repeticions, mantenint cada posició 3–5 segons).

· Activació escapular i postural:

- Retracció escapular activa: amb els braços al costat del cos, es porten les espatlles enrere i cap avall, com si es volguessin “enganxar les escàpules” a l'esquena. Mantenir 3 segons i relaxar. Fer 10 repeticions.

- Mobilitat toràcica (rotacions dorsals en posició asseguda): Assegut/da amb les mans darrere del cap i esquena recta, girar el tronc cap a un costat mantenint el maluc estable, després cap a l'altre. Fer-ho de forma suau i lenta (5 repeticions per costat).

· Moviments relacionats amb el joc:

- Simulació d'ús del ratolí: es realitzen moviments curts i ràpids de clic amb el dit índex i moviments del canell, simulant accions habituals del joc. Pot utilitzar-se un ratolí real o imaginar-ho. 4–5 repeticions de 20–30 segons amb descans breu entre sèries.

- Simulació de tecleig ràpid: es col·loquen les mans en posició d'escriptura i es fan moviments ràpids de dits, simulant que s'escriu amb velocitat (com en un teclat). Es realitzen 3–5 repeticions de 30–40 segons.

- Moviments d'escombrat lateral: es fan moviments laterals amplis amb el ratolí (real o imaginari), com si es busquessin objectius a la pantalla. Això activa els músculs de l'avantbraç i de l'espatlla. 3–5 repeticions de 20–30 segons amb descans entre sèries.

→ **Refredament** (després de jugar: durada total aproximada de 5-6 min)

· Estiraments estàtics:

- Estirament dels extensors i els flexors de canell i dits: es repeteixen els estiraments descrits a l'escalfament, però mantenint suaument entre 15 i 20 segons. Es fan 2–3 repeticions per mà.
- Estirament de l'avantbraç: posar el braç sobre una superfície i amb l'altra mà s'aplica pressió, facilitant l'estirament muscular dels flexors. Mantenir 10-15 segons 2 vegades per avantbraç.

· Relaxació de mans i dits:

- Sacseig de les mans: amb els braços relaxats, es deixen les mans soltes i es fan sacsejos lleugers i controlats durant 20–30 segons per afavorir el drenatge i la relaxació.
- Automassatge d'avantbraç: s'exerceix pressió sobre la musculatura de l'avantbraç amb l'altra mà, amb moviments circulars o longitudinals. Fer-ho uns 10–15 segons, 3–5 vegades.

· Respiracions amb postura correcta:

- Respiració profunda i conscient: amb l'esquena alineada (assegut o dempeus), es realitza una respiració profunda diafragmàtica. S'inspira pel nas, omplint primer l'abdomen, després la zona costal baixa i finalment la costal alta. L'expiració es fa lentament per la boca. Es fan 3–5 cicles respiratoris complets per afavorir la relaxació general.

· Descompressió de columna i relaxació cervical:

- Descompressió en cadena oberta: assegut/da o dempeus, amb els braços estesos cap endavant, es busca allunyar les escàpules com si s'intentés "empènyer una paret llunyana", creant un efecte d'"autoestirament" de l'esquena. Mantenir 15 segons i repetir 2–3 vegades.
- Autoestirament dels músculs escalens i esternocleidomastoidals: inclinar el cap en direcció a una espatlla, lleugerament enrere i girar el cap en direcció al costat oposat, mantenint la posició durant 15 segons. Repetir a l'altre costat.

6.2. Variables de resultat

→ Puntuació validada del Qüestionari Internacional d'Activitat Física (IPAQ)

CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA (IPAQ)	
Nos interesa conocer el tipo de actividad física que usted realiza en su vida cotidiana. Las preguntas se referirán al tiempo que destinó a estar activo/a en los últimos 7 días. Le informamos que este cuestionario es totalmente anónimo.	
Muchas gracias por su colaboración	
1.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos realizo actividades físicas intensas tales como levantar pesos pesados, cavar, ejercicios hacer aeróbicos o andar rápido en bicicleta?	
Días por semana (indique el número)	
Ninguna actividad física intensa (pase a la pregunta 3)	☐
2.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física intensa en uno de esos días?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	☐
3.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días hizo actividades físicas moderadas tales como transportar pesos livianos, o andar en bicicleta a velocidad regular? No incluya caminar	
Días por semana (indique el número)	
Ninguna actividad física moderada (pase a la pregunta 5)	☐
4.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física moderada en uno de esos días?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	☐
5.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días caminó por lo menos 10 minutos seguidos?	
Días por semana (indique el número)	
Ninguna caminata (pase a la pregunta 7)	☐
6.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a caminar en uno de esos días?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	☐
7.- Durante los últimos 7 días, ¿cuánto tiempo pasó sentado durante un día hábil?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	☐

