

**IMPACTE D'UN NOU PROTOCOL EN
ADOLESCENTS AMB ISQUIOTIBIALS CURTS:
UNA COMPARACIÓ AMB L'ESTIRAMENT
PASSIU PER LA PREVENCIÓ DE LESIONS**

TREBALL FINAL D'ESTUDIS



20 DE MAIG DE 2024

ANDREA LUQUE CADENA

NIU: 1564719

Tutor: Iñaki Diez Tendero

ÍNDEX

RESUM:	2
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓ:	4
Descripció de la patologia:	4
Incidència:	5
Anatomia:	5
Biomecànica:	6
HIPÒTESIS I OBJECTIUS:	7
METODOLOGIA:	7
Material i participants:	7
Variables i mesures:	9
Aleatorització i cegament:	10
Intervencions del grup control:	10
Intervencions del grup experimental:	11
DISCUSSIÓ:	13
LIMITACIONS I CONTROLS DE POSSIBLES BIAIXOS:	14
CONCLUSIONS:	15
RECOLLIDA, GESTIÓ I ANALISI DE DADES:	15
ASPECTES ÈTICS I DE DISSEMINACIÓ:	17
BIBLIOGRAFIA:	19
TAULES I ANNEXOS:	23

RESUM:

Introducció:

Els isquiotibials són propensos a lesions degut a la seva anatomia i funció en moviments com caminar, córrer i canviar de direcció. Les lesions d'isquiotibials són comunes, particularment en esports com el futbol. El síndrome dels isquiotibials curts (SHS) afecta la flexibilitat i pot causar lesions i problemes posturals.

Objectius:

El treball busca investigar un nou protocol d'entrenament per a isquiotibials curts en adolescents per prevenir lesions. Es compara l'eficàcia d'aquest protocol amb un altre que només inclou estiraments passius.

Metodologia:

El treball involucra 174 adolescents amb SHS dividits en un grup control i un grup experimental. El grup experimental rebrà un protocol individualitzat d'intervencions per millorar la flexibilitat dels isquiotibials, mentre que el grup control rebrà estiraments passius estàtics. Les mesures principals inclouen el diagnòstic d'isquiotibials curts, extensió passiva de genoll i la prova de toc de dits. Es preveu una diferència significativa en la prevenció de lesions entre els dos grups.

Conclusions:

S'espera que el nou protocol d'entrenament millori la flexibilitat muscular i redueixi la incidència de lesions en comparació amb el protocol del grup control que només inclou estiraments passius i mobilitzacions. Els resultats poden ajudar a informar i millorar els programes de prevenció de lesions en esports i altres activitats físiques.

Paraules clau: isquiotibials curts, síndrome d'isquiotibials, protocol d'entrenament, lesions en adolescents, prevenció, extensibilitat muscular.

ABSTRACT:

Introduction:

The hamstrings are prone to injuries due to their anatomy and function in movements such as walking, running, and changing direction. Hamstring injuries are common, particularly in sports like soccer. Short hamstring syndrome (SHS) affects flexibility and can cause injuries and postural problems.

Objectives:

The study aims to investigate a new training protocol for short hamstrings in adolescents to prevent injuries. The effectiveness of this protocol is compared with another that only includes passive stretching.

Methodology:

The study involves 174 adolescents with SHS divided into a control group and an experimental group. The experimental group will receive an individualized protocol of interventions to improve hamstring flexibility, while the control group will receive static passive stretching. The main measures include the diagnosis of short hamstrings, passive knee extension, and the finger-touch test. A significant difference in injury prevention is expected between the two groups.

Conclusions:

It is expected that the new training protocol will improve muscle flexibility and reduce the incidence of injuries compared to the control group protocol, which only includes passive stretching and mobilizations. The results may help inform and improve injury prevention programs in sports and other physical activities.

Key words: short hamstring, hamstring syndrome, training protocol, adolescent injuries, prevention, muscle extensibility.

INTRODUCCIÓ:

Els isquiotibials són propensos a lesions a causa de la seva disposició anatòmica i la seva funció en la desacceleració i acceleració durant moviments com caminar, córrer i canviar de direcció a alta velocitat¹. A més, el seu mecanisme d'acció sobre dues articulacions (genoll i maluc) els fa vulnerables a lesions quan hi ha desequilibris entre aquestes.

Les lesions d'isquiotibials són reconegudes com una de les lesions de teixits tous més comunes², específicament en el futbol, representant aproximadament el 12% de totes les lesions sofertes per jugadors d'alt nivell³.

Descripció de la patologia:

El concepte de síndrome dels isquiotibials curts (SHS) és descrit com una entitat pròpia, d'etiologia desconeguda, la qual representa una condició que no només augmenta el risc de lesions a les cames, sinó que també impacta significativament en la pelvis i la columna lumbar^{4,5}. A més, afecta a la posició corporal i influeix en els moviments quotidians i gestos esportius⁶. Aquesta condició és una preocupació generalitzada en la població, amb implicacions que abasten des de desequilibris musculars fins dolor i risc de lesions.

Varis estudis han investigat els factors de risc associats i els impactes de lesions prèvies relacionades amb el SHS, evidenciant l'influència en la funcionalitat, el rendiment esportiu i la mobilitat⁶. Les implicacions biomecàniques han revelat que l'escurçament dels isquiotibials pertorba la distribució de pressions en la columna vertebral i s'associa a trastorns específics de la columna lumbar, generant moviments compensatoris que poden agreujar la tensió en els teixits tous espinals^{4,6}. Tot això es tradueix en conseqüències a varis nivells: inclinació posterior de la pelvis, disminució de la mobilitat de la pelvis i modificacions raquídies com la curvatura fisiològica en el pla sagital de la regió dorsal i lumbar (correcció en major o menor mesura de la lordosis lumbar i augment de la cifosis dorsal)⁴. Altres estudis esmenten que l'escurçament pot estar relacionat amb una neurodinàmica alterada que afecta els nervis ciàtic, tibial i peroneal comú, influint en la percepció de l'estirament i del dolor, el que predispesa a lesions musculars per distensió posterior⁷.

En aquest context, els serveis de fisioteràpia exerceixen un paper fonamental en la mitigació del SHS. En aquest treball es busca plantejar un nou protocol per la prevenció de lesions en adolescents que pateixin SHS, integrant tècniques especialitzades de fisioteràpia per minimitzar el problema.

