

**ADVERTIMENT.** L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=ca>

**ADVERTENCIA.** El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=es>

**WARNING.** The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>



Tesi Doctoral

# **Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada**

Autora: Núria Carnicero Campmany

**Directors de la tesi:**

Dr Àngel Ferreres Claramunt

Dra Montserrat del Valle Jou

Dr Alfonso Rodríguez Baeza

**Tutor de la tesi:**

Dr Alfonso Rodríguez Baeza

Programa de Doctorat en Cirurgia i Ciències Morfològiques  
Departament de Ciències Morfològiques, Facultat de Medicina.

Universitat Autònoma de Barcelona, 2023.



A la meva mare i a les meves àvies.

A totes les doctores a qui més admiro i amb qui m'emmirallo, les meves referents:

La Miua, la Mar, la Montse, la Inma, l'Aroa, la Selma, la Goretti, la Berta i la Sara.

A la Mireia i a la Neus.

A les dones científiques del món.

A les bruixes que van perseguir, condemnar i executar al meu poble,

a Caldes de Montbui, el segle XVII.



# AGRAÏMENTS

El gaudi i la dedicació sincera són el més bonic que he tingut durant l'elaboració d'aquesta tesi. Només voldria aquí, amb unes poques línies, agrair a totes les persones que m'han acompanyat, i que m'acompanyen encara, que m'han transmès l'entusiasme i m'han dedicat temps i estima, generant el millor entorn de treball, de descans i de vida que hagués pogut tenir.

Als meus directors, l'Àngel, la Montse i l'Alfonso, pel seu temps, dedicació i esforç, i per tota la seva experiència i trajectòria, que dóna base sòlida i coherència a aquesta tesi. A l'Àngel i la Montse, per les bromes i les estones divertides al laboratori, per la seva professionalitat, per tot el que m'han ensenyat i per la calma que em transmeten. I a l'Alfonso, per la seva saviesa, per ser estricte i rigorós amb mi, malgrat sempre amagar un somriure al final de cada frase; per recordar-me que cal perseverar per assolir els objectius. Gràcies a tots tres per brindar-me aquesta oportunitat.

A la resta de companys i companyes a bord del laboratori i els seus tècnics. En especial a la Inma i a l'Enric, ja quasi doctors quan escric aquestes línies, amb qui més he compartit en aquests darrers mesos de recta final de doctorat. Però també al Miguel, l'Arnau, la Diana, el Guillem, la Maria, i el Dani.

Als meus companys i companyes d'equip a Hand Therapy BCN. El Vicenç i l'Elena Ozaes, que em van obrir les portes de la teràpia de mà i van convidar-me a ser la professional qui sóc ara. La Judit, per ser la meva companya i referent, amb qui hem crescut tots aquests anys, i amb qui marxaria sense dubtar-ho a una illa deserta. A la Carme, la Gemma, l'Elena Ríos, l'Ermengol i la Shanas, per fer tan complet l'equip de treball del què em sento tan orgullosa de formar part.

A la incansable Aroa, peça clau d'aquesta tesi i en la meva petita trajectòria com a dona científica; feliç de tenir-te com a companya i referent. Gràcies també a una persona important per mi, qui poc es deuria pensar que apareixeria en aquestes línies, en Josep Maria Potau. Gràcies per ser la meva inspiració a les teves classes d'anatomia, la persona qui va fer que m' enamorés de l'estudi del cos humà, qui em va obrir les portes d'una sala de dissecció per primera vegada i em va saber orientar en els meus primers passos en la recerca del doctorat. A l'Enric Sirvent, el meu mentor i amic, qui va fer que m' enamorés de la fisioteràpia i l'antropologia, tot llegint els llibres que em prestava de la Flora Davis o sobre les tribus indígenes de Nova Caledònia.

Al Nico, l'il·lustrador dels dibuixos d'aquesta tesi i publicacions, i també el millor dibuixant de vida i aventures. Desitjant sempre que sàpigues quant t'admiro com a persona i quant agraeixo tot el que fas per mi, pels kilòmetres que ens queden per recórrer i per tot allò que pots aconseguir.

Al meu pare Ignasi, la meva mare Maria Rosa i el meu germà gran, el Pau. Pel vostre amor incondicional i els valors que m'heu transmès, en la millor família que hagués pogut tenir.

Al meu avi Josep Maria, qui no hagués faltat el dia de la lectura d'aquesta tesi.

A la resta de la meva família i els meus amics. Als pacients i esportistes amb qui treballo dia a dia. A totes aquelles persones que d'alguna manera m'acompanyeu i de qui aprenc constantment.



# ÍNDEX D'ABREVIATURES

cm: centímetres

DASH: *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand*

FDP: flexor digitorum profundus

FDS: flexor digitorum superficialis

FPL: flexor pollicis longus

g: grams

h: hores

IF: interfalàngica

IFP: interfalàngica proximal

IFD: interfalàngica distal

kg: kilograms

MCF: metacarpofalàngica

mm: mil·límetres

SD: *Standard deviation*, desviació estàndard.

t: valor prova t de mostres independents

U: valor prova U de Mann-Whitney





# ÍNDEX

Resum .....	13
Abstract .....	15
1. INTRODUCCIÓ .....	17
1.1 LA MUSCULATURA INTRÍNSECA DE LA MÀ.....	19
1.2 ANATOMIA I FUNCIÓ DELS MÚSCULS LUMBRICALS.....	20
1.2.1 Anatomia dels lumbricals .....	20
1.2.2 Arquitectura i funció de la musculatura lumbrical .....	21
1.3 EL SISTEMA FLEXOR DELS DITS I EL FENOMEN DE LA QUADRIGA.....	25
1.3.1 Anatomia del flexor digitorum profundus.....	25
1.3.2 Funció del flexor digitorum profundus.....	26
1.3.3 Les beines tendinoses del sistema flexor .....	26
1.3.4 Els lliscaments tendinosos .....	28
1.4 L'EFECTE QUADRIGA I EL SISTEMA FLEXOR PROFUND - LUMBRICALS.....	31
1.4.1 L'efecte quadriga .....	31
1.4.2 El sistema flexor digitorum profundus - lumbrical en l'efecte quadriga .....	31
1.5 LA LESIÓ DEL MÚSCUL LUMBRICAL EN L'ESCALADA .....	38
1.5.1 Les lesions en l'escalada .....	38
1.5.2 La biomecànica de la presa.....	39
1.5.3 El mecanisme de lesió: l'efecte quadriga .....	40
1.5.4 La lesió del múscul lumbrical.....	41
1.5.5 Diagnòstic i presentació clínica .....	42
1.5.6 Tractament de la lesió .....	44
1.5.7 L'estirament del lumbrical en el tractament de les lesions musculars .....	46
1.6 EL CONCEPTE <i>RELATIVE MOTION</i> .....	47
1.6.1 Relative motion com a concepte: aplicabilitat clínica .....	47
1.6.2 Relative motion i efecte quadriga .....	48
2. HIPÒTESI .....	51

3. OBJECTIUS.....	55
3.1 Objectiu principal .....	57
3.2 Objectius secundaris.....	57
4. MATERIAL I MÈTODES .....	59
4.1 ESTUDI CLÍNIC.....	61
4.1.1 Consideracions ètiques.....	61
4.1.2 Disseny de l'estudi i característiques de la mostra .....	61
4.1.3 Variables d'estudi .....	62
4.1.4 Recollida de dades.....	63
4.1.5 Disseny de la fase experimental .....	64
4.1.6 Anàlisi estadística .....	66
4.2 ESTUDI BIOMECÀNIC .....	67
4.2.1 Consideracions ètiques.....	67
4.2.2 Disseny de l'estudi i característiques de la mostra .....	67
4.2.3 Variables d'estudi .....	69
4.2.4 Recollida de dades.....	70
4.2.5 Disseny de la fase experimental .....	71
4.2.6 Anàlisi estadística .....	73
5. RESULTATS.....	75
5.1 ESTUDI CLÍNIC.....	77
5.1.1 Anàlisi descriptiva de la mostra.....	77
5.1.2 Resultats per a cadascuna de les variables.....	79
5.2 ESTUDI BIOMECÀNIC .....	81
5.2.1 Anàlisi descriptiva de la mostra.....	81
5.2.2 Resultats de l'experiment 1.....	81
5.2.3 Resultats de l'experiment 2.....	85
6. DISCUSSIÓ.....	89
6.1 ESTUDI CLÍNIC.....	91
6.1.1 El mecanisme de lesió .....	91
6.1.2 Lesió del sistema flexor profund .....	91

6.1.3	Relative motion en el tractament de la lesió.....	93
6.1.4	El test d'estrès com a eina diagnòstica i de seguiment de la lesió.....	94
6.1.5	Procés de readaptació i exposició gradual al mecanisme de lesió.....	97
6.1.6	Recidives, lesions cròniques i infradiagnosticades.....	99
6.2	ESTUDI BIOMECÀNIC.....	100
6.2.1	Estudi del mecanisme de lesió.....	100
6.2.2	Lesió del sistema flexor profund.....	100
6.2.3	Efecte relative motion en el mecanisme de lesió.....	103
6.2.4	Efectes de la fèrula relative motion en el sistema lesionat.....	104
6.2.5	El test d'estrès en el sistema lesionat.....	104
6.3	DISCUSSIÓ GENERAL.....	106
6.3.1	Efecte quadriga i mecanisme de lesió.....	106
6.3.2	Principis de tractament sota el concepte relative motion.....	106
6.3.3	Lesió dissociativa en el sistema flexor profund.....	107
7.	CONCLUSIONS.....	111
8.	LÍNIES DE FUTUR.....	115
9.	BIBLIOGRAFIA.....	119
10.	ANNEXOS.....	127
10.1	ANNEX 1: Consideracions ètiques de l'estudi clínic.....	129
10.2	ANNEX 2: Consentiment informat als participants.....	130
10.3	ANNEX 3: Registre al <i>Clinical Trials</i> .....	141
10.4	ANNEX 4: Qüestionari QuickDASH.....	145
10.5	ANNEX 5: Consideracions ètiques de l'estudi biomecànic.....	146
10.6	ANNEX 6: Resultats de l'estudi clínic.....	147
10.7	ANNEX 7: Resultats de l'estudi biomecànic.....	151



# Resum

**INTRODUCCIÓ.** Malgrat que la lesió del múscul lumbrical és cada cop més prevalent en l'escalada, fins l'actualitat ha estat poc estudiada. La ruptura ocorre quan l'escalador adopta gestos asimètrics, com els bidits o tridits, provocant el mecanisme de la quadriga. Un cisallament actua entre els orígens bipenniformes en els tendons del flexor digitorum profundus (FDP). El test d'estrès confirma el diagnòstic quan apareix dolor al palmell. L'ús d'un embenatge en sindactília ha estat utilitzat en el tractament. Seguint els principis de la mobilització precoç i la curació guiada pel dolor, les fèrules relative motion podrien ser efectives, com han demostrat ser-ho en altres patologies similars de la mà.

**OBJECTIU.** Aquest estudi va analitzar l'eficàcia de la fèrula relative motion en el tractament de la lesió del quart lumbrical i va aprofundir en l'estudi del patomecanisme.

**MATERIAL I MÈTODES.** Es va realitzar un estudi prospectiu amb 50 escaladors amb una lesió del quart lumbrical. Van seguir un protocol amb una fèrula relative motion d'extensió del 5è dit. Es van avaluar els símptomes durant el test d'estrès, mitjançant dinamometria i goniometria. El grau de discapacitat va ser calculat mitjançant el qüestionari Quick DASH. Un segon estudi amb 20 espècimens va analitzar els efectes de la càrrega durant el mecanisme de lesió en un model cadavèric. Es van mesurar el lliscament proximal del tendó FDP i la flexió de l'articulació metacarpofalàngica del 5è dit. També es van estudiar els efectes de la fèrula durant el mecanisme i després de la ruptura. El valor de significança estadística ( $p$ -valor $<0,05$ ) va ser calculat mitjançant t test o U Mann Whitney test.

**RESULTATS.** Amb la fèrula, el dolor va desaparèixer immediatament en tots els individus. Després de 6 setmanes, es van registrar millores en el test d'estrès i va disminuir el grau de discapacitat. Tots els subjectes, asimptomàtics, van deixar d'utilitzar la fèrula i se'ls va aconsellar utilitzar durant l'escalada un embenatge en relative motion, per prevenir recaigudes. En el model cadavèric, la ruptura es va produir en tots els espècimens. Es va observar la desinserció de l'origen lumbrical respecte el tendó del 4t FDP, així com canvis en el FDP al terç distal de l'avantbraç. Després de la ruptura, sota una càrrega de 200g, era possible un major lliscament aïllat del tendó del 5è FDP, mentre que amb la fèrula relative motion o un embenatge en sindactília el lliscament permès era menor. La significança estadística va mostrar diferències significatives entre grups ( $p$  valor= 0.0001)

**DISCUSSIÓ.** Estudis previs havien mostrat resultats satisfactoris amb un embenatge en sindactília pel tractament d'aquestes lesions. La fèrula relative motion va mostrar ser efectiva també, provocant millores immediates en els símptomes i la funció de la mà en els pacients. En el model cadavèric, tant la fèrula com l'embenatge evitaven el mecanisme de lesió, però només la fèrula relative motion permetia cert efecte quadriga. La fèrula promouria el procés de curació, a la vegada que permetria una mobilització precoç i evitaria una formació excessiva de teixit fibrós. Comprendre la biomecànica del FDP és important en l'estudi de les lesions del lumbrical. El mecanisme de la quadriga pot comportar lesions dels lumbricals bipenniformes, però també del complex flexor profund a la mà i avantbraç. Altres síndromes dissociatives havien estat descrites, especialment en l'estudi de la mà dels músics.

**CONCLUSIÓ.** La present proposta suposa un canvi de paradigma en l'estudi de les lesions del lumbrical, que haurien de ser considerades, en realitat, com una lesió del complex flexor profund. Les fèrules relative motion poden utilitzar-se en el tractament.

**Paraules clau:** lumbrical, flexor digitorum profundus, quadriga, relative motion, escalada



# Abstract

**INTRODUCTION.** Although lumbrical muscle tears can often occur in sport climbing, this injury remains poorly studied. The rupture happens when a climber adopts asymmetric hand positions, like two or three-finger pockets. A shear force acts on the origins of the bipennate muscle in the flexor digitorum profundus (FDP) tendons, during the quadriga effect. Hand palm pain during the lumbrical stress test is used for the diagnosis. The test aims to reproduce the injury mechanism. The use of buddy-taping is been proposed in its management. Following the principles of early motion and pain-guided healing, relative motion orthoses could be effective in the treatment of lumbrical muscle injuries, as they have been widely used in similar hand conditions.

**OBJECTIVE.** This study aimed to analyse the effectiveness of relative motion orthoses in the management of lumbrical muscle tears, and to better understand the injury mechanism during the quadriga effect.

**METHODS.** A prospective study was performed on 50 adult climbers suffering from an injury of the 4th lumbrical muscle. They followed a protocol using a 5th finger extension relative motion orthosis. Symptoms in the lumbrical stress test were evaluated using sports-specific dynamometry and goniometry. Disability was assessed using the Quick DASH questionnaire. A cadaveric study was designed to analyse the effects of load during the injury mechanism, regarding the amount of FDP tendon gliding and metacarpophalangeal joint flexion. The effects of using a relative motion orthosis during the pathomechanism and after the rupture were also studied. 20 fresh-frozen cadaveric specimens were used in this study. Statistical significance ( $p$ -value $<0,05$ ) was assessed using t test or Mann Whitney U test.