VALOR DEL TEST:

1. Caminatas: $3'3 \text{ MET}^2 \times \text{minutos de caminata} \times \text{días por semana}$ (Ej. $3'3 \times 30 \text{ minutos} \times 5 \text{ días} = 495 \text{ MET}$)
2. Actividad Física Moderada: $4 \text{ MET}^2 \times \text{minutos} \times \text{días por semana}$
3. Actividad Física Vigorosa: $8 \text{ MET}^2 \times \text{minutos} \times \text{días por semana}$

A continuación sume los tres valores obtenidos:

Total = caminata + actividad física moderada + actividad física vigorosa

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN:

● Actividad Física Moderada:

1. 3 o más días de actividad física vigorosa por lo menos 20 minutos por día.
2. 5 o más días de actividad física moderada y/o caminata al menos 30 minutos por día.
3. 5 o más días de cualquiera de las combinaciones de caminata, actividad física moderada o vigorosa logrando como mínimo un total de 600 MET*.

● Actividad Física Vigorosa:

1. Actividad Física Vigorosa por lo menos 3 días por semana logrando un total de al menos 1500 MET*.
2. 7 días de cualquier combinación de caminata, con actividad física moderada y/o actividad física vigorosa, logrando un total de al menos 3000 MET*.

* Unidad de medida del test.

RESULTADO: NIVEL DE ACTIVIDAD (señale el que proceda)	
NIVEL ALTO	☐
NIVEL MODERADO	☐
NIVEL BAJO O INACTIVO	☐

Para finalizar, le vamos a pedir que registre algunos datos de interés estadístico:

SEXO: Hombre ☐ Mujer ☐

EDAD:

EMPRESA/INSTITUCIÓN:

CENTRO DE TRABAJO:

POBLACIÓN:

PROFESIÓN:

CATEGORÍA PROFESIONAL:

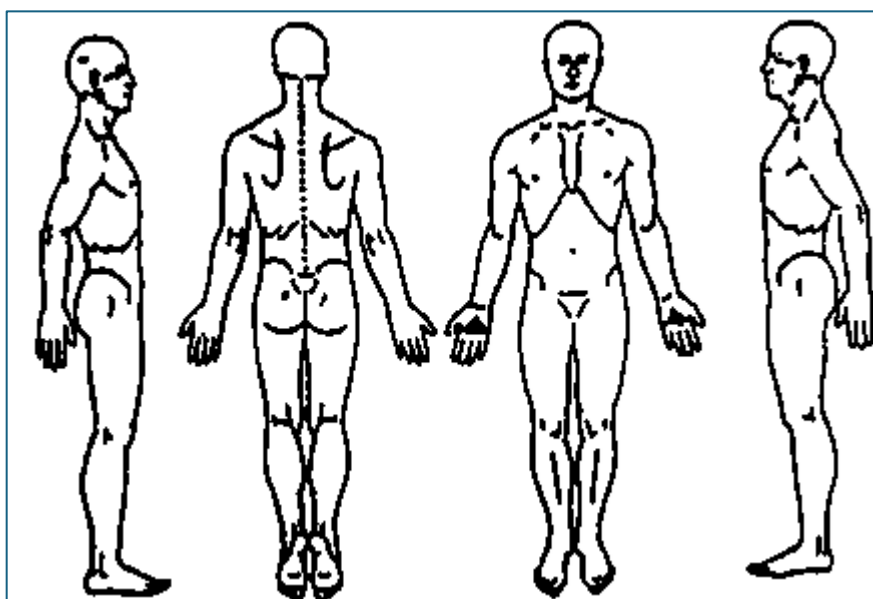
DEPARTAMENTO EN EL QUE TRABAJA:

Los resultados se tratarán de forma global y se mantendrá el anonimato en las publicaciones que puedan derivarse de este cuestionario.