Incidència:

La pràctica de certs esports, com el futbol, ha demostrat estar relacionada amb una major prevalença del SHS, el que subratlla la importància de revisar els programes de prevenció de lesions, sobretot en nens i adolescents, donat que el SHS limita la flexibilitat i pot tenir conseqüències negatives⁸.

És un problema freqüent, molt estudiat en joves i poc en adults. En general, les dones presenten més extensibilitat que els homes⁹.

Pel que respecte a l'etiologia, s'atribueixen diverses causes a la falta d'extensibilitat dels isquiotibials, sense trobar consens entre autors. Alguns dels factors relacionats són: falta d'estirament, postures mantingudes durant llargs períodes de temps, lesions anteriors que comporten formació de teixit cicatricial i pèrdua d'elasticitat en la zona, determinades activitats esportives, desequilibris musculars entre músculs agonistes i antagonistes i factors genètics que predisposen a tenir músculs més curts o menys flexibles¹⁰.

Anatomia:

Els isquiotibials (ISQ) es componen de 3 músculs: el bíceps femoral (BF), el semitendinos (ST) i el semimembranós (SM).

- El BF es divideix en porció curta i porció llarga a nivell proximal, amb dues insercions i dos ventres musculars, que es s'ajunten per formar un únic tendó en la part distal. El cap curt s'origina proximalment a nivell de la línia aspre i de la línia supracondílea lateral del fèmur, mentre que el cap llarg s'origina en la tuberositat isquiatàica. Distalment el tendó comú va cap a la cara lateral del cap del peroné i a la cara lateral de la tibia.

- El SM i el ST s'originen també proximalment en la tuberositat isquiàtica. En les seves insercions distals, el SM s'insereix en la porció posterior del còndil medial de la tibia i en la vora posteromedial del genoll, mentre que el ST arriba en la porció superior de la cara medial de la tibia conjuntament amb el sartori i el gràcil per formar la pota d'ànec. Aquesta inserció passa per sobre del lligament col·lateral medial.

Aquests tres músculs estan innervats per la branca tibial del nervi ciàtic, a excepció de la porció curta del BF, que està innervada per una altra branca del nervi ciàtic, el nervi peroneal comú¹¹.

Biomecànica:

En referència a la biomecànica dels ISQ, són biarticulars. La seva manera principal de treballar és de forma excèntrica. Tenen un paper important en el moviment i l'estabilitat de l'extremitat inferior. Degut a les seves insercions en la tuberositat isquiàtica, aquests músculs tenen influència sobre la posició de la pelvis i la postura de la persona. Els ISQ es consideren com a primer antagonista del múscul quàdriceps, la qual cosa implica la necessitat d'un equilibri de forces entre aquests músculs¹².

Els ISQ tenen un paper important en la cadena estàtica del cos. La línia posterior superficial té la funció de sostenir el cos en extensió i contrarestar la tendència a caure davant mentre que permet l'extensió del cos i la flexió de genoll en dinàmica.

A nivell del maluc, els ISQ actuen com extensors i es contrauen de forma excèntrica durant la flexió. Quan el genoll està en extensió, la flexió de maluc està limitada per la tensió d'aquests músculs i del nervi ciàtic (especialment si el turmell està en flexió dorsal). En cadena cinètica tancada, el paper principal és la flexió de genoll i no l'extensió de maluc.

La manca d'extensibilitat muscular, en general, comportarà la pèrdua de l'acció muscular òptima, la qual cosa, entre altres efectes, limitarà el rang de moviment¹³.

A l'escurçament dels ISQ se li associen una sèrie de compensacions estàtiques: flexum de genoll, retroversió de l'ilíac, ascens del pubis que provocarà que els adductors treballin en excèntric i que

estiguin en tensió muscular persistent en repòs, de manera que pot provocar tendinopaties, atrofia i fins i tot, fibrosi.

Si l'amplitud de moviment és insuficient, apareixen compensacions dinàmiques per conservar una bona potència muscular i preservar bona amplitud de colpeig en el cas d'un xut, per exemple.

HIPÒTESIS I OBJECTIUS:

L'objectiu d'aquest treball és investigar i comparar l'impacte d'un nou protocol d'entrenament per isquiotibials curts en adolescents, en contrast amb un protocol d'entrenament que inclou només estirament passiu de la musculatura isquiotibial, amb el propòsit d'avaluar la seva efectivitat en la prevenció de lesions. Aquest treball s'enfocarà a analitzar i comparar els resultats de diferents estudis, centrats en la capacitat per millorar la flexibilitat muscular i reduir la incidència de lesions.

Hipòtesi nul·la (H0): No hi ha diferència significativa en la prevenció de lesions entre el nou protocol d'entrenament per als isquiotibials curts i el protocol que només inclou estiraments passius de la musculatura isquiotibial en adolescents.

Hipòtesi alternativa (H1): Hi ha una diferència significativa en la prevenció de lesions entre el nou protocol d'entrenament per als isquiotibials curts i el protocol que només inclou estiraments passius de la musculatura isquiotibial en adolescents.

METODOLOGIA:

Material i participants:

Acceptant un risc alfa de 0.05 i un risc beta inferior al 0.2 en un contrast bilateral, calen 87 subjectes en el primer grup i 87 en el segon per detectar com estadísticament significatiu la diferència entre dues proporcions, que pel grup 1 s'espera que sigui de 0.05 i el grup 2 de 0.2. S'ha estimat una taxa de pèrdues de seguiment del 20%. S'ha utilitzat l'aproximació de l'ARCSINUS. El càlcul s'ha fet prenent de referència el percentatge de millora del grup control de l'article de Castellote et al. 2014⁷.

L'estudi involucrarà 174 joves d'entre 12 i 18 anys que presenten síndrome bilateral d'isquiotibials curts i es dividiran aleatòriament en un grup control (N=87) i un grup experimental (N=87). Aquests han d'haver estat lliures de lesions actuals en els isquiotibials, tendons i ossos i no han de presentar historial de lesions prèvies en aquesta zona. [Annex 1]

Per altra banda, els criteris d'exclusió són: edat fora del rang establert, lesions actuals en els isquiotibials que impedeixen la participació en l'estudi, adolescents amb hiperlaxitud de lligament⁵, condicions mèdiques preexistents que afectin la capacitat de participar en el programa com per exemple hèrnies o protuberàncies lumbars^{6,14}, participació actual en altres estudis o intervencions per la prevenció de lesions en isquiotibials. Els participants també s'exclouran si han rebut teràpia manual un mes abans de començar el protocol⁶.