**RESULTS.** While using the orthosis, pain disappeared immediately in all the subjects. After 6 weeks, improvements in the lumbrical stress test measurements were recorded and disability decreased. All the subjects stopped using the splint successfully and were advised to only use a relative motion taping for climbing, to prevent re-injuries. In the cadaveric model, rupture occurred in all specimens. Detachment from the 4th FDP was observed, from distal to proximal, and changes in FDP tendons at the distal forearm level too. After the rupture and under a load of 200g, a large proximal tendon gliding of the 5th FDP was possible, while the relative motion and the buddy-taping allowed reduced excursions. The statistical analysis showed significant differences when comparing groups ( $p$  value= 0,0001).

**DISCUSSION.** Previous studies had showed successful results while using buddy-taping in the conservative treatment. Relative motion orthoses were effective too, providing immediate improvements on symptoms and hand function in all patients. Both relative motion concept and buddy-taping prevented the injury mechanism in the specimens, but only relative motion allowed certain quadriga effect. This could permit healing process to happen, while promoting early motion and preventing excessive scar tissue formation. Understanding the biomechanics of FDP is important in the study of lumbrical injuries. The quadriga mechanism can lead to injury of the bipennate muscles, but also of the deep flexors complex in the hand and forearm. Other dissociative syndromes in the deep flexors complex had been described before, especially in the study of the musician's hand.

**CONCLUSION.** The present proposal would represent a paradigm shift in the understanding of lumbrical injuries, which should be considered as an injury in the deep flexors complex. Relative motion orthoses should be considered in their treatment.

**Key words:** lumbrical, flexor digitorum profundus, quadriga, relative motion, climbing





# **1. INTRODUCCIÓ**



## 1.1 LA MUSCULATURA INTRÍNSECA DE LA MÀ

La musculatura intrínseca de la mà està classificada en tres grups. Els músculs de l'eminència tènar (flexor pollicis brevis, abductor pollicis brevis, opponens pollicis i adductor pollicis); els músculs de l'eminència hipotènar (abductor digiti minimi, flexor digiti minimi brevis i opponens digiti minimi); i els músculs interossis i lumbricals. A més a més, el múscul palmaris brevis, un múscul superficial a la vora ulnar de la mà, també forma part de la musculatura intrínseca.

Els músculs interossis i lumbricals són descrits sovint agrupats degut a la seva proximitat topogràfica i al seu paper clau i sinèrgic en la funció de la mà. Tot i així, tenen característiques anatòmiques i biomecàniques claus que els diferencien. Tots ells són descrits i numerats de radial a cubital.

Els músculs interossis ocupen els espais entre els metacarpians i es divideixen en dos grups: els interossis palmars i els interossis dorsals, ambdós amb un origen al periosti dels ossos metacarpians.

Els músculs interossis palmars són més petits. S'originen a la cara palmar i més superficial dels metacarpians, a un dels costats radial o cubital del metacarpí, sempre al costat que mira cap al tercer dit. La seva inserció és a l'aparell extensor (aponeurosi dorsal) formant part de la bandeleta lateral. N'hi ha tres, un per cada dit trifalàngic, a excepció del tercer dit que no en té. El primer interossi palmar, pertanyent al dit polze, sovint és rudimentari i alguns anatomistes no el consideren (correspondria al fascicle profund del flexor curt del polze). Els músculs interossis palmars són els encarregats de l'adducció dels dits cap a la línia mitja de la mà (el tercer dit) i contribueixen de forma important en els moviments de flexió de les articulacions metacarpofalàngiques (MCF) i extensió de les articulacions interfalàngiques (IF). De forma aïllada, cada interossi palmar també actua com a rotador intern del dit des de l'articulació MCF i, a més, estabilitza el tendó extensor a l'articulació MCF.

Els músculs interossis dorsals són quatre músculs bipenniformes amb origen als quatre espais intermetacarpians. Són més grans, amb una àrea de secció transversal fisiològica més important. La seva inserció es troba principalment a l'aparell extensor (aponeurosi dorsal), però també a la base de la falange proximal; amb algunes variacions anatòmiques per alguns d'ells, que només s'insereixen a l'aparell extensor (sobretot el tercer i quart interossis dorsals). Els músculs interossis dorsals actuen com a abductors o separadors i també rotadors externs dels dits respecte la línia mitja (el tercer dit) i són, juntament amb els interossis palmars, els principals flexors de les articulacions MCF i extensors de les IFs.<sup>1</sup>

De forma general, la musculatura interòssia palmar i dorsal és innervada per la branca profunda del nervi ulnar. Les variacions anatòmiques en la seva innervació no són comunes.<sup>2</sup>

En conjunt, la musculatura interòssia palmar i dorsal contribueix de forma important a la funció de tancament de la mà, en sinèrgia amb la musculatura extrínseca. La paràlisi d'aquesta musculatura pot suposar una pèrdua greu de la força de pressió i portar la mà cap a la deformitat en garra o mà extrínseca.

Els músculs lumbricals són els darrers d'aquest grup dins la musculatura intrínseca de la mà.

## 1.2 ANATOMIA I FUNCIO DELS MÚSCULS LUMBRICALS

### 1.2.1 Anatomia dels lumbricals

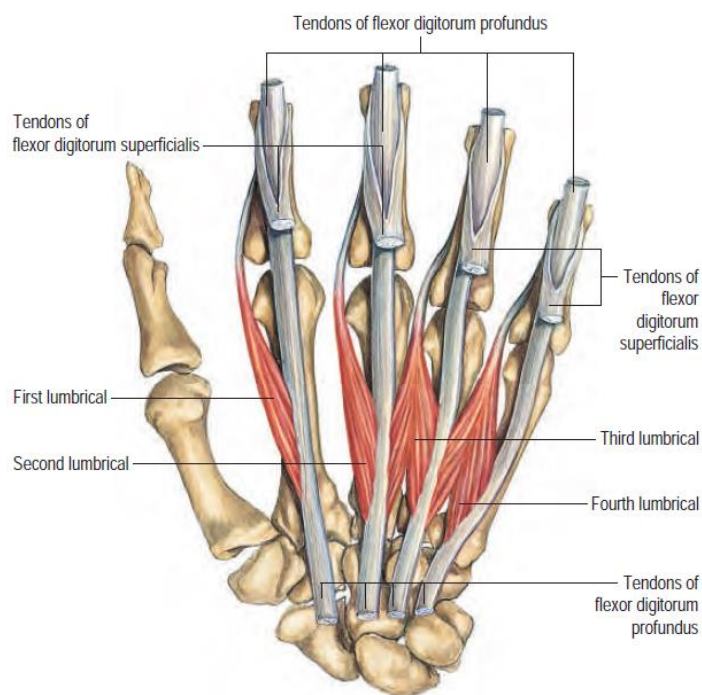
A diferència dels músculs interossis, els músculs lumbricals tenen l'origen i la inserció mòbils i la seva àrea de secció transversal fisiològica és més petita.

Els conformen quatre ventres musculars amb origen en el flexor digitorum profundus (FDP), distal al túnel carpià, i amb inserció a l'aparell extensor (aponeurosi dorsal) dels quatre dits trifalàngics, a través de la bandeleta lateral, als quatre dits trifalàngics (Figura 1). Per arribar a la seva inserció, els tendons passen ventralment al lligament metacarpà transvers profund.

El primer i el segon lumbricals són unipenniformes. Tenen origen a la vora radial i palmar dels tendons del FDP del segon i tercer dits, respectivament. Són els lumbricals més voluminosos.

El tercer i quart lumbricals, en canvi, són bipenniformes: el tercer, amb origen en els tendons del tercer i quart FDP; el quart, amb origen en els tendons del quart i cinquè FDP.

Tots quatre fan el seu recorregut per la vora radial del dit corresponent, fins a la seva inserció també al marge radial de l'aparell extensor (aponeurosi dorsal), lleugerament distal a la inserció dels interossis.<sup>1,3</sup>



**Figura 1. Visió anterior de la mà, musculatura lumbrical i tendons flexors.** Standring S. Gray's anatomy: The anatomical basis of clinical practice. 42nd ed. Edinburgh: Elsevier; 2020.

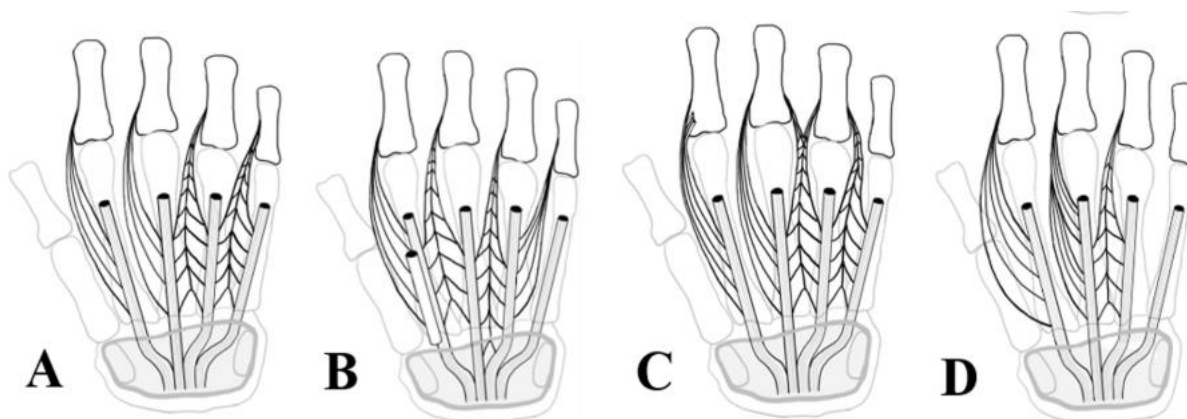
La innervació de la musculatura lumbrical segueix el mateix patró que la del múscul FDP: el primer i segon lumbricals són innervats pel nervi medià, a través de branques que arriben als músculs per la seva cara superficial, mentre que el tercer i quart lumbricals són innervats per la branca profunda del nervi cubital, branques que li arriben per la seva cara profunda. Aquesta innervació procedeix dels segments C8 i T1.

Generalment aquest patró és constant en la majoria dels individus, malgrat que s'han descrit algunes variacions.<sup>2-4</sup>

Les variacions anatòmiques de la musculatura lumbrical són freqüents i es consideren les més habituals en l'estudi anatòmic de la mà humana.<sup>3,4</sup>

Orts Llorca, l'any 1977, va considerar que tan sols el primer lumbrical era unipenniforme, mentre que el segon, el tercer i el quart eren bipenniformes.<sup>5</sup> Altres autors, també van descriure diferents variacions per cadascun dels quatre músculs lumbricals, fent referència al seu origen, inserció, innervació, la seva presència o absència, la presència d'un ventre muscular accessori, entre altres.<sup>4</sup>

En una revisió sistemàtica i meta-anàlisi, Belbl et al (2023)<sup>3</sup> van descriure el tercer lumbrical com el múscul amb més variabilitat entre individus. Amb una prevalença del 12% dels casos, el tercer lumbrical presentava una innervació dual (nervi medià i nervi cubital). Malgrat tot, les variacions en la innervació no són les més comunes. La presència d'un ventre muscular accessori en el primer lumbrical (3,8%), un origen variable en el segon lumbrical (7,7%) i una inserció variable en el quart lumbrical (5,8%), van ser descrites com a les variacions més comunes per als tres músculs lumbricals restants (Figura 2).



**Figura 2.** Il·lustració de diferents variacions de la musculatura lumbrical. A: normalitat. B: 1r lumbrical (origen accessori al FDS), 2n lumbrical (origen bipenniforme), 3r lumbrical (origen proximal), 4t lumbrical (origen unipenniforme). C: 1r lumbrical (inserció accessòria a la falange proximal), 3r lumbrical (inserció doble), 4t lumbrical (inserció desplaçada). D: 1r lumbrical (hipertròfia), 2n lumbrical (ventre muscular accessori), 4t lumbrical (absència). Belbl M et al. Variations of the lumbrical muscles of the hand: Systematic review and meta-analysis. Ann Anat. 2023 Apr;247:152065.

### 1.2.2 Arquitectura i funció de la musculatura lumbrical

El nom "lumbrical" prové del llatí *lumbricus*, i la primera ressenya trobada on es va utilitzar aquesta nomenclatura data del segle XVI, de l'autor Jacobus Sylvius (1556). *Lumbricus*, que significa "cuc de terra", fa referència a una de les característiques principals en l'arquitectura dels músculs lumbricals: són prims i allargats.<sup>3,6</sup>

I és que l'arquitectura dels músculs esquelètics en determina de forma directa la seva funció. L'arquitectura es defineix com la disposició de les fibres musculars en relació al seu eix de generació de força. De manera

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

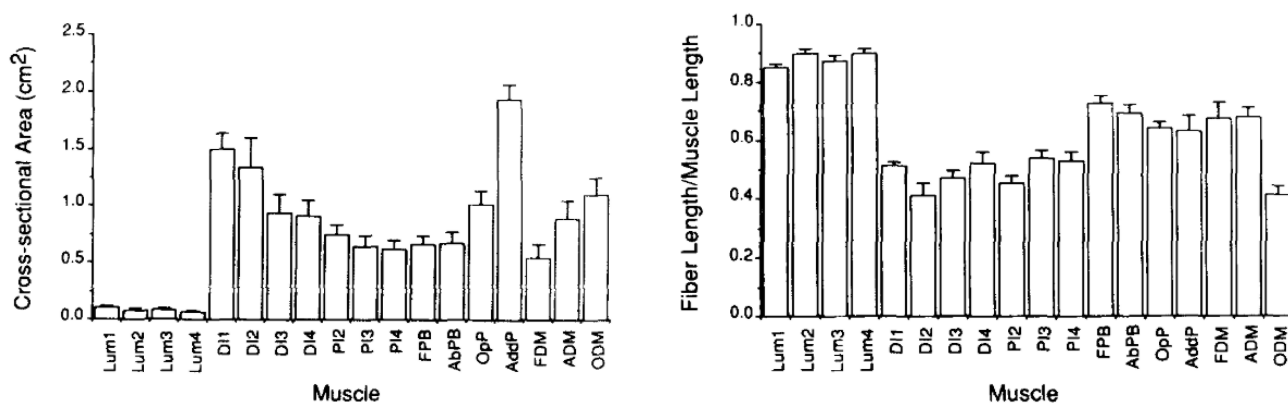
que la longitud del múscul i la seva àrea de secció transversal fisiològica són dos factors determinants en la capacitat d'excursió del múscul, la seva velocitat de contracció i la seva força.

Segons un estudi realitzat en 9 espècimens (Jacobson et al, 1992), els músculs lumbricals presenten les fibres musculars de més longitud d'entre la musculatura intrínseca de la mà (40-48mm de longitud) i la massa muscular més petita d'entre tota la musculatura intrínseca i extrínseca de la mà (0,23-0,57g). La seva àrea de secció transversal fisiològica és la més reduïda (0,06-0,11cm<sup>2</sup>) de tota l'extremitat superior, i 10 i 20 vegades menor a la del múscul FDP (amb una àrea de secció transversal de 2,0cm<sup>2</sup>). Així, presenten la ràtio longitud de fibra muscular – longitud de múscul molt alta (0,85-0,90), la més alta de l'extremitat superior; en comparació amb els músculs interossis (0,41-0,55), on aquesta ràtio és molt menor i comparable amb la musculatura de l'avantbraç (Figura 3 i Figura 4).