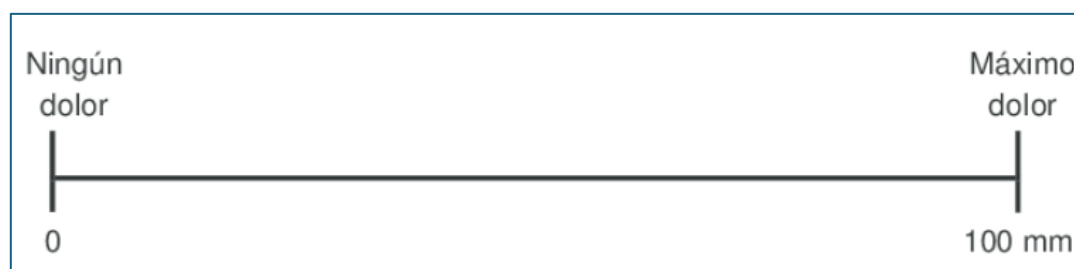
La transmisión de datos se hará con las medidas de seguridad adecuadas en cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal y el Real Decreto 994/99.

→ Qüestionari post-sessió sobre el dolor i/o molèsties:

- Nombre d'aparicions d'aquests símptomes: (1) – (2) – (3 o +)
- Tipus de dolor: Agut / Crònic / Neuropàtic / Somàtic / Visceral / Referit / Irradiat / Punxant / Ardent / Opressiu / Sord / Pulsàtil / Lacerant / Còlic / Traumàtic / Inflamatori / Psicològic / Muscular / Articular / Altre
- Localització



- Intensitat



- La duració (aproximada): _____ (en minuts) i el moment d'aparició durant la sessió d'entrenament _____.

6.3. Cronologia del participant

A continuació es presenta la cronologia de participació dels voluntaris a l'estudi, detallant les diferents fases des del reclutament fins a la intervenció.

Tasca	Setmana	Mes											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Reunions informatives a les aules universitàries	1												
2. Respostes al formulari de Google Forms	1-2												
3. Classificació dels possibles candidats a participar en l'estudi	2												
4. Posada en contacte amb els candidats a participar en l'estudi	3												
5. Assignació aleatòria als grups de l'estudi (GI i GC) + Trobada de benvinguda	4												
6. Intervenció	1-4 (Sep.) + 1-4 (Oct.)												

6.4. Document de recollida de dades

Codi del pacient:

Data de valoració:

MOMENT DE LA SESSIÓ	RESULTATS		
Mesures prèvies a iniciar el joc	-----		SmO2:
1a ronda	PPM:	% Precisió:	SmO2:
2a ronda	PPM:	% Precisió:	SmO2:
3a ronda	PPM:	% Precisió:	SmO2:
Mesures post entrenament	-----		SmO2:

6.5. Consentiment informat i carta de reclutament

CONSENTIMENT INFORMAT PER PARTICIPAR EN UN PROJECTE D'INVESTIGACIÓ

Si us plau, llegeixi amb atenció aquest document abans de decidir si vol participar en aquest estudi.

TÍTOL DE L'ESTUDI: Efectivitat de les mànigues de compressió a l'avantbraç i un protocol d'exercicis sobre la fatiga i la recuperació del múscul extensor comú dels dits utilitzant la NIRS per mesurar la SmO2 en jugadors universitaris d'e-sports que juguen a FPS.

Codi de l'estudi	CMP-NIRS-2024-22				
Investigador principal	Joan Bayarri Matamoros				
Telèfon i correu de contacte	935 81 19 92 / investigacionsireuabmail.com				
Centre	Institut de Recerca de l'Esport UAB				
Adreça	Universitat Autònoma de Barcelona. Edifici N, Planta 1, Bellaterra, Barcelona				
Població	Barcelona	C.P.	08193	Província	Barcelona

INTRODUCCIÓ

Ens adrecem a vostè per proporcionar-li informació sobre un assaig clínic en el qual ha estat convidat/da a participar. Aquest estudi ha estat aprovat pel Comitè d'Ètica d'Investigació Clínica per garantir que compleixi amb els principis ètics i de seguretat.

Mitjançant aquest document, vostè podrà decidir lliurement i de manera informada si desitja participar-hi. Llegeixi aquest full amb atenció i consulti'ns qualsevol dubte que li pugui sorgir.

PARTICIPACIÓ VOLUNTÀRIA

La seva participació és completament voluntària. Pot decidir no participar o retirar el seu consentiment en qualsevol moment durant l'estudi, sense necessitat de donar cap explicació. Aquesta decisió no repercutirà de cap manera en vostè, ni en la seva relació amb el nostre equip investigador.