Per la selecció de la mostra, es contactarà amb la direcció de diverses escoles de Barcelona i s'explicarà a fons l'objectiu de l'estudi. Més tard, s'explicarà en detall als nens i pares en sessions de tutoria, resolent qualsevol dubte. Els pares i nens interessats en el projecte firmaran un document de consentiment informat [Annex 2]. Això anirà seguit d'una fase d'avaluació en dies fora de formació o d'activitats extraescolars. El temps necessari per reclutar els nens dependrà de l'eficàcia de les estratègies de reclutament i la disponibilitat de la població objectiu. Podria portar des de setmanes a mesos i anirà a càrrec de diversos fisioterapeutes prèviament formats en el diagnòstic d'isquiotibials curts.

Per abordar l'estudi, s'ha buscat informació en bases de dades com PubMed, on s'ha trobat material per fer la introducció i establir criteris d'inclusió i exclusió d'acord amb altres estudis. També es va buscar en altres bases de dades i portals d'informació acadèmica i científica com PEDro i Google acadèmic. D'altra banda, s'ha consultat monografies clau del fons de la Biblioteca EUGimbernat-Sant Cugat i Universitat Autònoma de Barcelona.

En referència a l'objecte d'aquest estudi es fa especial menció a Francisco Piqueras-Rodríguez^{5,8}, autor de dos articles interessants sobre com detectar aquesta patologia i tècniques per abordar-la. També fer especial referència a Yolanda Castellote-Caballero i al seu article sobre els efectes

immediats de la neurodinàmica sobre la flexibilitat dels isquiotibials⁷ i la revista “The Journal of sports medicine and physical fitness”, d’on es van extreure varis dels articles per fer la introducció i la metodologia.

Variables i mesures:

Totes les mesures físiques s’obtidran per diversos fisioterapeutes entrenats que estaran cegats a l’assignació de grups de cada subjecte. La principal variable de resultat (variable dependent) serà el diagnòstic d’isquiotibials curts. Un nen es considera que té aquest síndrome si durant la prova de “straight leg raise” (SLR), obté un rang de moviment inferior a 70°. La prova es realitzarà amb el subjecte en decúbit supí amb pantalons curts o roba interior i s’identificaran punts de referència ossis: l’espina ilíaca anterosuperior, el trocànter major i l’epicòndil lateral del fèmur, el cap del peroné i el mal·lèol del peroné. Un examinador cegat realitzarà la prova SLR passiva mantenint el genoll en extensió completa i el turmell en posició neutra, mentre evita qualsevol rotació de maluc durant la flexió fins que el participant nota la sensació de tibantor, doblega el genoll o hi ha inclinació pèlvica posterior. S’evitarà la dorsiflexió completa de turmell per evitar la implicació de gastrocnemis i soli. Un altre examinador cegat mesurarà amb el goniòmetre l’angle d’elevació, col·locant l’eix del goniòmetre en el trocànter major del fèmur, el braç estacionari paral·lel a la llitera (es comprovarà amb un nivell) i el braç mòbil es col·locarà entre la línia del cap del peroné i el mal·lèol del peroné. Es repetirà la prova 3 cops i s’obtidrà una mitjana⁷.

Per complementar i obtenir un resultat més clar, es farà la prova d’extensió passiva de genoll (PKE) i es buscarà obtenir un angle superior a 15° de l’angle popliti⁵. Finalment, la prova de toc de dits (TT), on es mesurarà la distància entre els dits i el terra. El material per aquestes proves és un goniòmetre de braç llarg de 30 cm, un inclinòmetre pel SLR i PKB i una cinta mètrica pel TT. No es permetran exercicis d’escalfament abans de les proves.

També es mesuraran altres variables secundàries com l’índex de massa corporal utilitzant equips calibrats amb la fórmula: $IMC = \text{pes (Kg)} / \text{altura}^2$. Per tal de valorar la força de la musculatura isquiotibial es farà amb un dinamòmetre manual. També es podrà fer amb una màquina de flexió de genoll d’un centre esportiu o amb proves funcionals com el “Nordic Hamstring test”.

La variable independent és la flexibilitat muscular dels ISQ, ja que es considera la causa o el factor que influeix en la variable dependent. L'avaluació de la flexibilitat dels isquiotibials se centra a observar i analitzar el moviment durant diverses activitats, com ara la marxa, l'exercici i l'escalfament. Mitjançant l'observació de la postura, la tècnica d'exercici i la qualitat dels moviments funcionals, és possible identificar restriccions en la flexibilitat d'aquesta àrea. A més, es pot avaluar la biomecànica durant activitats esportives per comprendre com la flexibilitat dels isquiotibials afecta el rendiment físic i la prevenció de lesions. [Taula 1]

Aleatorització i cegament:

Els participants es dividiran aleatòriament en 2 grups: el grup control rebrà únicament estiraments passius estàtics en els músculs ISQ, així com mobilitzacions passives de tota l'extremitat inferior. El grup experimental rebrà un protocol complet i individualitzat a cada participant amb un conjunt d'intervencions per millorar la flexibilitat dels ISQ. L'assignació als grups es determinarà abans de l'estudi mitjançant una llista aleatòria generada per ordinador¹⁵.

Tant els fisioterapeutes que recluten els nens com els que avaluaran els resultats al final de les intervencions no coneixeran l'assignació de tractament de cada participant. Això ajudarà a minimitzar el risc de biaix de mesurament i interpretació de resultats.

Intervencions del grup control:

Als participants assignats en el grup control se'ls proporcionarà estiraments estàtics passius dels ISQ de dues formes diferents (en els dos casos el participant es trobarà en decúbit supí sobre una llitera): el primer estirament consistirà en portar l'extremitat inferior del pacient a flexió de maluc mantenint l'extensió de genoll i el segon estirament serà començant des de flexió màxima de maluc i evolucionar cap a l'extensió de genoll. S'augmentarà el rang de moviment (ROM) fins que el pacient reconegui verbalment la sensació d'incomoditat però no dolor. L'estirament es mantindrà durant 15 segons amb un període de 15 segons de descans on la cama es torna a la posició d'inici. Es repetiran 4 series d'estirament de 15 segons fins completar un minut de temps sota estirament¹⁶.