Muscles	Muscle Mass (gm)	Muscle Length (mm)	Fiber Length (mm)	Physical Cross-Sectional Area (cm <sup>2</sup> )	Fiber Length/Muscle Length Ratio
L1	0.57 ± 0.19	64.9 ± 10.0	55.4 ± 10.2	0.11 ± 0.03	0.85 ± 0.03
L2	0.39 ± 0.22	61.2 ± 17.8	55.5 ± 17.7	0.08 ± 0.04	0.9 ± 0.05
L3	0.37 ± 0.16	64.3 ± 8.9	56.2 ± 10.7	0.08 ± 0.04	0.87 ± 0.07
L4	0.23 ± 0.11	53.8 ± 11.5	50.1 ± 8.4	0.06 ± 0.03	0.9 ± 0.05
DI 1	4.67 ± 1.17	61.9 ± 2.5	31.7 ± 2.8	1.50 ± 0.4	0.51 ± 0.05
DI 2	2.65 ± 1.01	62.8 ± 8.1	25.1 ± 6.3	1.34 ± 0.77	0.41 ± 0.13
DI 3	2.01 ± 0.66	54.9 ± 4.6	25.8 ± 3.4	0.95 ± 0.45	0.47 ± 0.07
DI 4	1.90 ± 0.62	50.1 ± 5.3	25.8 ± 3.4	0.91 ± 0.38	0.52 ± 0.11
PI 2	1.56 ± 0.22	55.1 ± 5.0	25.0 ± 5.0	0.75 ± 0.25	0.45 ± 0.08
PI 3	1.28 ± 0.28	48.2 ± 2.9	26.0 ± 4.3	0.65 ± 0.26	0.54 ± 0.08
PI 4	1.19 ± 0.33	45.3 ± 5.8	23.6 ± 2.6	0.61 ± 0.23	0.52 ± 0.10

Adapted with permission from Jacobson MD, Raab R, Fazeli BM, et al. Architectural design of the human intrinsic hand muscles. *J Hand Surg Am.* 1992;17(5):804–809. Copyright © 1992, with permission from Elsevier.

**Figura 3: Propietats de la musculatura interòssia i lumbrical de la mà.** Wang K et al. A biomechanical and evolutionary perspective on the function of the lumbrical muscle. *J Hand Surg Am.* 2014;39(1):149–55.



**Figura 4: Gràfics de les àrees de secció transversal fisiològiques de la musculatura intrínseca de la mà i de la seva ràtio Longitud de fibra/Longitud muscular.** Jacobson et al. Architectural design of the human intrinsic hand muscles. *J Hand Surg Am.* 1992 Sep;17(5):804-9.

Segons Jacobson, els lumbricals són un clar exemple d'adaptació en la seva arquitectura. Les seves fibres musculars són capaces d'elongar-se un 85-90% del total de la longitud muscular, de manera que estarien especialment dissenyats per a llargues excursions. La seva corba longitud-tensió és plana i àmplia. Permetria als lumbricals mantenir la capacitat de contracció, independentment de l'elongació de les seves fibres, que depèn de forma directa del desplaçament del seu origen tendinós que és mòbil, el FDP. Si, per contra, les fibres musculars del lumbrical fossin curtes, el desplaçament del tendó del FDP provocaria un estirament excessiu del sarcòmer del lumbrical dificultant-li la contracció i la generació de força muscular.<sup>7</sup>

Són també altres les característiques que converteixen els lumbricals en únics i particulars, respecte la resta de grups musculars del cos humà. Mentre que la majoria dels músculs tenen origen i inserció ossis, els lumbricals són els únics amb origen i inserció en tendons, és a dir, amb origen i inserció mòbils.<sup>1,3,6</sup> Aquest fet diferencial fa que sigui difícil determinar-ne la seva funció, donat que aquesta pot ser canviant, en cada moment, en funció de la posició en què es trobin les articulacions dels dits, és a dir, en funció de l'activitat extensora i flexora dels dits.

Tenint en compte la seva anatomia, el seu recorregut de volar cap a dorsal passant per les articulacions MCF i les articulacions IFs, seria normal associar als lumbricals la funció motora de la flexió de la MCF i l'extensió de les IFs. Els primers estudis biomecànics van aconseguir simular-ho *in vivo* i van confirmar aquesta hipòtesi.<sup>8,9</sup> Estudis biomecànics posteriors, però, van associar als lumbricals només un 10% de la força extensora de les IFs, corresponent el 90% restant a la musculatura interòssia.<sup>10</sup> De la mateixa manera, altres estudis van concloure que el 22% de la força de flexió de la MCF és produïda per la musculatura interòssia, mentre que els lumbricals només són responsables d'un 2-3% del total.<sup>11</sup>

Així doncs, la poca força muscular, així com la pobra àrea de secció transversal fisiològica dels músculs lumbricals, fan pensar que la funció motora d'aquests és limitada. L'evidència destaca doncs la seva importància en la propiocepció i el seu paper clau en les tasques de precisió i motricitat fina dels dits i la mà. En especial, es destaca la seva funció propioceptiva en els moviments de les articulacions interfalàngiques proximals (IFP) i interfalàngiques distals (IFD) dels dits trifalàngics, donat que petits canvis en els graus de moviment d'aquestes articulacions, es tradueixen en grans canvis en la seva excursió muscular. També serien bons candidats per a monitoritzar l'equilibri entre els flexors i extensors, donada la seva situació com a interconnectors estructurals entre els dos grups musculars antagonistes.<sup>3,6,12</sup>

Però a més a més, hi ha un últim factor que contribueix clarament a la teoria de la seva funció propioceptiva. Els lumbricals són els músculs de l'extremitat superior amb més fusos neuromusculars, sent un total de 139. Els fusos neuromusculars són receptors sensitius característics dels músculs involucrats en moviments de precisió i presents en els músculs de menor volum. Des del punt de vista evolutiu, s'ha vist que l'ésser humà és l'espècie amb més fusos neuromusculars en els lumbricals, comparat amb la resta de primats i la resta de mamífers<sup>13</sup>. La disminució en la mida dels músculs lumbricals i l'augment en el nombre de fusos neuromusculars, es correspondria amb el canvi de la seva funció en les extremitats superiors de l'ésser humà, cap a una activitat més precisa, per a la manipulació d'objectes i la motricitat fina.



Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

Per altra banda, s'atribueix als músculs lumbricals una funció important en el control motor de la pinça. S'ha vist que el nombre de fusos neuromusculars és més gran en els músculs primer i segon lumbricals, corresponents als dits índex i mig, respecte al tercer i quart lumbricals. A més, aquests són innervats pel nervi medià, com gran part de la musculatura tènar. Aquesta innervació comú reforçaria la coordinació durant la pinça tridigital de primer, segon i tercer dits. <sup>6,13</sup>

En conclusió, la baixa àrea de secció transversal fisiològica, l'alta capacitat d'elongació dels lumbricals, l'alta presència de fusos neuromusculars i la seva disposició entre els aparells flexors i extensors dels dits, fan pensar en una important funció propioceptiva i escassa funció motora. A diferència de la musculatura interòssia que, amb una àrea de secció transversal fisiològica important i una mínima longitud fibril·lar, asseguren un grau de força superior.

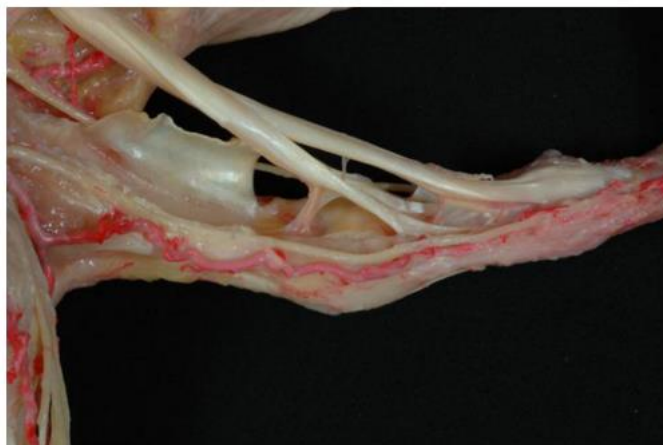
## 1.3 EL SISTEMA FLEXOR DELS DITS I EL FENOMEN DE LA QUADRIGA

### 1.3.1 Anatomia del flexor digitorum profundus

El múscul flexor digitorum profundus (FDP) forma part del grup de músculs del compartiment anterior i profund de l'avantbraç, juntament amb els músculs flexor pollicis longus (FPL) i pronator quadratus. És l'únic flexor de les articulacions IFDs dels dits llargs, treballant de forma sinèrgica amb el múscul flexor digitorum superficialis (FDS), del compartiment anterior.

El múscul FDP s'origina, profund al FDS, a les tres quartes parts proximals de la cara anterior i medial de l'ulna. Des de la inserció del múscul braquial al colze, s'estén fins pràcticament al pronator quadratus. Té un segon origen a través de l'aponeurosi que comparteix amb els músculs flexor carpi ulnaris i extensor carpi ulnaris, des de l'apòfisi coronoide, en una depressió en la seva cara medial, a les tres quartes parts proximals de la vora posterior de la ulna i a la cara anterior i ulnar de la membrana interòssia. En alguns casos, el FDP pot rebre feixos accessoris provinents del radi cap al FDP del segon dit, o altres feixos provinents del FDS, del FPL, de l'epicòndil medial o de l'apòfisi coronoide.

Té inserció a la falange distal dels dits llargs, a través de quatre tendons que recorren profunds al retinacle flexor i als tendons del FDS al palmell de la mà, on es converteixen en origen per als músculs lumbricals. A nivell de la falange proximal dels dits, es fan superficials entre les dues divisions del FDS, en la decussació dels flexors, per arribar fins a la seva inserció a la cara anterior del terç proximal de les falanges distals.<sup>1</sup> En la seva porció distal, el tendó presenta una línia longitudinal que insinua una subdivisió abans de la seva inserció, que la conforma un tendó de forma aplanada i ampla, en forma de vano a la falange distal (Figura 5).<sup>14</sup>



**Figura 5: Visió lateral de les insercions tendinoses del FDS i FDP i les seves víncules.** Morro Martí MR et al. Anatomía aplicada a la cirugía de los tendones flexores. Rev Iberoam Cirugía la Mano. 2015;43(02):128-34.

Els ventres musculars del FDP tenen dues innervacions que li arriben per la cara superficial: els ventres del FDP del segon i tercer dits són innervats pel nervi interossi anterior, pertanyent al nervi medià (tot i que existeixen variacions en la innervació del FDP del tercer dit); els ventres del FDP del quart i cinquè dits són innervats pel nervi ulnar.

### 1.3.2 Funció del *flexor digitorum profundus*

Per la seva inserció a la falange distal dels dits, el múscul FDP és l'únic capaç de realitzar la flexió de les articulacions IFDs. A més a més, donada la seva localització a la cara anterior de canell i mà, participa en la flexió de les articulacions per on passa; però especialment és flexor dels dits, treballant de forma coordinada amb el FDS.

És possible diferenciar clínicament la funció dels músculs FDS i FDP. En primer lloc, donat que el múscul FDS té feixos musculars independents i específics per cadascun dels dits, aquests poden flexionar de forma individual cadascuna de les articulacions IFPs. Aquesta acció independent per a cadascun dels dits del FDS es pot testar clínicament demanant la flexió activa d'un dels dits, mentre que es fixen passivament en extensió la resta dels dits, per descartar la contracció del FDP.

El test clínic que s'utilitza per aïllar la funció del múscul FDP consisteix en demanar en un dit la flexió activa de l'articulació IFD mentre es manté en extensió de forma passiva l'articulació IFP del mateix dit (Figura 6).<sup>1</sup>

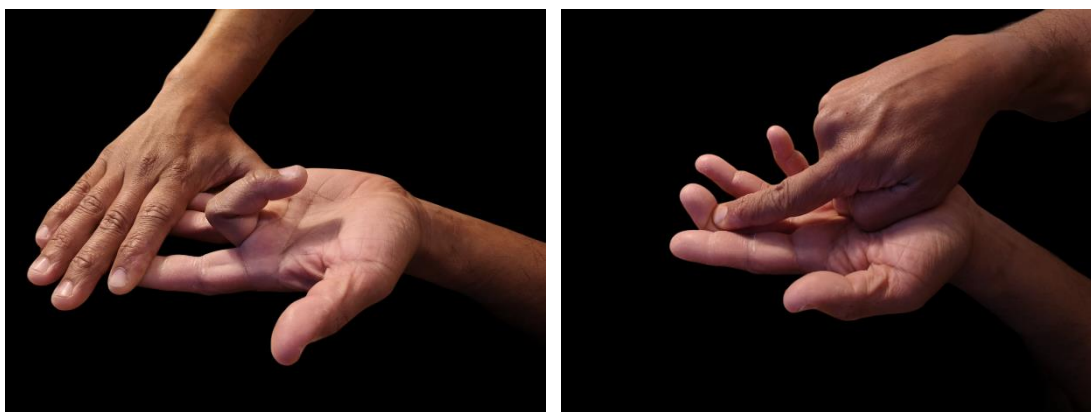


Figura 6: Tests clínics diferencials per als FDS i FDP. A l'esquerra, test clínic per al FDS del tercer dit. A la dreta, test clínic per al FDP del tercer dit. Fotografies de N.Carnicero.

### 1.3.3 Les beines tendinoses del sistema flexor

Els tendons flexors extrínsecs dels dits disposen d'un conjunt d'estructures per garantir la seva funció motora a través del lliscament tendinós: les beines fibroses (o sistema de politges), les beines sinovials, els mesotendons i les víncules. Aquestes estructures tenen funcions específiques diferenciades per fixar i orientar els tendons al llarg del seu recorregut i proveir-los de vascularització.

El túnel carpià (*canalis carpi*), el túnel palmar dels tendons flexors i les beines fibroses digitals formen el sistema de politges flexores. El túnel carpià, conducte osteofibrós, es troba situat a la cara anterior del carp. El túnel palmar dels tendons flexors FDS i FDP, són els túnels fibrosos de retenció de Zancolli, situats a nivell del terç distal de la zona metacarpiana de cadascun dels dits trifalàngics, en relació estreta amb els músculs lumbricals. I per últim, les beines fibroses digitals les conformen les cinc politges anulars (A1, A2, A3, A4 i A5) i les tres politges cruciformes (C1, C2 i C3). Les politges anulars es troben fixades a les crestes laterals de les

falanges proximal i mitja o a les plaques palmars de les articulacions MCFs i IFs; són consistents i eviten la migració anterior del tendó flexor. Les politges cruciformes són més fines i afavoreixen l'aproximació de les politges anulars entre sí durant els moviments de flexió.

A l'interior de les beines fibroses, es troba la beina sinovial, que està formada per dues capes. La capa visceral o epitendó és la capa interna, en contacte amb el tendó. La capa parietal és la capa externa, en contacte amb la beina fibrosa. Les dues capes formen una cavitat tancada que conté líquid sinovial.