OBJECTIU DE L'ESTUDI

L'objectiu principal de l'estudi és determinar si les mànigues de compressió utilitzades a l'avantbraç, combinades amb un protocol d'exercicis específics, poden millorar la recuperació muscular i reduir la fatiga del múscul extensor comú dels dits en jugadors universitaris d'e-sports. A més, també s'avaluaran els efectes sobre la seva capacitat de rendiment, l'aparició de dolor o molèsties i la relació d'aquests factors amb el NAF.

DESCRIPCIÓ GENERAL DE L'ESTUDI I ACTIVITATS

Aquest estudi és intervencionista i longitudinal prospectiu, i es tracta d'un assaig clínic aleatoritzat simple cec amb la finalitat d'avaluar la influència de les mànigues de compressió i un protocol d'exercicis sobre la fatiga i la recuperació muscular. Durant un període de 8 setmanes, es farà un seguiment de diferents variables fisiològiques i de rendiment dels participants. Aquests seran assignats aleatòriament a un dels dos grups de l'estudi: el grup d'intervenció, que utilitzarà mànigues de compressió combinades amb un protocol d'exercicis, o el grup control, que només seguirà el protocol d'exercicis. Si accepta participar en l'estudi, vostè serà assignat/da a l'atzar a un dels grups.

L'estudi tindrà lloc a l'Institut de Recerca de l'Esport de la Universitat Autònoma de Barcelona (IRE-UAB) en un entorn controlat, adequat per a la presa de mesures precises utilitzant tecnologia d'espectroscòpia d'infraroig proper (NIRS) per monitorar la saturació d'oxigen muscular (SmO₂) en temps real. Els participants seran estudiants universitaris d'entre 18 i 24 anys amb experiència en videojocs de trets en primera persona (FPS) que pròximament participaran en un torneig, ja que aquesta disciplina requereix una alta demanda física i cognitiva, especialment en l'ús de la motricitat fina i la precisió manual.

Els criteris d'inclusió inclouen l'edat requerida, experiència mínima de 500 hores en FPS durant els últims sis mesos, inscripció en un torneig, dominància dreta, residència propera a Barcelona, disponibilitat per assistir a les sessions i complir amb els valors establerts al qüestionari IPAQ per avaluar el NAF. Els criteris d'exclusió inclouen, entre altres, l'ús recent de mànigues de compressió, consum de medicaments que puguin alterar els resultats, problemes dermatològics, i antecedents de malalties que interfereixin amb la participació.

Durant les sessions, es farà ús de les mànigues de compressió en el grup d'intervenció amb pressió graduada calibrada per afavorir el flux sanguini i prevenir la fatiga, mentre que ambdós grups seguiran un protocol d'exercicis dissenyat per prevenir lesions en les extremitats superiors i millorar el rendiment. A més, es farà servir el dispositiu Humon Hex® per monitorar la SmO2 i la plataforma Aimlabs per avaluar el rendiment dels jugadors mitjançant la puntuació per minut (PPM) i el grau de precisió. Les sessions inclouran escalfaments, entrenament actiu i refredament, acompanyats d'un registre continu de variables fisiològiques i l'aparició de molèsties o dolor.

L'estudi s'organitzarà en subgrups segons el NAF i es coordinaran horaris específics per garantir una distribució equitativa i optimitzar els recursos disponibles. La primera sessió servirà com a introducció general per explicar el funcionament de l'estudi i assegurar que els participants entenguin totes les activitats a realitzar. Durant les sessions setmanals, el grup d'intervenció rebrà l'aplicació de les mànigues de compressió abans de començar les activitats, mentre que les mesures es prendran després d'un període de descans. Al final de cada sessió es recollirà informació sobre el dolor o molèsties i es demanarà al grup d'intervenció la seva percepció de l'ús de les mànigues. Aquestes activitats estan dissenyades per proporcionar dades rellevants per a l'anàlisi dels objectius de l'estudi, assegurant al mateix temps la seguretat i el benestar dels participants.

BENEFICIS, RISCS I MOLÈSTIES DERIVATS DE LA SEVA PARTICIPACIÓ EN L'ESTUDI

La participació en aquest estudi podria proporcionar beneficis indirectes com una millor comprensió del seu rendiment físic i un aprenentatge en tècniques de prevenció de lesions. Els riscos són mínims

i inclouen possibles molèsties lleus com fatiga muscular o incomoditat temporal derivada de l'ús de les mànigues de compressió. En cas de qualsevol molèstia, podrà comunicar-ho immediatament al nostre equip investigador.