A aquest grup, també se'ls oferirà tècniques de mobilització passiva de les articulacions del peu i turmell com a tècnica placebo, ja que no existeixen analogies anatòmiques o mecàniques que relacionin aquesta zona amb la flexió de maluc en decúbit supí⁴. Les mobilitzacions que es realitzaran són: supinació, pronació, abducció, adducció, flexió plantar i dorsiflexió. La longitud del ISQ es mesurarà l'inici i al final de la intervenció control. [Taula 2]

Intervencions del grup experimental:

Als participants assignats en el grup intervenció rebran un protocol que es basa en una combinació de tècniques terapèutiques avançades, basades en altres estudis, cada una seleccionada per abordar els aspectes d'aquesta condició. La longitud dels ISQ es mesurarà l'inici i al final del protocol.

Lliscaments neurodinàmics:

L'objectiu de la tècnica és produir un moviment lliscant de les estructures neurals (concretament el nervi ciàtic i les seves branques) en relació amb els teixits adjacents. Aquesta es realitzarà amb el pacient en decúbit supí amb la columna cervical i toràcica posicionades en lleugera flexió per posar en pretensió el neuroeix. A partir d'aquí es farà flexió de maluc amb extensió de genoll i flexió plantar de turmell per realitzar un lliscament cap a proximal del nervi. Seguidament, es farà extensió de maluc amb extensió de genoll i flexió dorsal de turmell per realitzar un lliscament cap a distal del nervi. Els lliscaments neurals impliquen moviment/estrès al sistema nerviós proximalment mentre s'allibera moviment/estrès distalment i després s'inverteixen les seqüències. Es durà a terme la tècnica durant 3 minuts utilitzant un ritme suau. [taula 3]

Els resultats del estudi de Castellote et al. 2014⁷ mostren que una intervenció neurodinàmica aïllada proporciona un major augment immediat del rang de moviment del SLR passiu que el estirament estàtic dels ISQ.

Tècniques diafragmàtiques:

Les tècniques de relaxació del diafragma estan dissenyades per crear un major gradient de pressió entre el tòrax i l'abdomen, augmentant la fase d'expiració i millorant d'aquesta manera la seva contracció i funcions de relaxació. El pacient es col·locarà en sedestació sobre la llitera i el

fisioterapeuta per darrere, col·locant les seves mans al voltant de la caixa toràctica del pacient i introduint el cantell cubital de les mans sota els marges costals. La posició es mantindrà 5 minuts, i les mans s'utilitzaran per anar notant com s'alliberen els teixits. També es podran fer servir variants del mateix exercici que es poden veure en l'apartat. [Taula 4]

L'estudi de Valenza et al. 2015⁶ demostra que després d'aplicar aquestes tècniques diafragmàtiques hi ha una millora significativa en la flexibilitat dels ISQ i la mobilitat de la columna cervical i lumbar.

Inhibició suboccipital:

Amb aquesta tècnica es buscarà millorar la flexibilitat de la musculatura ISQ fent una intervenció a distància. El pacient es col·locarà en decúbit supí i amb els ulls tancats. El fisioterapeuta en sedestació en una cadira col·locada al cantó cranial de la llitera, col·locarà les palmes de les mans sota el cap del pacient, descansant els dits sota la projecció del arc posterior del atlas. S'exercirà pressió cap amunt i en direcció al terapeuta i es mantindrà durant 2 minuts fins aconseguir la relaxació del teixit. [Taula 5]

L'estudi de Quintana et al. 2009¹⁴ demostra que les tècniques d'inhibició occipital poden augmentar la flexibilitat dels ISQ.

A més d'estandarditzar els temps totals de tractament pels subjectes de cada grup, es mantindrà el cegament per l'estudi mitjançant l'estandardització de l'interval entre les avaluacions de les variables de resultat per tots els subjectes. Cap pacient haurà de referir dolor o molèsties persistents relacionades amb la participació en l'estudi.

Es considerarà una freqüència de 2 a 3 sessions per setmana. La duració de cada sessió serà d'aproximadament de 30 a 60 minuts tant del grup control com el grup intervenció. Això permetrà incloure un escalfament adequat, la realització de les intervencions i una part final de feedback amb el pacient.

Les intervencions es duran a terme en un període de 8-12 setmanes i es farà un seguiment a llarg termini per avaluar l'efectivitat en la prevenció de lesions. Es considerarà un seguiment d'un any després de finalitzar les intervencions per observar possibles recurrències de lesions o canvis a llarg termini de la flexibilitat muscular.

DISCUSSIÓ:

L'augment de la flexibilitat dels ISQ ha sigut identificada com un factor fonamental en el tractament i prevenció de lesions per sobre ús en les extremitats inferiors. La investigació ha explorat diverses tècniques d'estirament, com la PNF, estirament estàtic, pliomètric i balístic, així com diferents intensitats i freqüències d'estirament¹⁸. No obstant això, s'han realitzat pocs estudis sobre efectes d'altres intervencions per augmentar la flexibilitat dels ISQ.

Aquest estudi suggereix un nou model conceptual que considera la interrelació entre els diferents factors involucrats en les distensions dels ISQ, el que podria millorar els mètodes de prevenció i predicció d'aquestes lesions multifactorials¹⁹.

En un estudi de Weppeler i Magnusson²⁰ suggereixen que la flexibilitat muscular i la seva resposta a l'estirament està més relacionada amb les percepcions d'estirament i sensació de dolor que amb els efectes biomecànics del teixit muscular. Això es recolza amb l'evidència d'estudis que mostren que les tècniques d'inhibició en regions musculars distants poden afectar a la flexibilitat dels isquiotibials^{6,14}.

Els estudis trobats indiquen que les intervencions esmentades en aquest treball poden augmentar significativament el rang de flexió de maluc, comparat favorablement amb altres tècniques d'estirament. Tot i que es necessita més investigació sobre els mecanismes exactes darrere d'aquests canvis observats i seguiments a llarg termini per veure l'eficàcia en la prevenció de lesions.