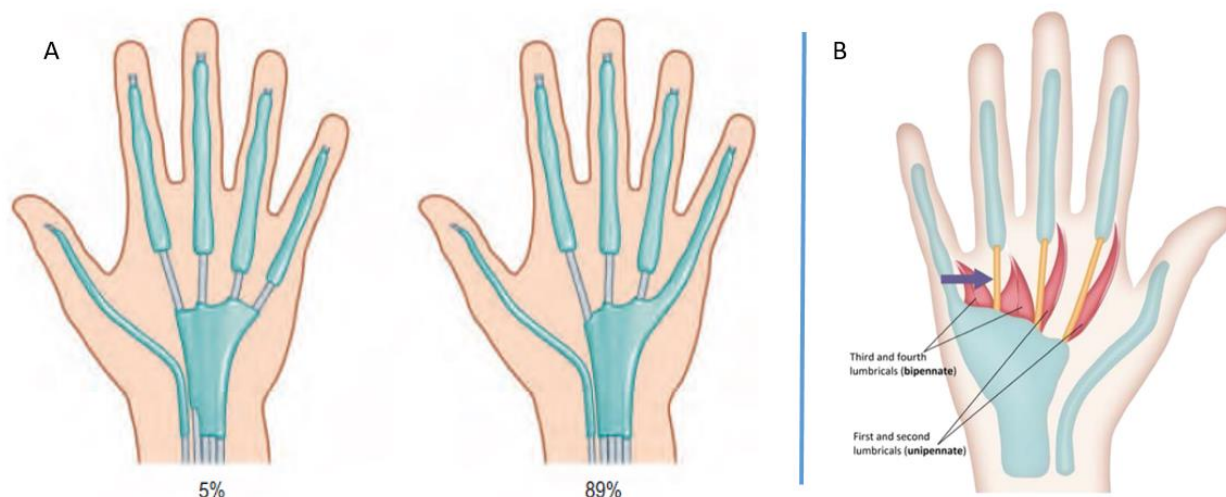
En el sistema flexor dels dits, trobem dos grups de beines sinovials: les beines digitocarpianes radial i cubital, que s'estenen fins als canals digitals del primer i el cinquè dits, i les beines digitals, per als dits restants (Figura 7 i Figura 8).

La beina digitocarpiana radial correspon al primer dit i s'estén fins al túnel carpià. La beina digitocarpiana cubital correspon al cinquè dit, s'estén fins al túnel carpià i també engloba la resta de tendons del FDS i del FDP, sent la més gran. S'han descrit variants anatòmiques, que es podrien estendre fins 2,5cm proximals al retinacle flexor, per exemple, i interconnexions entre elles.

Les tres beines digitals corresponen als dits segon, tercer i quart i s'estenen des del coll del metacarpí fins a la falange distal, en els límits amb les beines fibroses digitals.



**Figura 7: Preparació anatòmica de les beines sinovials digitals i digitocarpianes, injectades amb làtex.** Morro Martí MR et al. Anatomía aplicada a la cirugía de los tendones flexores. Rev Iberoam Cirugía la Mano. 2015;43(02):128–34.



**Figura 8. A) Esquema de la disposició normal i variacions de les beines sinovials de la mà.** Standing S. Gray's anatomy: The anatomical basis of clinical practice. 42nd ed. Edinburgh: Elsevier; 2020.

**B) Esquema de la relació entre la sinovial i els quatre músculs lumbricals.** Wang EH, Loftus WK, Bird SJ, Sampson MJ. Ring finger lumbrical origin strain: a case series with imaging findings. Skeletal Radiol [Internet]. 2016 [cited 2018 Dec 29];45(12):1729–34.

Per últim pel que fa a la vascularització, les beines musculotendinoses donen vascularització als tendons flexors a nivell de l'avantbraç i la part proximal de la mà. Són mesotendons laxes que circulen a través del paratendó i l'epitendó.

Les porcions tendinoses, a nivell de la mà i els dits, tant les zones extrasinovials com intrasinovials, també reben vascularització a través de mesotendons, sumada a l'aportació de nutrients a través del líquid sinovial.

Al canal digital, es defineixen les víncules: la víncula llarga i la víncula curta. Aquest sistema de mesotendons penetra per la cara dorsal dels tendons, a cadascun dels tendons del FDS i FDP. Les víncules llargues ho fan a nivell de les articulacions IFs; les víncules curtes, a nivell de la inserció tendinosa a la falange mitja o distal (vegeu Figura 5). La cara anterior dels tendons flexors i les porcions que queden sota les politges anulars, són les zones més avasculares.

Les insercions tendinoses, a nivell de la unió osteotendinosa, són vascularitzades a les entesis a través de petits vasos periòstics.

El fenomen del lliscament tendinós, fa indispensable tot aquest sistema d'irrigació i lubricació tendinosa, per garantir el moviment entre els tendons flexors i el seu sistema de beines fibroses.<sup>1,14,15</sup>

### 1.3.4 Els lliscaments tendinosos

Els tendons són les estructures encarregades de transmetre les forces musculars al sistema esquelètic. Perquè això es produeixi, és necessari un adequat desplaçament tendinós i el seu corresponent lliscament en relació a la resta d'estructures.

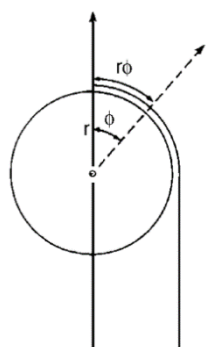
El lliscament tendinós es produeix quan un múscul es contrau i, aquest, produeix un moviment articular (anomenat en la literatura, rotació articular). La quantitat de lliscament tendinós és directament proporcional a la rotació articular, és a dir, el lliscament tendinós determina el moviment articular. Aquests dos conceptes són determinants per al moment de força o avantatge mecànic d'un tendó: es preserva la tensió muscular idònia (activa o passiva) durant el moviment articular.

Així doncs, el moment de força o avantatge mecànic d'un tendó ( $r$ ) es pot relacionar amb el diferencial ( $d$ ) de lliscament tendinós ( $E$ ) i de rotació articular ( $\phi$ ) a través de la següent equació:

$$r = dE / d\phi$$

De la mateixa manera, s'han descrit els factors que determinen el lliscament tendinós a través de les seves polities. Quan el tendó llisca proximalment, les tensions a nivell proximal i a nivell distal de la politleja per on passa ( $F_p$  i  $F_d$ ) són determinades per l'angle d'entrada i sortida del tendó, anomenada arc de contacte ( $\theta$ ), i el seu coeficient de fricció ( $\mu$ ) (Figura 9).<sup>16,17</sup>

1



2

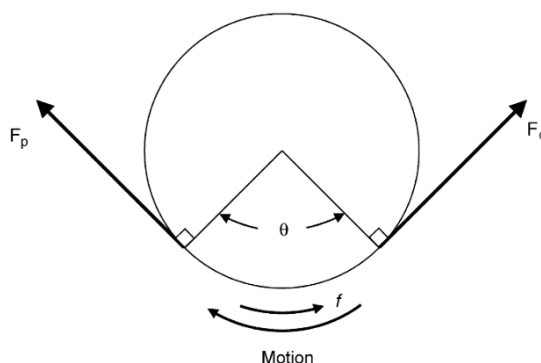


Figura 9. 1: Relació entre el moment de força, el lliscament tendinós i el moviment articular. 2: El lliscament tendinós en funció de l'arc de contacte i el coeficient de fricció. An KN. Tendon excursion and gliding: Clinical impacts from humble concepts. J Biomech. 2007;40(4):713–8.

Diferents estudis han avaluat el lliscament dels tendons flexors. Wehbe i Hunter (1985), van determinar les excursions *in vivo* durant el moviment actiu en un estudi en 36 mans operades de túnel carpià. Van determinar que, en posició neutra de canell, el FDS té una capacitat d'excursió de 24mm durant el tancament de la mà; el FDP, una excursió de 32mm. Si el moviment actiu es realitzava des d'una posició d'extensió de dits i canell fins a la màxima flexió de dits i canell, van determinar que el FDS té una capacitat d'excursió de 49mm i el FDP de 50mm. No van trobar diferències significatives en la mitjana per cadascun dels dits trifalàngics.<sup>18</sup>

En un segon article, els mateixos autors van publicar els resultats d'un segon estudi també *in vivo* en 48 mans, on van estudiar el lliscament diferencial de cadascun dels tendons flexors en diferents posicions de la mà (Figura 10 i Figura 11). Van determinar que la posició en què el lliscament del FDS és major, és en la posició de puny estirat. El lliscament del FDP és major en la posició de puny complet. Van determinar que la posició en què es produeix un major lliscament diferencial entre els dos tendons és el puny en ganxo, on el lliscament

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

del FDP és major al del FDS. La combinació de les posicions puny estirat – puny en ganxo seria interessant per al màxim lliscament diferencial FDS – FDP. A més a més, van concloure que la combinació de les tres posicions representa el màxim lliscament diferencial no només entre els dos tendons, sinó també respecte les estructures òssies i les seves beines tendinoses, de manera que haurien de formar part de qualsevol protocol de mobilització tendinosa per millorar el trofisme, afavorir els processos de curació i evitar l'aparició d'adherències tendinoses.<sup>19</sup>

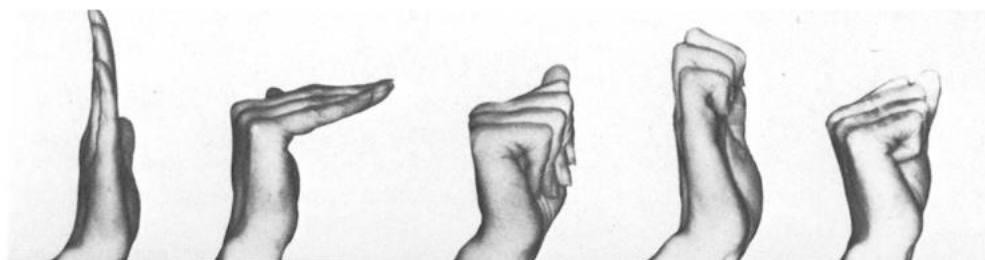


Figura 10: Imatge de les posicions de la mà amb lliscament tendinós diferencial. La mà plana, la mà intrínseca (flexió articulacions MCFs i extensió IFs), el puny estirat, el puny en ganxo i el puny complet. Wehbe MA, Hunter JM. Flexor tendon gliding in the hand. Part II. Differential gliding. J Hand Surg Am. 1985;10(4):575–9.

Position	FDS† (mm)	FDP† (mm)	FDP – FDS (mm)	Metacarpal ratio† (%)
Angle	14	11	–3	–6
Straight fist	28	27	–2	–6
Hook	13	24	11	19
Fist	23	34	10	16

\*Figures given for all fingers combined.

Figura 11: Lliscament diferencial dels tendons flexors segons les diferents posicions de la mà. Wehbe MA, Hunter JM. Flexor tendon gliding in the hand. Part II. Differential gliding. J Hand Surg Am. 1985;10(4):575–9.

En conclusió, durant anys, diferents autors han estudiat la biomecànica del tendó flexor tenint en compte els conceptes al voltant del lliscament tendinós. Aquests estudis han estat determinants en la pràctica clínica de la cirurgia i la teràpia de la mà de les últimes dècades, donat que el lliscament és una característica clau dels tendons extrínsecs de la mà.

## 1.4 L'EFECTE QUADRIGA I EL SISTEMA FLEXOR PROFUND - LUMBRICALS

### 1.4.1 L'efecte quadriga

L'any 1924, Bunnell va descriure com un dit lesionat podia ocasionar una disminució en el moviment i la funció dels seus dits adjacents.<sup>20</sup> Verdan (1960) va anomenar aquest fenomen tal i com es coneix en l'actualitat: el fenomen de la quadriga.

Verdan va veure en el sistema flexor profund una similitud amb el conductor i les regnes d'un carruatge romà. Va comparar el ventre muscular del FDP amb el conductor del carruatge, i els tendons del FDP amb les regnes dels quatre cavalls: dues regnes per cavall, dos tendons per cada dit. La seva comparació es basava en el fet que el ventre muscular del FDP és comú per als diferents tendons, de manera que la seva funció individualitzada per cada dit és limitada. Així, una eficient funció muscular vindria determinada o limitada en funció de l'amplitud de lliscament de cadascuna de les quatre "regnes tendinoses".<sup>21</sup>

Verdan va definir la "Síndrome de la Quadriga" fent referència a la situació patològica de com un dit lesionat interfereix en la funció dels altres. L'exemple clar seria el d'un dit que ha quedat rígid, el seu rang de moviment es troba limitat i aquest afectaria, conseqüentment, també el rang de moviment dels dits adjacents. Actualment, però, la literatura l'ha denominat com l'efecte o el fenomen de la quadriga, donat que aquest apareix també de forma fisiològica en la mà sana, quan mantenint un dels dits en extensió s'intenta flexionar els dits adjacents. En aquesta situació, la flexió completa tampoc és possible.<sup>22</sup>

Dit d'una altra manera, és impossible aconseguir de forma aïllada la flexió activa de l'articulació IFD d'algun dels dits sense que s'insinuï també el mateix moviment als dits adjacents. Aquest fenomen també és capaç de limitar moviments oposats entre els tendons que es troben interconnectats i interferir en la independència d'un dit respecte dels altres. Si bé aquesta interdependència entre dits pot semblar poc important en el dia a dia, on les tasques de prensió i de força sovint sol·liciten el tancament d'absolutament tots els dits de la mà, el fenomen de la quadriga ha estat estudiat en situacions en què sí és important la independència dels dits entre ells. Un exemple d'això és la mà dels músics, i també la mà dels escaladors.

Així com la majoria d'autors fan referència al ventre muscular comú del FDP com a principal causant de l'efecte quadriga, hi ha altres factors determinants en l'anatomia d'aquest sistema que han estat estudiats.

### 1.4.2 El sistema flexor digitorum profundus - lumbrical en l'efecte quadriga

El complex del sistema flexor profund dels dits és un entramat de ventres musculars i tendons interconnectats que fa difícil la seva dissociació tant a nivell anatòmic com a nivell clínic. Aquest entramat no només el formaria el FDP, sinó també el FPL i els músculs lumbricals.

De forma característica, el FDP té un sol ventre muscular comú per als dits tercer, quart i cinquè, amb fibres musculars que s'entrecruen en el terç proximal de l'avantbraç. A diferència del FDS, que té un ventre muscular per cadascun dels dits, o del propi FDP del segon dit, que també té un ventre muscular independent a la resta. Per altra banda, els quatre tendons del FDP també estan interconnectats a l'alçada del terç distal



Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

de l'avantbraç i canell, fins a la seva sinovial ja al túnel carpià, a través d'un entramat de teixit connectiu areolar. Aquest teixit connectiu seria un punt d'unió clau entre els diferents tendons del FDP, així com del FPL. A més a més, els diferents feixos tendinosos del FDP s'entrecreuen entre ells, reorganitzant-se i intercanviant fibres de forma massiva fins arribar al palmell, fent certament difícil la seva diferenciació en la dissecció en aquest nivell (avantbraç i canell) (Figura 12 i Figura 13).<sup>1,22-24</sup>



**Figura 12.** Dissecció de mà i avantbraç drets, on es veu exposat el sistema flexor profund. A l'avantbraç: FPL, FDP del 2n dit, FDP dels 3r, 4t i 5è dits (de radial a cubital). Al palmell de la mà: els quatre lumbricals. Fotografia de N. Carnicero, Laboratori d'Anatomia i Ciències Morfològiques, Facultat de Medicina UAB.



**Figura 13.** Dissecció on es veuen exposats els diferents feixos tendinosos del FDP del 3r, 4t i 5è dits, detall on es pot veure com de difícil pot ser la seva diferenciació al terç distal de l'avantbraç i com els cobreix un teixit sinovial i connectiu areolar. Fotografia de N. Carnicero, Laboratori d'Anatomia i Ciències Morfològiques, Facultat de Medicina UAB.