DESPESES I COMPENSACIÓ ECONÒMICA

La seva participació no implicarà cap despesa addicional ni rebrà compensació econòmica.

FINANÇAMENT DE L'ESTUDI

La seva participació en l'estudi no suposarà cap despesa addicional. Tampoc es preveu cap compensació econòmica per la participació.

CONFIDENCIALITAT I PROTECCIÓ DE DADES

D'acord amb els articles 6.1.a i 9.2.a del Reglament (UE) 2016/679 del Parlament Euro peu i del Consell, de 27 d'abril del 2016, relatiu a la protecció de les persones físiques pel que fa al tractament i la lliure circulació de dades personals (RGPD), li demanem el seu consentiment per fer servir les seves dades de salut en el marc d'aquest projecte de recerca. Les dades es conservaran en els termes establerts per la legislació aplicable i mentre siguin necessàries per al desenvolupament d'aquest estudi.

El tractament d'aquestes dades es realitzarà en compliment del RGPD i de la Llei orgànica 3/2018, de 5 de desembre, de protecció de dades personals i garantia dels drets digitals (LOPD). Vostè podrà exercir els seus drets d'accés, rectificació, supressió, oposició, limitació del tractament i portabilitat de dades davant la Universitat Autònoma de Barcelona, amb CIF Q0818002H i seu a Campus de la UAB, 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), mitjançant l'investigador principal del projecte.

Té dret a retirar el consentiment per al tractament d'aquestes dades en qualsevol moment mitjançant l'investigador principal, així com a presentar una reclamació davant de l'Autoritat Catalana de Protecció de Dades si es produeix qualsevol actuació de la persona responsable del tractament que consideri que vulnera els seus drets.

No es preveuen transferències internacionals de dades ni comunicacions de dades més enllà de les previstes legalment i de terceres persones que hagin d'accedir-hi en la seva condició de tractar-les.

CONTACTE EN CAS DE DUBTES

Si durant la seva participació té algun dubte o necessita obtenir més informació, es pot posar en contacte amb l'investigador principal de l'estudi al telèfon que figura a l'encapçalament d'aquest document. Estarem encantats de respondre qualsevol consulta.

FORMULARI DE CONSENTIMENT INFORMAT

Jo, (Nom i cognoms), declaro que:

- Soc major d'edat
- He llegit el full d'informació sobre el projecte de recerca que se m'ha entregat.
- He pogut fer preguntes sobre l'estudi i rebut prou informació sobre l'estudi.
- He parlat amb (Nom i cognoms de l'investigador).
- Comprenc que la meva participació és voluntària i que la informació d'aquest projecte serà posada a disposició d'altres investigadors un temps després d'haver finalitzat el projecte.
- Comprenc que puc retirar-me de l'estudi quan vulgui, sense haver de donar explicacions i sense que això repercuteixi en la meva atenció sanitària.

Presto lliurement la meva conformitat per participar en l'estudi i dono el meu consentiment per l'accés i la utilització de les meves dades en les condicions detallades en el full d'informació.

Signatura de la persona atesa	Signatura de l'investigador
Data:	Data:

Aquest document es firmarà per duplicat, una còpia per l'investigador i l'altra pel participant.

CARTA DE RECLUTAMENT

Benvolgut/da,

Ens dirigim a vostè per convidar-lo/la a participar en un innovador estudi d'investigació que té com a objectiu analitzar l'efectivitat de les mànigues de compressió i un protocol d'exercicis en la millora de la recuperació muscular i la reducció de la fatiga en jugadors universitaris d'e-sports, especialment en aquells que practiquen videojocs de trets en primera persona (FPS).

Aquest estudi, titulat "Efectivitat de les mànigues de compressió a l'avantbraç i un protocol d'exercicis sobre la fatiga i la recuperació del múscul extensor comú dels dits utilitzant la NIRS per mesurar la SmO2 en jugadors universitaris d'e-sports que juguen a FPS", està dissenyat per comprendre millor com millorar el rendiment físic i prevenir la fatiga muscular en aquest àmbit. L'estudi ha estat aprovat pel Comitè d'Ètica d'Investigació Clínica, assegurant que compleix amb tots els requisits ètics i científics.