Seria interessant aprofundir en la combinació de tècniques que han demostrat ser beneficioses de manera independent. En particular, s'ha investigat encara més el lliscament neurodinàmic, el que

ha generat una major evidència científica sobre aquesta tècnica en comparació amb les altres proposades.

Les alteracions funcionals dels músculs ISQ poden desencadenar fenòmens inflamatoris que acaben interferint en la correcta capacitat de moviment i en el manteniment del flux sanguini del nervi ciàtic, produint símptomes en la seva mecanosensibilitat. També és possible que l'alteració de la mecanosensibilitat del nervi sigui un factor contribuent a l'etiologia de la disfunció miofascial.

Els músculs isquiotibials exerceixen principalment funcions d'extensió del maluc i, de manera secundària, de flexió del genoll; això els confereix un avantatge mecànic notable en l'articulació del maluc. No obstant això, també exerceixen un paper crucial en les fases de postura i oscil·lació durant el procés de marxa, ja que estableixen el genoll en el moment del contacte inicial i desacceleren el fèmur en les fases posteriors.

Les intervencions destinades als músculs isquiotibials revesteixen d'una significació notable, perquè qualsevol alteració en la longitud d'aquests músculs pot afectar l'eficiència del sistema muscular. S'ha constatat que la condició d'escurçament i rigidesa dels músculs isquiotibials és freqüent, especialment en individus que mantenen un estil de vida sedentari¹⁴.

LIMITACIONS I CONTROLS DE POSSIBLES BIAIXOS:

És complex abordar el tema de la prevenció de lesions a llarg termini, ja que requereix tècniques que no poden ser implementades exclusivament pels pacients, sinó que requereixen la supervisió i assistència de professionals especialitzats, particularment en relació amb les tècniques d'inhibició suboccipital i tècniques diafragmàtiques. Tot i que és factible ensenyar exercicis de lliscament neurodinàmic, per exemple, és essencial tenir en compte l'adherència terapèutica, especialment considerant el context infantil.

Una altra limitació digna de menció és la manca de recentesa dels articles trobats durant la revisió bibliogràfica, amb la majoria d'ells no satisfent els criteris d'antiguitat establerts de cinc anys. Això evidencia una manca de recerca i actualització en aquest àmbit, la qual cosa pot impactar

negativament en la comprensió i aplicació de les pràctiques més innovadores en la prevenció de lesions en isquiotibials curts en nens.

Per altra banda, vull destacar que dins les tècniques del grup d'intervenció es va considerar la inclusió de la tècnica de facilitació neuromuscular propioceptiva (PNF), atès que es tracta d'una tècnica de notable interès i que, segons diversos articles¹⁷, ha demostrat comptar amb una considerable base d'evidència científica. No obstant això, a causa de la semblança amb la intervenció del grup control, s'ha optat finalment per excloure-la del protocol.

Finalment, és oportú assenyalar que el càlcul de la mida de mostra ha donat com a resultat un nombre considerablement elevat de participants, basant-nos en referències d'altres estudis, el que pot allargar el temps de reclutament en el nostre estudi.

Respecte a les variables d'estudi, és possible que referent a la flexibilitat dels ISQ hi hagi un biaix per part del terapeuta (biaix d'informació o mesurament). És difícil i subjectiu el valor que se li donarà a aquesta variable, per tant, és important que el terapeuta que pren les mesures d'un grup de pacients tant a l'inici com al final sigui el mateix, per evitar diferències d'opinió i mantenir un mateix punt de vista.

Finalment, destacar el biaix d'abandonament, ja sigui perquè el participant abandona l'estudi voluntàriament o per desaparició d'aquest.

CONCLUSIONS:

S'espera que l'aplicació conjunta de tècniques de lliscament neurodinàmic, inhibició suboccipital i les tècniques diafragmàtiques en un protocol integrat, contribueixi de manera significativa en la millora de la flexibilitat dels músculs isquiotibials, així com a la prevenció de lesions a curt termini.

RECOLLIDA, GESTIÓ I ANALISI DE DADES:

Mètodes de recollida de dades:

Per recollir les variables dependents, és el fisioterapeuta el que passa els tests pertinents abans i després de l'aplicació del tractament. El fisioterapeuta recull les dades manualment per després digitalitzar-les, i posteriorment, els avaluadors poder fer la gestió i l'anàlisi estadístic. Els fisioterapeutes que passen els tests no especificaran el grup al qual pertanyen els individus perquè tampoc ho sabran.

Gestió de dades:

Per la gestió, organització i anàlisi de dades s'utilitza l'*IBM SPSS Statistics* i el *Microsoft Office Excel®* per guardar-les durant el temps total de l'estudi.

Mètodes estadístics:

La variable d'estudi és quantitativa (angle de la prova SLR) i qualitativa (flexibilitat dels ISQ) . S'analitzen diferents perspectives de l'estudi:

Per tal de realitzar aquesta anàlisi es valorarà la normalitat de la distribució de dades. Si la mostra segueix una distribució normal (paramètrica) es farà la *T-student* i si no segueix una desviació normal (no paramètrica) es farà el *Wilcoxon test*.

Els resultats esperats per cada variable haurien de ser amb una $p > 0,05$ que fossin similars.

Per altra banda, s'analitzarà la diferència de cadascuna de les variables dins del mateix grup abans i al final del tractament. Se seguirà el mateix procediment tant pel grup intervenció com pel grup control. Com l'anàlisi es farà dins del mateix grup, si segueix una distribució normal (paramètrica) es farà la *T-student* de mostres aparellades i si no segueix una distribució normal (no paramètrica) es farà el Wilcoxon test de mostres aparellades. El que s'espera en els dos grups és que les diferències de l'inici al final siguin significativament diferents $p > 0,05$.

Per últim, es valorarà la diferència de les dues variables entre grups al final de tractament. Per tant, es tracta d'una variable quantitativa (SLR) amb una variable qualitativa (flexibilitat dels ISQ) i es valoraran els resultats al final del tractament. Es tindrà en compte la desviació normal.

Si segueix una distribució normal es farà la *T-student* i si no segueix una distribució normal es farà el Wilcoxon test.

ASPECTES ÈTICS I DE DISSEMINACIÓ:

Les accions d'aquest estudi segueixen el reglament de la *Declaració dels Drets Humans de Helsinki, actualitzada a Fortaleza, Brasil 2012*.