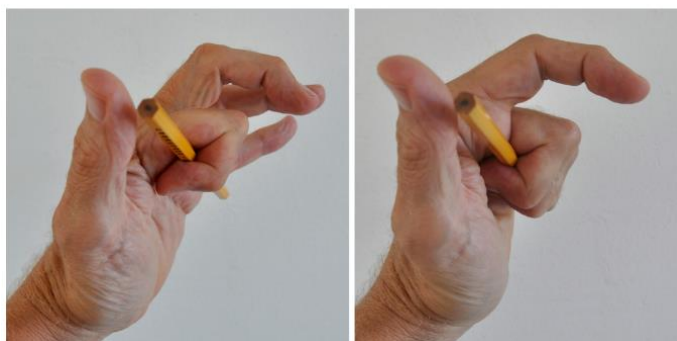
Leijnse va ser un dels autors principals en l'estudi del què ell va anomenar el complex del grup flexor profund o el complex FDP-FPL-lumbricals<sup>24,25</sup>. Li va donar la seva importància clínica a través de l'estudi de la mà dels músics i el seu possible paper clau en algunes patologies que els afecten com, per exemple, les distonies.<sup>26,27</sup>

A mode resum, va enumerar aquests quatre factors clau d'interconnexió dins el complex: 1) el ventre muscular comú del FDP, 2) l'intercanvi de fibres tendinoses entre els diferents tendons al terç distal de l'avantbraç i en el túnel carpià, 3) l'entramat de teixit connectiu i la sinovial que envolta i uneix tots els tendons, també entre el terç distal de l'avantbraç i en el túnel carpià, i 4) l'origen dels músculs lumbricals en els tendons del FDP, alguns d'ells bipenniformes en tendons adjacents.<sup>12,24,25</sup>

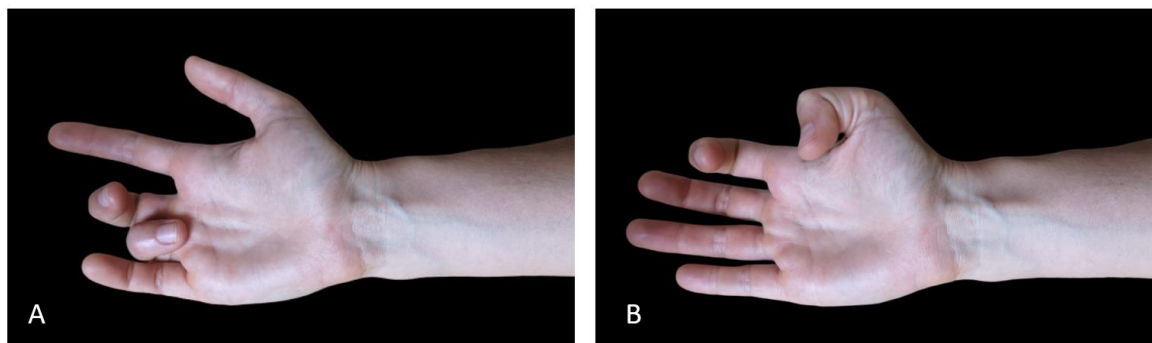
Així com la major part d'autors i llibres d'anatomia fan referència al ventre muscular comú del FDP, són poques les referències en la literatura que parlen de tot l'entramat fibrós que uneix els tendons del FDP i el FPL a nivell del terç distal de l'avantbraç, abans d'entrar al túnel carpià. Leijnse va dur a terme una sèrie d'estudis amb espècimens on va documentar l'existència i una gran variabilitat d'aquest entramat de teixit connectiu. Es tracta d'un teixit fibrós que uneix no només els tendons del tercer, quart i cinquè FDP entre ells, sinó també els tendons del segon FDP i del FPL, formant una unitat funcional indivisible.

Leijnse també va aprofundir en l'estudi de l'intercanvi de feixos tendinosos, que es dona sobretot entre els tendons del tercer, quart i cinquè FDP. El tendó proximal del FDP és, de forma característica, de morfologia aplanada, fibrosa i rugosa, amb diferents feixos tendinosos; a diferència dels tendons del FDS o el FPL, que són cilíndrics, llisos i discorren independents al terç distal de l'avantbraç. Així doncs, en els tendons del FDP, es produeix un intercanvi de fibres entre els diferents tendons a nivell proximal al túnel carpià. Aquestes connexions poden ser en direcció transversal entre tendons, o en direcció de proximal a distal, en forma de bandes tendinoses d'unió. Finalment, no és fins al palmell de la mà, a l'origen dels lumbricals, quan es produeix una reorganització massiva de les fibres en els tendons del FDP, per acabar formant els tendons terminals ben definits i diferenciats.<sup>24</sup>

És evident que el lliscament tendinós dels tercer, quart i cinquè FDP és dependent l'un de l'altre. Però clínicament es pot veure també com el moviment del dit índex interfereix clarament en el moviment de la resta dels dits. Per exemple, si el dit índex sosté un bolígraf amb màxima flexió, l'extensió completa de la resta de dits no serà possible (Figura 14). Aquest fet, fa evident l'existència d'aquestes interconnexions tendinoses dels quatre tendons del FDP.<sup>22</sup> Interconnexions que també són presents entre els tendons del FDP i el tendó del FPL, de manera que inclús els moviments del dit polze també es veuran involucrats en l'efecte quadriga (Figura 15).



**Figura 14. Efectes del lliscament tendinós durant l'efecte quadriga. En la imatge de l'esquerra, com amb la flexió activa màxima del segon dit, es vol flexionar també el tercer dit i li és impossible l'extensió completa. En la imatge de la dreta, com amb la flexió activa de tercer, quart i cinquè dits, el segon dit també es vol flexionar i no aconsegueix l'extensió completa.** Schreuders TAR. The quadriga phenomenon: A review and clinical relevance. J Hand Surg Eur Vol. 2012;37(6):513–22.



**Figura 15. Efectes del lliscament tendinós durant l'efecte quadriga. En la imatge A, es veu com durant una flexió màxima activa del quart dit, es volen flexionar també tercer i cinquè dits. En la imatge B, es veu com durant la flexió màxima activa de l'articulació IF del polze, es volen flexionar també segon i tercer dits. Fotografies de N. Carnicero.**

Un exemple clar d'aquestes unions entre els tendons del FDP i el FPL és l'anomenada variació de Linburg-Comstock. Aquests dos autors van descriure l'existència de bandes tendinoses d'unió entre el FPL i el FDP del segon dit, la posada en tensió de les quals generava dolor al marge anterior-radial del canell (Figura 16 i Figura 17).<sup>28</sup>



**Figura 16. Test provocatiu de la síndrome de Linburg-Comstock durant la flexió activa de l'articulació IF del polze amb una extensió passiva del segon dit. M. Linburg R, Comstock BE. Anomalous tendon slips from the flexor pollicis longus to the flexor digitorum profundus. J Hand Surg Am. 1979 Jan;4(1):79-83.**

La variació de Linburg-Comstock, que presenta una alta variabilitat entre individus, és present en el 21% de la població segons la revisió de Yammine i és descrita com a síndrome quan aquesta és causant de simptomatologia i pèrdua de funció de la mà. Diversos autors han descrit la seva importància en l'aparició de símptomes com dolor o desconfort quan es realitzen tasques manuals repetitives o que requereixen de la independència del moviment d'uns dits respecte dels altres. Els músics, en són un clar exemple. Per altra banda, diversos autors també han relacionat la seva presència amb una prevalença major de patologies com la síndrome del túnel carpià i les tenosinovitis del grup muscular flexor.<sup>29</sup>



Figura 17. Dissecció del sistema flexor profund on es mostren en un espècimen les connexions de teixit connectiu entre els tendons del FPL i el FDP del 2n dit. A l'esquerra, imatge de la posada en tensió del teixit durant el test provocatiu de Linburg-Comstock. A la dreta, detall de la unió entre els dos tendons. Fotografies de N. Carnicero, Laboratori d'Anatomia i Ciències Morfològiques, Facultat de Medicina UAB.

Leijnse descrivia alguns d'aquests factors com a paradoxals. Per exemple, les beines sinovials que envolten els tendons tenen la funció principal de reduir la fricció entre els tendons i les estructures adjacents, per tal de garantir el lliscament tendinós. A nivell del túnel carpià, les beines sinovials envolten els tendons en diferents nivells: tots els tendons flexors junts, cada grup per separat (FDP, FDS, FPL) i, per últim, cada tendó individualment. És a dir, que a nivell del túnel carpià la beina sinovial crea unions intertendinoses fortes que fan difícil el lliscament diferencial de cadascun dels tendons, el que paradoxalment seria la seva funció contrària. Així, en aquest nivell, la membrana sinovial actuaria com a punt d'unió entre els diferents tendons del sistema FDP-FPL-lumbricals (Figura 18).<sup>24</sup>



Figura 18. Dissecció del sistema flexor profund on es mostren en un espècimen les connexions de teixit connectiu i la membrana sinovial entre els tendons del FDP a l'alçada del túnel carpià. Fotografies de N. Carnicero, Laboratori d'Anatomia i Ciències Morfològiques, Facultat de Medicina UAB.

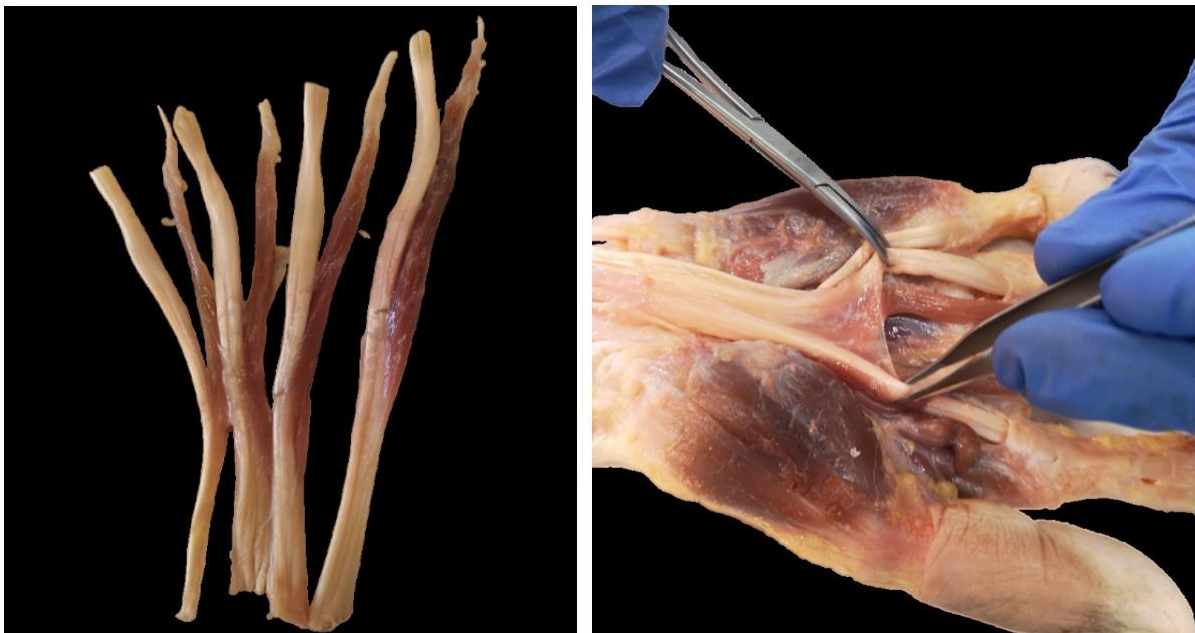
També va descriure relacions directes entre el sistema FDP-FPL-lumbrical i les beines sinovials. Per exemple, en les seves disseccions va descriure que, a nivell del túnel carpià, sovint es podia veure com certes bandes tendinoses del FDP discorrien de forma independent als quatre tendons principals fins que es transformaven directament en beina sinovial. O inclús com petites bandes del FPL passaven a formar part de la sinovial i, de



Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

nou, es reorganitzaven fins formar part del tendó del FDP. Enumerava aquestes interconnexions i intercanvi constant de material entre diferents teixits dins el principi de continuïtat del sistema FDP-FPL-lumbrical.

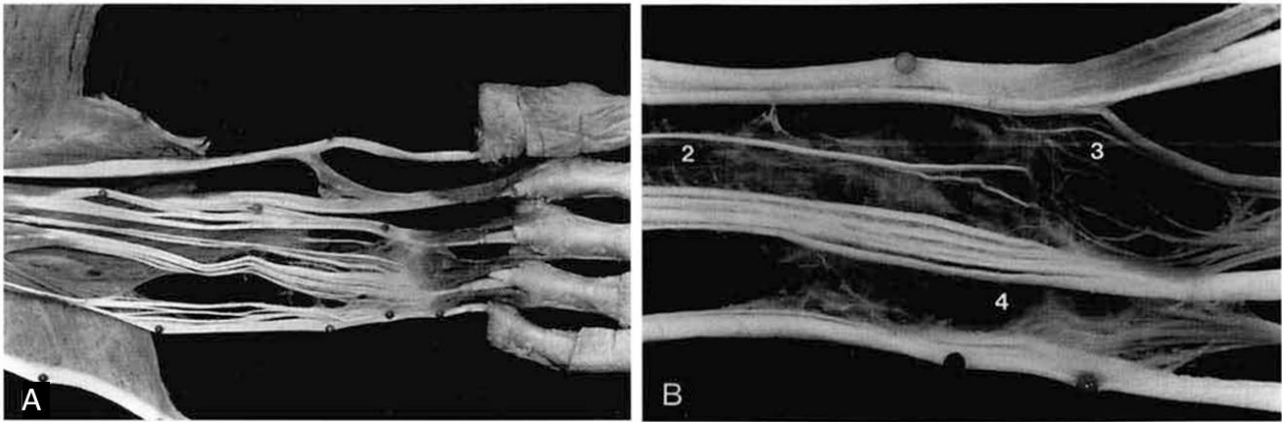
Per últim, l'origen bipenniforme del tercer i del quart lumbricals són també factor clau d'unió dins el sistema flexor profund, donat que tenen origen en dos dels tendons del FDP, a diferència del primer i del segon lumbricals, que tenen origen només en un dels tendons (Figura 19). Leijnse va descriure la complexitat de l'origen dels músculs lumbricals en els tendons del FDP. En les seves imatges de dissecció, Leijnse va mostrar com l'origen dels lumbricals era a través d'un tendó, que provindria de petites bandes tendinoses del FDP. És a dir, l'autor va veure com, a nivell del palmell de la mà, algunes fibres tendinoses del FDP se separaven del tendó principal per convertir-se en tendó origen del múscul lumbrical i acabar formant el seu ventre muscular. Reforçava aquesta hipòtesi mostrant com l'àrea de secció transversal del tendó del FDP era major en la part proximal a l'origen del lumbrical i es veia reduïda en la part distal a l'origen del lumbrical.



**Figura 19.** A l'esquerra, dissecció dels quatre lumbricals amb origen en els tendons del FDP al palmell de la mà. A la dreta, detall d'un lumbrical d'origen bipenniforme en dos tendons adjacents del FDP. Fotografies de N. Carnicero, Laboratori d'Anatomia i Ciències Morfològiques, Facultat de Medicina UAB.

Per altra banda, Leijnse va insinuar en el mateix article que els orígens del múscul lumbrical també provenien directament de les beines sinovials en alguns punts, descrivint de nou una altra relació directa entre el

sistema musculotendinós i les beines sinovials. L'autor va mostrar en les imatges de les seves disseccions com part de les fibres origen del múscul lumbrical emergien directament de la pròpia beina sinovial (Figura 20).<sup>25</sup>



**Figura 20. Imatges de dissecció en espècimens del complex FDP-FPL-Lumbricals. A) Arquitectura en petites bandes tendinoses del FDP; B) 2-3 Origen dels músculs lumbricals a través de petites bandes tendinoses del FDP; 4 Origen dels músculs lumbricals a través de la sinovial.** Leijnse JN. A generic morphological model of the anatomic variability in the m. flexor digitorum profundus, m. flexor pollicis longus and mm. lumbricales complex. *Acta Anat (Basel)*. 1997;160(1):62-74.