Informació clau de l'estudi:

- Durada: 8 setmanes.
- Ubicació: Institut de Recerca de l'Esport de la Universitat Autònoma de Barcelona (IRE-UAB), Edifici N, Planta 1, Bellaterra, Barcelona.
- Participació voluntària: Tindrà l'oportunitat de contribuir al desenvolupament científic en aquest camp sense cap cost addicional per a vostè.

Qui pot participar?

- Estudiants universitaris d'entre 18 i 24 anys.
- Experiència mínima de 500 hores en videojocs FPS durant els últims 6 mesos.
- Inscripció en un torneig de videojocs FPS.
- Residència propera a Barcelona i disponibilitat per assistir a les sessions.

Durant l'estudi, els participants seran assignats aleatòriament a un dels dos grups: un grup que utilitzarà mànigues de compressió a l'avantbraç combinades amb un protocol d'exercicis, i un grup control que seguirà només el protocol d'exercicis. Les activitats inclouen l'ús de tecnologia avançada, com el monitoratge de la saturació d'oxigen muscular (SmO2) amb el dispositiu Humon Hex® i la realització d'entrenaments a través de la plataforma Aimlabs per millorar la punteria i el rendiment. També es registraran dades sobre el dolor, la fatiga i el rendiment físic durant les sessions.

Per què participar?

- Contribuirà al coneixement científic en un camp emergent com els e-sports.
- Rebrà informació sobre el seu estat físic i aprenentatges que podrien ajudar-lo/la a optimitzar el seu rendiment.
- Tindrà accés a tecnologia i metodologies innovadores.

Si està interessat/da, no dubti a contactar amb nosaltres a través del telèfon 935 81 19 92 o el correu electrònic investigacionsireuabmail.com. També pot assistir a una sessió informativa inicial, on detallarem el procediment de l'estudi i respondrem a qualsevol dubte que pugui tenir.

Li agraïm el seu interès i li animem a formar part d'aquest estudi. Esperem comptar amb la seva participació en aquest projecte tan innovador i de gran rellevància en l'àmbit dels e-sports que permetrà contribuir al desenvolupament científic en aquest àmbit.

Cordialment,

Joan Bayarri Matamoros

Investigador principal

6.6. Pla de treball i cronograma de la investigació

→ Pla de treball

- Cerca bibliogràfica i redacció del protocol: novembre 2024 – gener 2025
- Aprovació pel Comitè d'Ètica: febrer – agost 2025
- Reclutament de participants i intervenció: agost – octubre 2025
- Anàlisi de dades: octubre 2025 – gener 2026
- Redacció de l'informe final: febrer – març 2026
- Publicació en revistes especialitzades: abril – juny 2026
- Divulgació i difusió dels resultats: abril – setembre 2026

→ Cronograma de la investigació

		Mes											
Tasca	Any	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Redacció del protocol	1												
	2												
	3												
2. Comitè ètic	1												
	2												
	3												
3. Reclutament / Intervenció	1												
	2												
	3												
4. Anàlisi de dades	1												
	2												
	3												
	1												

5. Redacció de l'informe	2												
	3												
6. Publicació	1												
	2												
	3												
7. Divulgació dels resultats	1												
	2												
	3												

6.7. Pressupost estimat

MATERIALS	Unitats	€ / unitat	Preu total
Cadira ergonòmica	8	70	560
Pantalla/Monitor	8	85	680
Ordinador	8	100	800
Base d'endoll múltiple	4	8	32
Plataforma entrenament Aimblabs	8	0 (gratuït)	0
Dispositiu Humon Hex	8	270	2.160
Màniga de compressió	78 (63 + 15 de recanvi)	17	1.326
Dispositiu Microlab Pico Press	1	250	250
Cinta adhesiva	2	6	12
Carpeta opaca (per gestió de dades)	1	5	5
Caixa forta de seguretat	1	30	30
Material d'oficina	--	50 (comptant-ho tot)	50
TOTAL			5.905

RECURSOS HUMANS	Valoracions	€ / valoració	Preu total
Fisioterapeuta que aplica les mànigues	504 (aplicacions de mànigues)	0 (seré jo)	0
Avaluador extern	147 (hores totals)	20 (per hora)	2.940
Estadista	20 (hores totals)	30 (per hora)	600
TOTAL			3.540

MATERIALS	RECURSOS HUMANS	TOTAL DE L'ESTUDI
5.905	3.540	9.445