A més, les dades de tots els pacients estan protegides per la *Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales* a nivell d'Espanya. A nivell Europeu, pel *Reglamento UE 2016/679*.

Confidencialitat:

Les dades obtingudes i recollides al llarg de l'estudi estan protegides per les dues lleis esmentades anteriorment. Tota la informació recopilada durant aquest estudi serà tractada amb la màxima confidencialitat. Només l'equip de recerca tindrà accés a les dades personals dels participants. La informació recopilada s'utilitzarà únicament amb fins de recerca i es gestionarà d'acord amb les lleis i regulacions de protecció de dades.

Per preservar la confidencialitat, a cada participant se li assignarà un identificador únic que s'utilitzarà en lloc del seu nom en tots els documents i registres relacionats amb l'estudi.

Consentiment:

S'entrega aquest document per que el signin els pares dels adolescents que participen en l'estudi [Annex 2].

Declaració d'interessos:

Cap dels autors declara tenir conflicte d'interessos en aquest estudi.

Declaro que no tinc conflictes d'interessos financers en aquest estudi i no he rebut finançament d'organitzacions que puguin influir en els resultats. No tinc afiliacions comercials amb entitats relacionades amb la prevenció de lesions en infants. El meu únic propòsit és contribuir al camp

de la fisioteràpia pediàtrica i promoure la salut infantil mitjançant la prevenció de lesions als isquiotibials curts. He realitzat aquest treball amb integritat ètica i transparència, buscant proporcionar informació precisa i útil per a la comunitat acadèmica i professional.

Accés a les dades:

Les dades recollides a través del programa *Microsoft Office Excel®* romandran guardades el temps necessari per l'estudi i un temps posterior, i només es tindrà accés a elles si es forma part de l'equip d'estudi.

Atenció addicional i posterior a l'estudi:

Es durà a terme un seguiment periòdic amb els participants per avaluar el seu progrés i respondre a qualsevol pregunta o preocupació que pugui sorgir després de l'estudi. Això pot incloure sessions de seguiment presencials o comunicació remota a través de correu electrònic o telèfon, segons les preferències i disponibilitat dels participants.

En resum, l'atenció addicional i posterior a l'estudi se centrarà a proporcionar suport continu als participants, ajudant-los a aplicar els coneixements adquirits durant l'estudi en la seva vida diària i promocionant una millor salut i benestar muscular a llarg termini.

Política de disseminació:

La planificació per fer arribar als ciutadans l'article és enviar-lo a revistes de caràcter científic perquè el publiquin i així tots els ciutadans puguin tenir accés gratuït per llegir-lo. A més, es realitzaran cursos específics als col·legis per educar als nens i a les seves famílies en hàbits esportius saludables i explicar l'estudi que s'ha dut a terme.

Utilitat i aplicabilitat clínica:

Els resultats d'aquesta investigació poden ser d'una gran utilitat pels fisioterapeutes pediàtrics i altres professionals de la salut que treballen amb nens, ja que proporcionarà informació sobre les pràctiques en la prevenció de lesions als isquiotibials curts. Això els permetrà desenvolupar

programes d'intervenció específics, adaptats a les necessitats individuals de cada nen i a les demandes de la seva activitat física.

A més, la investigació també pot tenir implicacions en la pràctica clínica diària, ja que els fisioterapeutes podran utilitzar els coneixements adquirits per educar els nens, els seus pares i els seus entrenadors sobre la importància de la prevenció de lesions i sobre les estratègies específiques que es poden implementar per reduir el risc de lesions als isquiotibials curts.

BIBLIOGRAFIA:

1. Poudel B, Pandey S. Hamstring Injury. 2023 [citado el 22 de enero de 2024]; Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32644362/>
2. Silvers-Granelli HJ, Cohen M, Espregueira-Mendes J, Mandelbaum B. Hamstring muscle injury in the athlete: state of the art. J ISAKOS [Internet]. 2021 [citado el 28 de noviembre de 2023];6(3):170–81. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34006581/>
3. Ribeiro-Alvares JB, Dornelles MP, Fritsch CG, de Lima-e-Silva FX, Medeiros TM, Severo-Silveira L, et al. Prevalence of hamstring strain injury risk factors in professional and under-20 male football (soccer) players. J Sport Rehabil [Internet]. 2020 [citado el 28 de noviembre de 2023];29(3):339–45. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30747574/>
4. Yolanda Castellote Caballero D. efecto inmediato del deslizamiento longitudinal del ciático frente a estiramiento y placebo en adultos con síndrome de isquiotibiales cortos [Internet]. Granada, 20 de Julio de 2012. Disponible en: <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/22207/20725607.pdf?sequence=1>
5. Piqueras-Rodríguez F, Palazón-Bru A, Martínez-St John D, Folgado-de la Rosa D, Gil-Guillén V. A tool to quickly detect short hamstring syndrome in boys who play soccer. Int

- J Sports Med [Internet]. 2015 [citado el 28 de noviembre de 2023];37(01):1–5.
Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26509385/>
6. Valenza MC, Cabrera-Martos I, Torres-Sánchez I, Garcés-García A, Mateos-Toset S, Valenza-Demet G. The effects of doming of the diaphragm in subjects with short-hamstring syndrome: A randomized controlled trial. J Sport Rehabil [Internet]. 2015 [citado el 28 de noviembre de 2023];24(4):342–8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26115420/>
 7. Castellote-Caballero Y, Valenza MC, Puenteadura EJ, Fernández-de-las-Peñas C, Alburquerque-Sendín F. Immediate effects of neurodynamic sliding versus muscle stretching on hamstring flexibility in subjects with short hamstring syndrome. J Sports Med (Hindawi Publ Corp) [Internet]. 2014 [citado el 27 de enero de 2024];2014:1–8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26464889/>
 8. Piqueras-Rodríguez F, Palazón-Bru A, Gil-Guillén VF. Effectiveness analysis of active stretching versus active stretching plus low-frequency electrical stimulation in children who play soccer and who have the short hamstring syndrome. Clin J Sport Med [Internet]. 2016 [citado el 28 de noviembre de 2023];26(1):59–68. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25831408/>
 9. Luque Suárez A, Fuente Hervías MT, Barón López FJ, Labajos Manzanares MT. Relación entre el test de elevación de pierna recta y el test ángulo poplíteo en la medición de la extensibilidad isquiosural. Fisioter (Madr, Ed, Impresa) [Internet]. 2010 [citado el 17 de enero de 2024];32(6):256–63. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-fisioterapia-146-articulo-relacion-entre-el-test-elevacion-S0211563810001148>