## 1.5 LA LESIÓ DEL MÚSCUL LUMBRICAL EN L'ESCALADA

### 1.5.1 Les lesions en l'escalada

En les darreres dècades l'escalada ha deixat de ser tan sols una modalitat o tècnica dins l'alpinisme i s'ha consolidat com a esport en si mateixa. El seu nombre de practicants ha augmentat i també la seva professionalització amb competicions d'alt nivell mundial, amb la seva inclusió com a modalitat esportiva en els Jocs Olímpics de Tokyo 2020. Segons la International Federation of Sports Climbing (IFSC), durant l'última dècada el nombre d'escaladors i centres esportius ha augmentat en un 50% i el 2018 establia la població practicant actual en 25 milions de persones arreu del món.<sup>30</sup>

Diferents autors han estudiat la incidència i prevalença de les lesions en l'escalada dels últims anys. L'augment en el nombre de persones practicants, ha generat un augment en el nombre de lesions que arriben als professionals de la salut. Es calcula que la mitjana d'incidència de lesió en l'escalada esportiva i de bloc és de  $2.71 \pm 4.49/1000$  hores (h) de pràctica. Els valors varien segons si l'activitat es duu a terme en sales d'escalada ( $2.83 \pm 5.14/1000h$ ), a la roca o aire lliure ( $2.32 \pm 4.00/1000h$ ) o en competició ( $1.92 \pm 1.67/1000h$ ), entre d'altres factors. Segons els autors, es tracta d'una incidència relativament baixa, si la comparéssim amb d'altres esports. Moltes d'aquestes lesions són d'origen traumàtic i sobtat, tot i que es relacionen amb mecanismes de sobrecàrrega o microtraumatismes repetitius i, a vegades, la simptomatologia també pot aparèixer de forma gradual en el temps.<sup>31-34</sup>

Cal, però, destacar el concepte de "lesió adaptativa" o "lesió com a procés adaptatiu" en aquest esport. Sobretot relacionada a les altes càrregues a les que les estructures de la mà són sotmeses. La mà humana té com a funció principal la relació amb el medi a través de tasques relacionades amb la destresa, manipulació d'objectes i la motricitat fina. L'escalada és un esport que utilitza la mà com a mitjà directe per a la locomoció i per on passen altes càrregues que, els seus teixits de col·lagen, principalment, han de suportar. Diferents autors han plantejat la hipòtesi de la capacitat que tenen els teixits a adaptar-se a la càrrega: les estructures anatòmiques s'adaptarien a l'esforç com a resultat de microtraumatismes de repetició al llarg dels anys de pràctica esportiva. Aquestes modificacions en el teixit permetrien satisfer de forma més eficient les demandes biomecàniques a les que se'l sotmet. En la pràctica clínica, però, no sempre és fàcil discernir si ens trobem davant d'una adaptació o d'una lesió; aquesta decisió podria tan sols dependre de l'aparició de símptomes o disfunció.<sup>35</sup>

Les lesions més prevalents en l'escalada són les de l'extremitat superior, si bé, en els últims anys, s'ha detectat una tendència creixent en les lesions del membre inferior, probablement deguda al creixent nombre de practicants de la modalitat de bloc en les sales d'escalada urbanes. Els dits són la topografia de lesió més comú, representant entre un 33-52% del total, i les ruptures de les poltges anulars són la patologia més prevalent.<sup>36,37</sup> Entre elles, la lesió del lumbrical té una prevalença menor i ha estat poc estudiada.

### 1.5.2 La biomecànica de la presa

Les posicions que adopta la mà en les diferents formes i mides de la presa utilitzada, són factor determinant en la patomecànica de la mà escaladora. Diferents autors han estudiat la càrrega a la què s'exposen les diferents estructures anatòmiques durant els diferents gestos de prensió, donat que aquests determinen els patrons de lesió. Aquests patrons han estat estudiats principalment en treballs amb espècimens i, en una minoria, amb escaladors<sup>38,39</sup>.

La literatura descriu que la quantitat de força que un escalador pot aplicar depèn directament del tipus de posició de la mà utilitzada i de la morfologia de la presa, de manera que l'elecció entre una tècnica o una altra permet optimitzar el rendiment en cada presa. Les dues tècniques de presa més comuns en l'escalada són la posició d'arqueig i la posició d'extensió (Figura 21).

En la posició d'arqueig l'articulació IFP es troba en flexió, mentre que l'articulació IFD es troba en hiperextensió. La posició d'arqueig és la utilitzada en les preses de menys fondària, les *regletes*, ja que és la que permet generar un moment de forces flexores major. Els alts graus de flexió de la IFP augmenten el fregament entre politges, que provoca una alta prevalença de patologia tendinosa (les ruptures de les politges A2 i A4 són comuns). En canvi, en la presa en extensió, l'articulació IFP es troba gairebé en extensió mentre que la IFD es troba en flexió. Normalment aquest tipus de presa s'utilitzaria en les preses més grans.

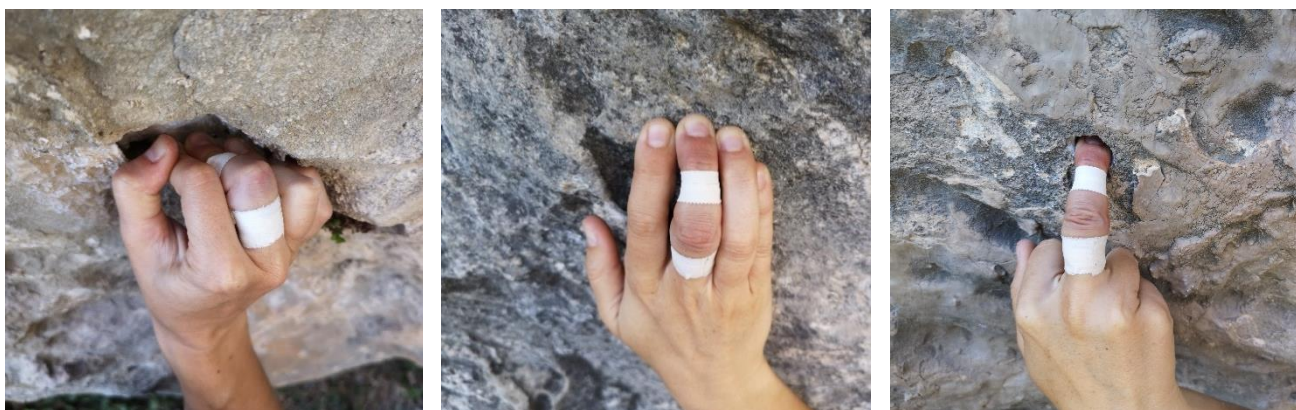


Figura 21: D'esquerra a dreta, presa en arqueig, presa en extensió i presa en monodit. Fotografies de N Carnicero

Segons els estudis de Vigouroux, el múscul FDP era el màxim flexor durant l'arqueig (ràtio FDP:FDS de 1.75:1); mentre que durant la presa en extensió era el FDS el que presentava una major activitat, inclús més que el FDP (ràtio FDP-FDS 0.88:1)<sup>38</sup>. Per contra, Schweizer va definir que aquestes forces podien canviar en funció de la mida de la presa: mentre que les forces del FDP no variaven, el FDS exercia més força quan la mida de la presa era major.<sup>39</sup>

L'extensió és la tècnica més eficaç per a les preses anomenades monodits, bidits i tridits, on només s'utilitzen, en contacte amb la presa, un, dos o tres dits, respectivament. Aquesta presa és típica en preses petites o forats on no hi caben els quatre dits trifalàngics.

En les preses en monodit, bidit o tridit, és en les què es pot produir la lesió del múscul lumbrical degut a l'efecte de la quadriga.



Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

### 1.5.3 El mecanisme de lesió: l'efecte quadriga

La lesió del lumbrical és una lesió produïda per les forces de cisalla que actuen sobre el múscul degut a la dissociació dels seus dos orígens musculars al FDP, que es desplacen en direccions oposades de forma sobtada i traumàtica, durant l'efecte quadriga en l'escalada (Figura 22).

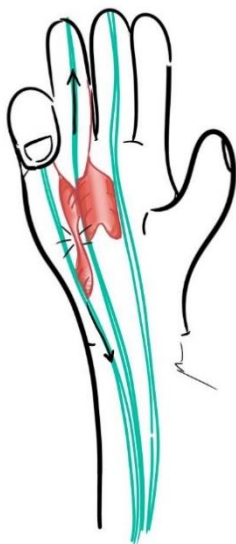


Figura 22. Il·lustració esquema de la lesió del múscul quart lumbrical durant una presa en tridit. Il·lustració de Nicolás Tarazona i Núria Carnicero

Durant les preses en extensió asimètriques, on l'escalador només utilitza un, dos o tres dits en contacte amb la presa (anomenades monodits, bidits i tridits), els dits que són en contacte amb la presa romanen en extensió fent força, mentre que els dits que queden lliures es flexionen activament de forma màxima degut a les connexions musculotendinoses del sistema flexor profund i, per tant, degut a l'efecte quadriga (Figura 23).<sup>40</sup> Amb el tancament actiu també dels dits adjacents, l'escalador aconseguiria aplicar així fins a un 48% més de força, augmentant el rendiment.<sup>39</sup>

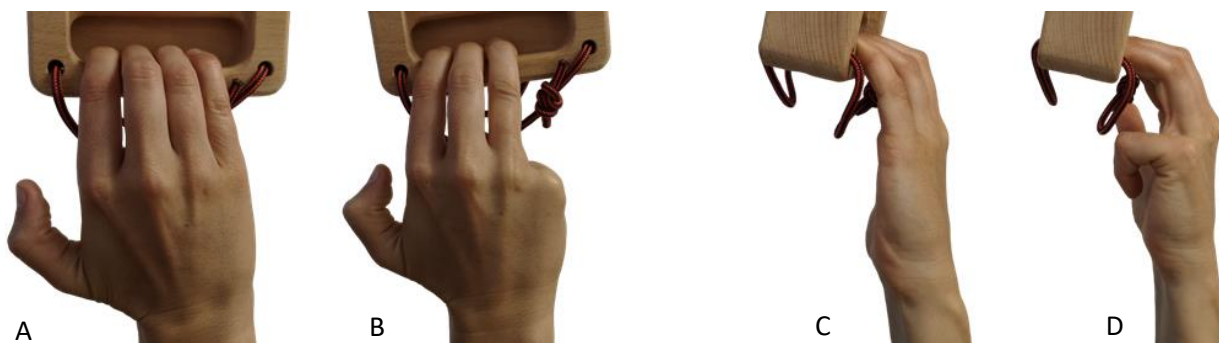


Figura 23. Simulació en una presa de fusta de l'efecte quadriga en escalada. Presa en extensió amb quatre dits, versus presa en extensió amb tres dits, anomenada presa en tridit. En el pla frontal, A) presa amb quatre dits i B) presa en tridit. En el perfil, C) presa amb quatre dits i D) presa en tridit, on es pot veure la flexió de l'articulació MCF del 5è dit, augmentant l'excursió del múscul 4t lumbrical. Fotografies de N. Carnicero

La lesió del lumbrical seria possible només en aquells lumbricals de morfologia bipenniforme (normalment el 3r i 4t lumbricals), quan els seus dos orígens llisquen en direccions oposades i es produeix una excessiva excursió de les seves fibres musculars.

Inicialment, diversos autors van definir com a mecanisme desencadenant l'ús de preses en monodit<sup>40,41</sup>, mentre que altres han constatat que qualsevol de les preses en què no treballin de forma simètrica tots els quatre dits trifalàngics poden conduir a lesió.<sup>42,43</sup> Quan l'escalador utilitza de forma simètrica els quatre dits trifalàngics, com en les preses en arqueig per exemple, la lesió del lumbrical no seria possible.

Wang va posar èmfasi en la posició de flexió de l'articulació MCF dels dits adjacents per tal que es produeixi la lesió. La flexió de la MCF portaria el lumbrical a una màxima excursió.<sup>42</sup>

La lesió es produeix de forma sobtada i traumàtica. No s'han descrit fins el moment ruptures del lumbrical degeneratives o per microtraumatismes repetitius en la literatura o, en tot cas, no es contemplaria aquesta hipòtesi.

#### 1.5.4 La lesió del múscul lumbrical

La ruptura del múscul lumbrical està descrita en la literatura com una patologia rara i poc prevalent<sup>36,41-43</sup>, i s'associa específicament a la comunitat escaladora, malgrat que s'han descrit alguns casos aïllats en treballadors amb tasques manuals<sup>41,42</sup> o practicants d'algun altre esport<sup>44</sup>. Va ser descrita per primera vegada l'any 2003 en una sèrie de casos de Schweizer<sup>40</sup> i fins el moment existeix poca evidència científica que parli sobre el seu mecanisme lesiu, factors de risc o abordatge terapèutic.

Schöffl et al van avaluar 474 lesions en dits d'escaladors entre els anys 2009 i 2012 i la lesió del lumbrical només representava un 4% del total.<sup>32</sup> Altres estudis posteriors, van afirmar que la incidència d'aquesta lesió estaria augmentant en els darrers anys<sup>42,43</sup>. I així és que Lutter et al (2020), en un darrer estudi de prevalença de lesions en escalada, ho van poder demostrar: en la mostra estudiada entre els anys 1998 i 2001, la lesió dels lumbricals només representava un 0,8% del total de les lesions dels dits; entre els anys 2009 i 2012, era del 4%; i, per últim, entre els anys 2017 i 2018 representava un 4,6% del total (Figura 24)<sup>37</sup>.

Finger injuries 2017-2018 (n=261)	n	%	Finger injuries 2009-2012 (n=474)	n	%	Finger injuries 1998-2001 (n=247)	n	%
Pulley injury	78	29.9	Pulley injury	140	29.5	Pulley injury	122	49.4
Tenosynovitis flexor tendon	67	25.7	Capsulitis	87	18.4	Tenosynovitis	42	17.0
Capsulitis	49	18.8	Tenosynovitis flexor tendon	80	16.9	Strain finger joint capsule	37	15.0
Epiphyseal fracture	19	7.3	Strain flexor tendon	36	7.6	Capsulitis	13	5.3
Lumbrical tear/strain	12	4.6	Strain finger joint capsule	25	5.3	Ganglion	11	4.5
Strain finger joint capsule	10	3.8	Ganglion finger flexor tendon	19	4.0	Strain flexor tendon	7	2.8
Osteoarthritis	5	1.9	Lumbrical shift syndrome	19	4.0	Fracture	7	2.8
Strain flexor tendon	4	1.5	Collateral ligament injury	17	3.6	Osteoarthritis	7	2.8
Ganglion finger flexor tendon	3	1.2	Epiphyseal fracture	16	3.4	Soft tissue injury	5	2.0

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

Contusion	3	1.2	Osteoarthritis	14	3.0	Tendon rupture	4	1.6
Phlegmonia/cellulitis	2	0.7	Extensor hood syndrome	7	1.5	Collateral ligament injury	3	1.2
Collateral ligament injury	2	0.7	Lumbrical tear/strain	4	0.8	Osseous tear fibrocartilago palmaris	2	0.8
Distorsion thumb	1	0.3	Snap finger	3	0.6	Epiphyseal fracture	2	0.8
Disruption volar plate	1	0.3	Cartilage injury	2	0.4	Lumbrical tear/strain	2	0.8
Cartilage injury	1	0.3	Flip phenomena	2	0.4	Phlegmonia/cellulitis	1	0.4
Neuropraxia	1	0.3	Broken osteophyte	1	0.2	Finger amputation	1	0.4
PIP joint dislocation	1	0.3	Avulsion fracture	1	0.2	-	-	-
Snap finger	1	0.3	Flexor contraction	1	0.2	-	-	-
Contracture finger flexor tendon	1	0.3	Rupture connexus intertend.	1	0.2	-	-	-
-	-	-	Enchondroma	1	0.2	-	-	-
-	-	-	Contusion	1	0.2	-	-	-
-	-	-	Tendon rupture	1	0.2	-	-	-

Figura 24: Relació segons diferents períodes de temps de la prevalença de lesions dels dits en escaladors, segons el seu diagnòstic. Lutter C et al. Current trends in sport climbing injuries after the inclusion into the olympic program. Analysis of 633 injuries within the years 2017/18. Muscles Ligaments Tendons J. 2020;10(2):201–10.