10. González-Gálvez N, Vaquero-Cristóbal R, Marcos-Pardo PJ. Effect of Pilates Method on muscular trunk endurance and hamstring extensibility in adolescents during twelve weeks training and detraining. J Bodyw Mov Ther [Internet]. 2020 [citado el 18 de enero de 2024];24(2):11–7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32507135/>
11. Netter F. Atlas de anatomia humana. 2011;6 edición.
12. Arroyo W, Guanche CA. Proximal hamstring tears: Endoscopic hamstring repair. Arthroscopy [Internet]. 2021 [citado el 17 de enero de 2024];37(11):3227–8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34740402/>
13. Boulard C. Evaluación de la extensibilidad muscular. EMC - Kinesiterapia - Med Fis [Internet]. 2022;43(4):1–9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S129329652247126X>
14. Aparicio ÉQ, Quirante LB, Blanco CR, Sendín FA. Immediate effects of the suboccipital muscle inhibition technique in subjects with short hamstring syndrome. J Manipulative Physiol Ther [Internet]. 2009 [citado el 28 de noviembre de 2023];32(4):262–9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19447262/>
15. Random.org. [citado el 21 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.random.org/#lists>
16. Palmer TB, Agu-Udemba CC, Palmer BM. Acute effects of static stretching on passive stiffness and postural balance in healthy, elderly men. Phys Sportsmed [Internet]. 2018 [citado el 22 de enero de 2024];46(1):78–86. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29286882/>

17. Pérez-Bellmunt A, Casasayas-Cos O, Ragazzi P, Rodríguez-Sanz J, Hidalgo-García C, Canet-Vintró M, et al. Foam rolling vs. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching in the hamstring flexibility of amateur athletes: Control trials. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2023 [citado el 27 de enero de 2024];20(2):1439. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph20021439>
18. Marshall PWM, Cashman A, Cheema BS. A randomized controlled trial for the effect of passive stretching on measures of hamstring extensibility, passive stiffness, strength, and stretch tolerance. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2011 [citado el 25 de febrero de 2024];14(6):535–40. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21636321/>
19. Mendiguchia J, Alentorn-Geli E, Brughelli M. Hamstring strain injuries: are we heading in the right direction? *Br J Sports Med* [Internet]. 2012 [citado el 25 de febrero de 2024];46(2):81–5. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21677318/>
20. Weppeler CH, Magnusson SP. Increasing muscle extensibility: A matter of increasing length or modifying sensation? *Phys Ther* [Internet]. 2010 [citado el 2 de marzo de 2024];90(3):438–49. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20075147/>

TAULES I ANNEXOS:

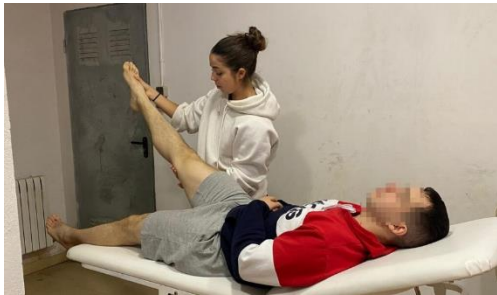
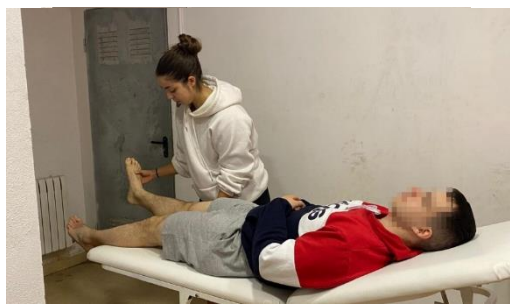
Taula 1: proves SLR, PKE i TT.

SLR	PKE	TT
		

Taula 2: estirament passiu estàtic dels ISQ i mobilitzacions passives de peu i turmell.

Estirament passiu estàtic dels ISQ	Mobilitzacions passives
 	 

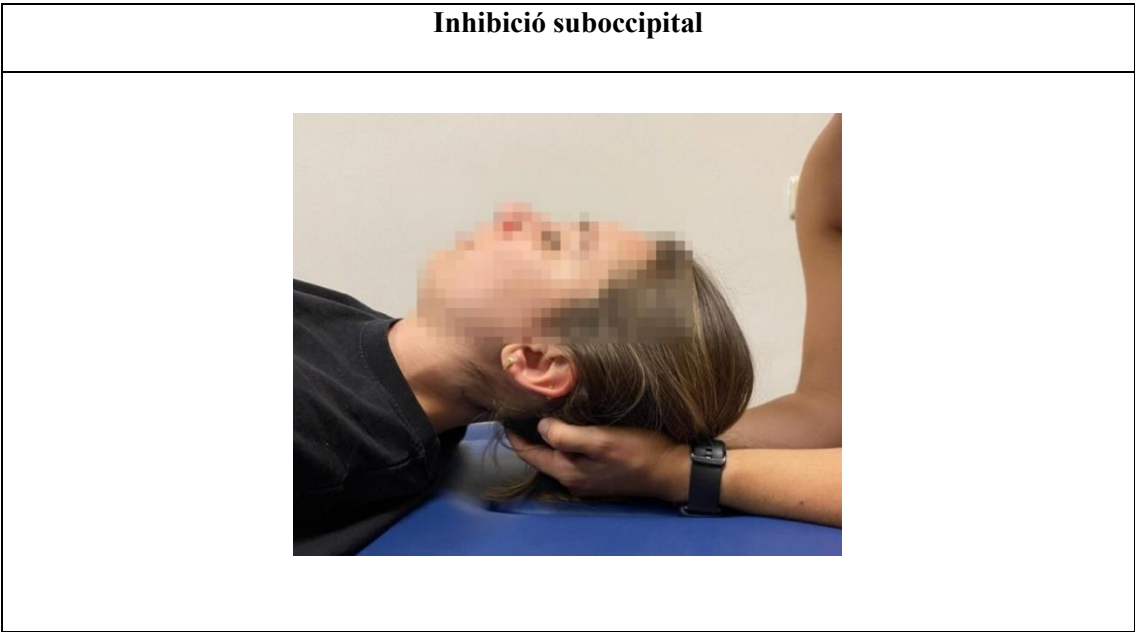
Taula 3: intervencions grup experimental (lliscaments neurodinàmics)

Lliscament neurodinàmic proximal	Lliscament neurodinàmic distal
	

Taula 3: intervencions grup experimental (tècniques diafragmàtiques)

Tècniques diafragmàtiques i variants:		
		

Taula 3: intervencions grup experimental (inhibició suboccipital)



Annex 1: GRANMO (càlcul de la grandària mostral)

Proporcions : Dos proporcions independents

Risc Alfa: ☒ 0.05 ☐ 0.10 ☐ Altre

Tipus de contrast: ☐ unilateral ☒ bilateral

Risc Beta: ☒ 0.20 ☐ 0.10 ☐ 0.05 ☐ 0.15 ☐ Altre

Proporció en el grup 1:

Proporció en el grup 2:

Raó entre el número de subjectes del grup 1 respecte del grup 2:

Proporció prevista de pèrdues de seguiment:

calcula Neteja resultats Neteja tot Selecciona tot Imprimir

Proporcions

Dos proporcions independents

- Observada respecte d'una de referència
- Mesures aparellades (repetides en un grup)
- Bloequivalència
- Estimació Poblacional
- Odds Ratio (Estudis de Casos-Control)
- Risc Relatiu (Estudis de Cohort)
- Potència d'un contrast

Mitjanes

Altres

14/03/2024 17:47:01 Dos proporcions independents (Proporcions)

Acceptant un risc alfa de 0.05 i un risc beta inferior al 0.2 en un contrast bilateral, calen 87 subjectes en el primer grup i 87 en el segon per detectar com estadísticament significatiu la diferència entre dos proporcions, que per el grup 1 s'espera sigui de 0.05 i el grup 2 de 0.2. S'ha estimat una taxa de pèrdues de seguiment del 20%. S'ha utilitzat l'aproximació del ARCSINUS.

Annex 2: Consentiment informat

Jo, en qualitat de pare/mare/tutor legal de , dono el meu consentiment per a que participi en el programa de prevenció de lesions als isquiotibials curts, dirigit per , sota la supervisió del fisioterapeuta , com a part del seu treball de fi de grau en fisioteràpia.

Entenc que l'objectiu d'aquest programa és prevenir lesions als músculs isquiotibials del meu fill/a, promovent la seva salut i benestar general. Reconec que les activitats realitzades poden incloure exercicis d'estirament, reforç i educació sobre el cura i la prevenció de lesions.

Sóc conscient que, tot i que es prendran totes les precaucions necessàries per garantir la seguretat del meu fill/a durant el programa, hi ha un risc inherent associat amb qualsevol activitat física, incloent la possibilitat de lesions. Entenc que el fisioterapeuta i el personal involucrat faran tot el possible per minimitzar aquests riscos.

Accepto que el meu fill/a pugui ser fotografiat o filmat durant les sessions amb el propòsit d'anàlisi i seguiment del progrés del programa. Entenc que aquestes imatges o vídeos seran tractats amb confidencialitat i només s'utilitzaran amb fins educatius i de recerca relacionats amb el programa.

Em comprometo a informar al fisioterapeuta sobre qualsevol condició mèdica preexistent o lesió anterior que pugui afectar la participació del meu fill/a en el programa. També em comprometo a assegurar-me que el meu fill/a participi de manera regular i puntual en les sessions programades, així com a seguir les recomanacions proporcionades per al cura a casa.

Reconeixo que se m'ha proporcionat l'oportunitat de fer preguntes i aclarir qualsevol dubte que pugui tenir sobre el programa de prevenció de lesions als isquiotibials curts. Entenc que puc retirar el consentiment del meu fill/a per a participar en qualsevol moment, sense cap penalització.

Per la present, dono el meu consentiment per a que el meu fill/a participi en el programa de prevenció de lesions als isquiotibials curts, i allibero de responsabilitat a i al seu personal de qualsevol reclamació, demanda o dany que pugui sorgir com a resultat de la seva participació en el programa.

Signatura del Pare/Mare/Tutor Legal: _____

Nom del Pare/Mare/Tutor Legal: _____

Data: _____

Annex 3: Pla de treball i cronograma d'investigació

Fases	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m	11 m	2a
Fase de planificació												
Definició d'objectius												
Revisió bibliogràfica												
Disseny protocol												
Metodologia												
Fase de preparació												
Selecció de mostra												

Obtenció de consentiments											
Formació de fisioterapeutes											
Fase de recol·lecció de dades											
Avaluacions inicials + aleatorització											
Avaluacions intermitges i finals											
Fase d'anàlisis											
Digitalització de dades											
Anàlisis estadístic											
Interpretació de resultats											
conclusions											
Fase de redacció i publicació											
Revisió i correcció											
Preparació i enviar article a revistes											
Disseminació											

Annex 4: Pressupost

Categoria	Descripció	Unitats/Persones	Durada	Cost Estimat (€)
Recursos Humans				35.000 - 45.000 €
Fisioterapeutes	Reclutament i selecció de participants	2	4 setmanes	
	Avaluació inicial i final dels participants	2	12 setmanes	
	Sessions d'intervenció	4	8-12 setmanes	
Investigador principal	Gestió general, revisió de literatura, anàlisi de dades	1	Durada total	
Personal administratiu	Coordinació, logística, comunicació amb escoles i participants	1	Durada total	
Recursos Materials				5.000 - 7.000 €
Goniòmetres	-	5 unitats	-	
Inclinòmetres	-	5 unitats	-	

Dinamòmetre manual	-	5 unitats	-	
Material de mobilització passiva	-	10 kits	-	
Material per a sessions	Camilles, esterils, etc.	-	-	
Despeses Administratives				3.000 - 5.000 €
Desplaçaments	Visites a escoles, transport de material	-	-	
Impressió de documents	Formularis de consentiment, protocols, etc.	-	-	
Software estadístic	IBM SPSS Statistics	-	-	
Altres Despeses				2.000 - 4.000 €
Formació del personal	Cursos o tallers en tècniques específiques	-	-	
Publicacions científiques	Costos associats a la publicació dels resultats en revistes científiques	-	-	
Total Estimat				
				45.000 - 61.000 €