### 1.5.5 Diagnòstic i presentació clínica

El relat d'un dolor d'inici sobtat en el palmell de la mà durant una presa en extensió amb dissociació d'un o més dits hauria de ser sospita de ruptura del lumbrical.<sup>40-42</sup> Segons Schweizer i Wang, els casos estudiats també van relatar un soroll audible o sensació de "pop" com a desencadenant<sup>40,42</sup> i/o inflor del dit i palmell de la mà acte seguit.<sup>40</sup>

A la clínica, tots els casos estudiats van presentar un test d'estrès del lumbrical positiu. Maniobra que ha estat descrita per diversos autors com a eina principal per confirmar-ne el diagnòstic. La maniobra consisteix en provocar la cisalla entre els dos orígens del lumbrical, reproduint el mecanisme que provoca la lesió (Figura 25).

Per exemple, en el cas d'una lesió del quart lumbrical, es demanava una flexió activa contra resistència dels segon, tercer i quart dits simulant una presa en extensió, permetent que el cinquè dit es flexionés activament sense resistència degut a l'efecte quadriga del FDP. El test es considerava positiu si apareixia el dolor al palmell de la mà i si desapareixia acte seguit un cop ja no s'aplicava la càrrega o quan s'aplicava càrrega de forma uniforme a tots els dits de la mà.<sup>40-42</sup>

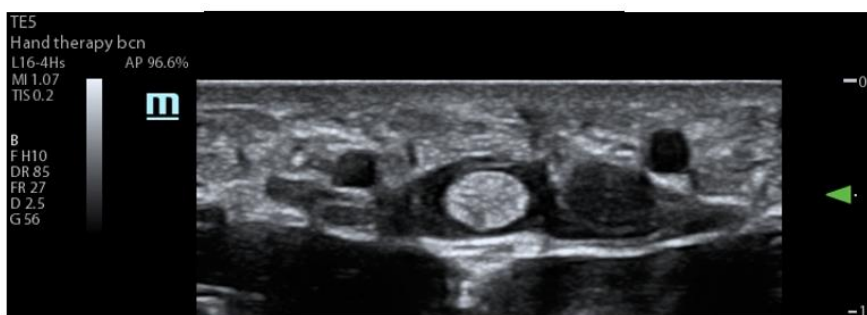


Figura 25. Test d'estrès. A) Primer pas, on es comprova que la càrrega simètrica en la flexió activa contra resistència dels quatre dits és indolora. B) Segon pas, test d'estrès per al quart lumbrical, permetent la flexió lliure del cinquè dit i amb aparició de dolor al palmell de la mà. C) Segon pas, si el que es vol testar és el tercer lumbrical, permetent la flexió lliure de quart i cinquè dits. Fotografies de N. Carnicero

Tots els casos estudiats van presentar dolor a la zona afectada, també durant la palpació.<sup>40,41,43</sup> Altres autors van descriure l'hematoma i la pèrdua de força de pressió com a altres possibles signes clínics.<sup>43</sup>

En el diagnòstic per la imatge, es va destacar l'ús d'ecografia com a complement per al diagnòstic i poder descartar lesions associades. Els diferents autors van descriure troballes, només en alguns dels casos, tals com edema en el lumbrical<sup>40-43</sup> amb un augment del seu volum en la part més proximal del palmell,<sup>40</sup> o aparició de líquid peritendinós extrasinovial en els tendons flexors<sup>41-43</sup> com a sospita de tenosinovitis.

Dels quatre estudis analitzats, només la revisió de Lapegue va concloure que fos necessari l'ús de ressonància magnètica per confirmar-ne el diagnòstic.<sup>43</sup> Lutter et al, només van considerar l'ús de ressonància magnètica en aquells pacients amb signes positius d'edema en l'ecografia.<sup>41</sup> Wang et al, van descriure el "Signe Theta", ja que en ressonància magnètica la distribució del líquid al voltant del tendó que es podia observar al palmell de la mà s'assemblava a la forma de la lletra grega  $\theta$  (Figura 26).<sup>42</sup> Lutter et al, dos anys més tard reforçaven la mateixa troballa.



**Figura 26.** Imatge ecogràfica d'una visió transversal del palmell de la mà, a l'alçada del plec palmar proximal, on s'aprecia el signe theta, amb un augment de líquid al voltant del tendó del FDP del quart dit en un cas amb lesió del múscul quart lumbrical. Font: Núria Carnicero, Hand Therapy BCN.

Lutter<sup>41</sup> va descriure una classificació amb 3 graus de lesió segons la gravetat, en funció de les troballes en les proves de diagnòstic per la imatge:

- Grau I: microtrauma en el múscul lumbrical. Test d'estrès positiu, sense troballes en el diagnòstic per la imatge.
- Grau II: ruptura fibril·lar del múscul sense afectació del tendó FDP. Test d'estrès positiu, presentant en el diagnòstic per la imatge edema en el múscul lumbrical, a vegades associat a tenosinovitis dels flexors.
- Grau III: ruptura musculotendinosa en el lumbrical. Test d'estrès positiu, evidenciant-se en ressonància magnètica discontinuïtat o separació del lumbrical respecte el seu origen musculotendinós, essent poc significatius l'extensió de l'edema, hematoma o la tenosinovitis dels flexors.

Lutter et al<sup>41</sup> van concloure, de totes maneres, que les característiques clíniques de la lesió del lumbrical són prou específiques i significatives pel seu diagnòstic i que l'ecografia no els va revelar, en cap cas, algun altre diagnòstic diferencial. Lutter és l'únic en descriure la ruptura musculotendinosa i creu que la manca d'accés a la ressonància magnètica podria ser causa de casos infradiagnosticats, ja que en el seu estudi va ser la prova d'imatge més sensible per a aquests.

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

Més enllà de les eines diagnòstiques, cap dels estudis va fer referència a eines de valoració dels dèficits que pot provocar la lesió (com el dolor o la pèrdua de força, per exemple). Essent la lesió de les politzes dels dits l'entitat clínica més estudiada en l'escalada, diferents estudis científics sobre aquest tema sí que van descriure la valoració clínica dels dèficits i han estat inclosos en aquesta revisió.

Per a la valoració de l'amplitud de moviment articular es va utilitzar la goniometria principalment<sup>45</sup>. Per a les mesures de força, es va utilitzar una dinamometria de *grip* adaptada al gest esportiu o test clínic que es pretenia analitzar, quantificant la força fins el llindar del dolor (Figura 27).<sup>45,46</sup> Estudis biomecànics que estudiaven de forma analítica la força dels dits durant la *performance* de diferents posicions i preses en escaladors, també van descriure eines de dinamometria adaptades amb preses d'escalada.<sup>47</sup> Per últim, diferents autors van utilitzar altres mètodes de mesura subjectives per quantificar el grau de satisfacció de l'escalador després del tractament, tenint en compte el nivell d'escalada assolit, però no cap escala validada.<sup>48</sup> El qüestionari *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH) és una eina específica de mesura que està validada a nivell mundial i traduïda a l'espanyol, per a la valoració de la discapacitat en les lesions de l'extremitat superior.<sup>49</sup>



Figura 27. Dinamometria Jamar adaptada al gest esportiu de la mà escaladora, simulant preses en arqueoig i en extensió. Fotografies de N. Carnicero, Hand Therapy BCN.

### 1.5.6 Tractament de la lesió

Schweizer<sup>40</sup> va descriure els principis bàsics del tractament en la seva sèrie de casos de l'any 2003, que van ser els primers conceptes publicats sobre el tema en la literatura: pautes que va reforçar Lutter<sup>41</sup> uns anys més tard. En tots els casos es va optar pel tractament conservador com a única opció terapèutica.

Schweizer proposava permetre l'escalada amb l'ús d'un embenatge en sindactília evitant els mecanismes de dissociació. A la vegada els pacients iniciaven un programa d'estiraments moderats que consistia en 1) flexionar la MCF del dit anular mentre que el dit del mig es troba en extensió, i viceversa; 2) realitzar l'estirament dels músculs lumbricals descrits per Stack (1962)<sup>50</sup> -o bé realitzant un puny complet de forma activa, o bé portar la mà cap a la posició d'intrínsec minus de forma passiva-; 3) iniciar exercicis amb monodits entre els 2 i 4 mesos posteriors. L'objectiu principal del protocol d'estiraments va ser evitar l'excessiva formació de teixit cicatricial.<sup>40</sup>

Lutter<sup>41</sup>, basant-se també en el mecanisme de lesió i els conceptes bàsics publicats per Schweizer<sup>40</sup>, va completar una proposta de tractament segons la classificació en graus de lesió, descrita en el mateix estudi:

- Grau I:

- No es recomana immobilització.

- Teràpia funcional durant 4 setmanes: es permet moviment complet dels dits, evitant càrrega de forma aïllada en un sol dit.

- Inici d'estiraments suaus i regulars del múscul lumbrical: 1) estirament passiu cap a la posició d'intrínsec minus segons descriu Liss (2012)<sup>51</sup>; 2) simulació de la dissociació i efecte Quadriga sense dolor. El segon estirament només s'inicia quan el primer és lliure de dolor.

- Seguiment a les 6 setmanes: si persistia el dolor, es mantenen els exercicis 4 setmanes més.

- Grau II:

- Es permet l'ús d'un embenatge tipus sindactília durant les activitats de la vida diària per un màxim de 8 setmanes amb l'objectiu de disminuir el dolor.

- Com en el grau I, es permet moviment complet dels dits, però evitant càrrega de forma aïllada en un sol dit.

- Inici d'estiraments suaus i regulars del múscul lumbrical: mateix protocol que en el grau I, es pot iniciar quan els símptomes han disminuït i es poden realitzar els estiraments sense dolor.

- Grau III:

- Immobilització durant dues setmanes: fèrula des de l'avantbraç distal fins les IFs de 3r, 4t i 5è dits.

- Protocol de teràpia funcional i estiraments com els descrits per als graus I i II durant 8 setmanes.

- Es recomana l'ús d'embenatge per escalar durant les 10 primeres setmanes de tornada a l'activitat esportiva.<sup>41</sup>

Segons els autors estudiats, la desaparició dels símptomes i la represa del nivell d'escalada previ a la lesió són els factors considerats com a resolució total de la lesió.<sup>40,41</sup>

En els casos descrits per Schweizer la resolució dels símptomes s'aconseguia 6-10 setmanes posteriors a la primera visita però dos dels escaladors no havien recuperat el nivell previ i descrivien una sensació estranya d'inseguretat en la dissociació 3-4 anys després. L'autor va concloure que encara que la flexibilitat i força no es recuperés del tot, la pràctica esportiva no quedava substancialment afectada.<sup>40</sup> Lutter va fixar la mitjana de recuperació en la setena setmana, d'un ventall d'entre 3-12 setmanes; per als casos de grau I, 5 setmanes; per als casos de grau II, 6 setmanes; i per als casos de grau III, 10 setmanes, essent aquest últim la diferència més significativa ( $P < 0.001$ ) respecte als graus I i II que van obtenir resultats semblants.<sup>41</sup> Wang va descriure en el seu estudi una resolució completa sense problemes a llarg termini per als seus escaladors, tot i que no en descrivia ni el tractament ni el temps de resolució.<sup>42</sup>

Així doncs, tot i que els resultats en el tractament van ser en la majoria dels casos satisfactoris, en alguns casos es van descriure seqüeles que perduraven a llarg termini. Per últim, es creu que si aquesta lesió passa

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

desapercebuda i és infradiagnosticada per part dels professionals de la salut, es podria convertir en un problema crònic.<sup>41</sup>

### 1.5.7 L'estirament del lumbrical en el tractament de les lesions musculars

Si es considera la lesió del lumbrical una lesió muscular, els principis histològics de la reparació del teixit muscular es troben descrits en la literatura per diversos autors per mitjà de 3 fases: 1) aguda o inflamatòria, 2) de regeneració i 3) de remodelació o fibrogènesi.

La fase inflamatòria es produeix durant els primers dies de lesió: necrosi de les fibres i reacció inflamatòria. La segona fase o fase de regeneració assoliria un pic de màxima activitat a les 2 setmanes, tot i que començaria els 4-5 dies després de la lesió i es mantindria fins les 3-4 setmanes. En aquesta segona fase es produiria la proliferació de cèl·lules satèl·lit (fibroblasts, mioblasts i miofibroblasts) encarregades de la regeneració de fibres musculars i del teixit connectiu. Per últim, prenent part també entre la 2a i 4a setmana, es produiria la fase de remodelació, amb la maduració del teixit regenerat: fibra muscular i teixit cicatricial.

En l'abordatge terapèutic de les lesions musculars, els autors van considerar com a aspecte important la creació de teixit cicatricial o fibrosi que, si bé en un primer moment és necessària i té un paper estabilitzador del teixit muscular que es va regenerant, la creació excessiva de teixit cicatricial posaria en compromís la correcta alineació de les fibres musculars i, per tant, la correcta funció muscular.<sup>52-54</sup> Per tal de recuperar la funció muscular cal un equilibri entre aquests mecanismes de regeneració i reparació. És per aquest motiu que la literatura descriu la importància d'iniciar una pauta d'exercicis actius i estiraments progressius dins la segona fase, tal i com també van descriure els autors Schweizer<sup>40</sup> i Lutter<sup>41</sup> en l'abordatge de la lesió del lumbrical.

Cal destacar, però, que existeix certa controvèrsia en la literatura sobre com realitzar la maniobra d'estirament dels músculs lumbricals.

En un estudi de Baker sobre el tractament conservador de la síndrome del túnel carpià, van descriure l'estirament dels lumbricals en el seu protocol. El feien portant la mà cap al puny en ganxo o intrínsec minus (flexió de les articulacions IFs i extensió de les articulacions MCFs) de forma passiva amb l'altra mà<sup>55</sup>, coincidint amb les referències en els estudis de la lesió del lumbrical de Lutter i Schweizer<sup>40,41</sup>.

En contradicció amb aquests estudis, que descriurien l'estirament com a maniobra passiva, coincidint amb l'estirament dels interossis, Colditz<sup>56</sup> va assegurar que per aconseguir l'estirament dels lumbricals, es necessita de contracció muscular del FDP convertint-la en una maniobra activa. En un estudi de dissecció de nou cadàvers del lumbrical del dit índex, van avaluar com l'elongació màxima del múscul lumbrical només s'aconseguia si la flexió de les articulacions IFs es realitzava de forma activa, simulant la contracció muscular en els espècimens. L'autora va concloure que si bé en la pràctica clínica normalment s'utilitza un sol test per comprovar l'elasticitat de la musculatura intrínseca de la mà, caldria diferenciar entre la posició d'estirament dels interossis de la dels lumbricals.<sup>56</sup>



## 1.6 EL CONCEPTE *RELATIVE MOTION*

### 1.6.1 *Relative motion* com a concepte: aplicabilitat clínica

El concepte *relative motion* s'ha anat estenent durant les últimes dècades entre els cirurgians i terapeutes de mà per al tractament de diferents entitats clíniques relacionades amb dolor o trastorns del moviment en la mà. *Relative motion* va néixer com a tractament sota els pilars de la mobilització precoç (*early motion*) després d'una lesió o reparació quirúrgica dels tendons extensors en zona V-VI, en el qual es posicionava l'articulació MCF del dit en qüestió en relativa extensió respecte la resta de dits permetent una postura de protecció del tendó lesionat.

En el concepte *relative motion* es tracta d'aplicar certs canvis de posicionament de les articulacions MCFs de la mà per millorar-ne la funció. Per tal d'aconseguir-ho, es confeccionen unes fèrules de material termoplàstic que engloben més d'un dit amb forma d'anell que es col·loquen a la base de les primeres falanges dels dits modificant la posició de les articulacions MCF. Degut a la seva versatilitat, actualment s'estarien utilitzant amb diferents finalitats terapèutiques: protecció articular, guany de rang articular en rigideses, trastorns neurològics, evitar deformitats de la mà com el *boutonnière*, per exemple), neutralització del símptoma en dolors de mà i/o dits...<sup>57-60</sup>

Segons la revisió sistemàtica de Hirth, és un tipus de tractament en ferulatge que presenta molts avantatges: la fèrula és petita, de fabricació simple i barata, de caire funcional, fàcil seguiment per part dels pacients, redueix costos de rehabilitació i redueix el temps de baixa laboral.<sup>57</sup> Merritt en destaca també els seus beneficis, que no són a través d'hores de tractament o exercicis, sinó que la fèrula permet sotmetre's constantment a forces beneficioses a través de, senzillament, tenir una funció normal de la mà mentre es porta la fèrula posada.<sup>60</sup>

La literatura en fa una classificació: les fèrules *relative motion* de flexió (RMF), on es posiciona l'articulació MCF del dit afectat amb més flexió que la resta, i les fèrules *relative motion* d'extensió (RME), on es posiciona la MCF del dit afectat amb més extensió;<sup>57-61</sup> essent aquesta la nomenclatura o classificació més utilitzada per als terapeutes de mà en l'actualitat.



Figura 28. A) Test del bolígraf per comprovar si apareix millora amb una fèrula *relative motion* d'extensió del cinquè dit. B) Fèrula *relative motion* d'extensió pel cinquè dit. Permet el tancament de puny i la funció de la mà. Evita la flexió aïllada de l'articulació MCF del cinquè dit. Fotografies de N.Carnicero



Merritt va descriure per primera vegada el *test del llapis: the pencil test*<sup>61</sup>, tot i que en llenguatge hispànic és més conegut com a test del bolígraf. Aquest test és àmpliament acceptat i utilitzat com a test avaluador per comprovar si és possible modificar el dèficit o el símptoma i decidir quina de les dues fèrules (*relative motion* de flexió o d'extensió) caldria utilitzar (Figura 28).<sup>57-61</sup> Howell emfatitza també la importància d'una valoració amb goniometria prèvia i posterior al tractament per monitoritzar el progrés durant la intervenció terapèutica.<sup>59</sup>

Lalonde<sup>58</sup> les va anomenar, justament, com a possible tractament dels dolors intermetacarpians en dors o palmell de la mà, provocats pel *Saddle Syndrome* o les ruptures dels interossos, així com per a altres dolors que anomena d'origen desconegut, on potser es podrien englobar les ruptures del lumbrical. I en destaca inclús el seu paper beneficiós per evitar l'aparició de síndromes doloroses en patologia traumàtica de la mà, afavorint la mobilització precoç.

Segons Lalonde, en el tractament del dolor, l'ús de les fèrules *relative motion* es basa en els principis de la neutralització del símptoma (*pain-guided healing*): és a dir, es manté l'ús de la fèrula durant un temps determinat fins que el símptoma desapareix. En aquest període, seria el pacient qui decidiria, de forma autònoma i progressiva, quan finalitzar el tractament. Teòricament, aquest moment coincidiria histològicament amb el moment en què el procés de reparació tissular hauria finalitzat de forma exitosa.<sup>58</sup>

### 1.6.2 *Relative motion* i efecte quadriga

Tal i com diuen les pioneres del concepte, "*relative motion* no és només ferulatge, sinó un concepte sobre anatomia funcional". Un concepte sobre com el moviment i l'anatomia funcional normal poden ser controlats cap a graus de moviment beneficiosos a través del ferulatge<sup>60</sup>.

I és que les autores van emparar-se, de nou, en l'efecte quadriga descrit per Verdan l'any 1960<sup>21</sup> per descriure els efectes que produïen les fèrules *relative motion* en la biomecànica de la mà (Figura 29).

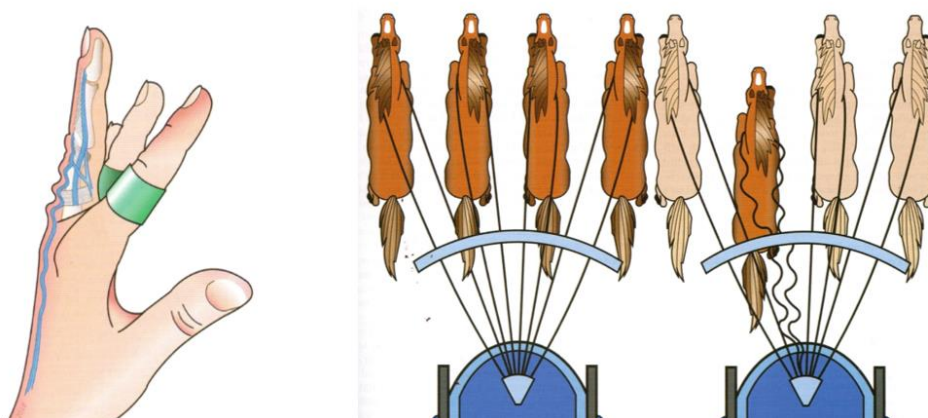


Figura 29. A l'esquerra, efectes en la biomecànica del tendó extensor en l'ús d'una fèrula *relative motion* d'extensió per al tercer dit. A la dreta, metàfora de la quadriga sobre els efectes de la fèrula, com modificant la posició de les articulacions MCFs adjacents, es modifica la tensió de les regnes del cavall. Il·lustració de Katie Wright, wright.design.illustrations (Merritt W et al 2023)

Merritt va descriure com les forces de la musculatura extrínseca de la mà, l'extensor digitorum communis i el FDP, podien transmetre's i variar en cada dit en funció de diferències relatives a la posició de les articulacions MCFs entre elles. Com les forces d'aquesta musculatura arribaven a les articulacions MCFs, IFPs i IFDs de forma diferent tant per l'efecte d'una fèrula o no. I com era possible, variant la posició de les articulacions MCFs, alterar i aconseguir una tensió que fos beneficiosa.<sup>60</sup>

Són moltes les coincidències que fan pensar que l'aplicació del concepte *relative motion* pot tenir un efecte beneficiós en el control del símptoma, la protecció durant la fase de reparació i la mobilització precoç en les lesions de la musculatura lumbrical. En primer lloc, per coherència amb l'anatomia i biomecànica de la mà<sup>60</sup>; en segon lloc, perquè diferents autors en la literatura mencionen la seva aplicabilitat en la gestió del dolor i en la patologia de la musculatura intrínseca de la mà<sup>57,58,60</sup>, i en tercer lloc, perquè ha demostrat tenir un efecte positiu en aquests pacients durant la pràctica clínica en estudis pilots preliminars.

Aquesta aplicació podria comportar una nova aportació en l'abordatge d'aquestes lesions en el camp de la teràpia de la mà i el tractament conservador de la patologia traumàtica de la mà. Els pacients es podrien beneficiar d'un protocol de tractament més adaptat al seu relat i dels avantatges de l'ús d'aquest tipus de fèrules d'alta versatilitat i funcionalitat.



## **2. HIPÒTESI**



- L'ús de la fèrula *relative motion* és eficaç en el tractament conservador de les lesions del múscul quart lumbrical en escaladors i podria utilitzar-se en el seu abordatge clínic.
- Els pacients tenen una evolució favorable durant el tractament amb *relative motion* cap a una resolució completa dels símptomes.
- La fèrula *relative motion* impediria la lesió en individus sans i evitaria el mecanisme de lesió en els individus ja lesionats.



### **3. OBJECTIUS**





### *3.1 Objectiu principal*

- Estudiar l'eficàcia del tractament amb la fèrula *relative motion* en persones escaladores amb lesió del múscul quart lumbrical.

### *3.2 Objectius secundaris*

- Estudiar els canvis en els símptomes en el test d'estrès del lumbrical al llarg del tractament amb *relative motion* en escaladors amb lesió del múscul quart lumbrical.
- Estudiar els efectes biomecànics de la fèrula *relative motion* en situació de simulació del mecanisme de lesió en peces cadavèriques.



## **4. MATERIAL I MÈTODES**



## 4.1 ESTUDI CLÍNIC

### 4.1.1 Consideracions ètiques

L'aprovació del disseny del present estudi va ser regulada per un document d'acceptació per part de la Comissió d'Ètica en l'Experimentació Animal i Humana (CEEAH) de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). La CEEAH de la UAB, reunida el dia 22-04-2022, va acordar informar favorablement el projecte amb número de referència CEEAH 5964 amb títol "CA64 Estudi de la fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en escaladors".

Vegeu als Annexos 1 i 2 els documents d'aprovació del projecte d'investigació per part de la CEEAH i el document de Consentiment Informat per als participants de l'estudi.

El present estudi va ser igualment registrat a la base de dades *ClinicalTrials.gov* per a la seva posterior publicació en format article de revista.

Vegeu a l'Annex 3 els documents de registre a la base de dades *Clinical Trials*.

### 4.1.2 Disseny de l'estudi i característiques de la mostra

Es va realitzar un estudi prospectiu d'intervenció abans-després.

<b>Criteris d'inclusió</b>	<b>Criteris d'exclusió</b>
Persones escaladores majors de 18 anys	Haver rebut tractament previ
Presentar símptomes després d'un esdeveniment traumàtic durant la pràctica d'escalada	Presentar lesions associades
Test d'estrès del 4t lumbrical positiu amb dolor a la mà afectada.	Antecedents patològics que interfereixin en la biologia del teixit lesionat.

Taula 1. Esquema dels criteris d'inclusió i exclusió de l'estudi

Dins els criteris d'inclusió es van considerar les persones majors de 18 anys, escaladores, presentant simptomatologia característica de la lesió del quart lumbrical i amb un test clínic d'estrès positiu, que en confirmés el diagnòstic.

Van ser criteris d'exclusió haver rebut un tractament previ, presentar altres lesions associades o altra patologia muscular que pogués interferir en la biologia de la lesió (Taula 1).

Per tal de confirmar el diagnòstic, es va realitzar el test d'estrès del múscul quart lumbrical, consistent en posicionar la mà de l'escalador amb extensió dels segon, tercer i quart dits i demanar la flexió contra resistència, aconseguint una flexió associada del cinquè dit. El test es considera positiu si desencadena dolor al palmell de la mà, en l'espai entre el quart i cinquè FDP.

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

Els subjectes d'estudi van ser reclutats a la clínica Hand Therapy BCN. Van ser avaluats en una primera sessió i si complien tots els requisits establerts, se'ls va informar dels objectius i la metodologia de l'estudi, a través d'un consentiment informat que van signar.

### 4.1.3 Variables d'estudi

Es van avaluar els canvis produïts al llarg del protocol de tractament per a les següents variables (Taula 2):

Variables d'estudi	Unitats de mesura
Flexió de l'articulació MCF del 5è dit durant el test d'estrès	º flexió articulació MCF
Dolor en la dinamometria durant el test d'estrès	Kg de força, % de força respecte l'extremitat sana.
Discapacitat Quick DASH Mòdul d'esports	% de discapacitat, % de discapacitat en les activitats esportives.

Taula 2. Esquema de les variables d'estudi

#### VARIABLE 1: dolor en la dinamometria durant el test d'estrès

Es van mesurar els kilograms (kg) de força que pot aplicar l'escalador a partir dels quals el test d'estrès és positiu. Es va obtenir el percentatge de la força aplicada comparant les dades amb els valors de l'extremitat sana.

Es va utilitzar com a suport una presa d'escalada, simètrica, de fusta, tipus *regleta* de 2cm de profunditat i acoblada a un dinamòmetre de mà hidràulic *Jamar*®. Es demanava a l'escalador que realitzés força progressivament i s'aturés en el moment en què començava a aparèixer el símptoma. Els segon, tercer i quart dits feien força en contacte contra la presa de fusta; mentre que el cinquè dit quedava lliure, sense estar en contacte amb la presa, flexionant-se activament degut al fenomen de la quadriga.

Els kg i el percentatge van ser les unitats utilitzades per expressar els resultats. Per expressar el percentatge, es va considerar com a valor absolut (100%) la mitjana de les tres mesures, inicial, a les tres setmanes i a les sis setmanes, de la dinamometria de la mà sana (Figura 30).

#### VARIABLE 2: graus de moviment de flexió de l'articulació MCF del cinquè dit

Es van quantificar els graus de flexió de l'articulació MCF del cinquè dit a partir dels quals el test d'estrès era positiu, és a dir, quan l'escalador començava a sentir dolor. El test el va realitzar l'investigador principal. Es va fer la mesura dels graus de moviment amb un goniòmetre de dits (Figura 30).

**VARIABLE 3: discapacitat durant les activitats de la vida diària i activitat esportiva**

Es va utilitzar com a escala validada el qüestionari d'autoavaluació "QuickDASH versión española" (versió reduïda validada del qüestionari DASH. El va respondre l'escalador de forma autònoma en les sessions de recollida de dades, previ a la resta de les mesures.

De la mateixa manera, l'escalador també va respondre el mòdul opcional del qüestionari d'autoavaluació DASH "Actividades especiales deportes/músicos".

Vegeu a l'Annex 4 el qüestionari utilitzat per a la recollida de dades.

Un cop analitzades les dades del qüestionari, es van obtenir el percentatge de discapacitat en el QuickDASH i el percentatge de discapacitat en l'activitat esportiva (Figura 30).



Figura 30. Esquema resum de la presa de dades de les tres variables d'estudi

#### 4.1.4 Recollida de dades

Durant les sis setmanes d'intervenció, es van realitzar tres sessions presencials de recollida de dades per a cada subjecte d'estudi.

##### 1a sessió d'avaluació:

Recollida de les dades personals del subjecte d'estudi: anamnesi, història clínica i recollida d'informació sobre la seva pràctica esportiva. Es va dur a terme la recollida de dades per a cadascuna de les variables per als valors inicials o previs a la intervenció.



Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

### **2a sessió d'avaluació:**

Recollida de dades per a cadascuna de les variables per als valors entremetjats de la intervenció, a la tercera setmana.

### **3a sessió d'avaluació:**

Recollida de dades per a cadascuna de les variables per als valors finals de la intervenció, a la sisena setmana.

Per a la recollida de dades, es va utilitzar una taula Excel amb totes les variables d'estudi per a la posterior anàlisi estadística. Les dades van ser pseudonimitzades a través d'un codi numèric que es va assignar a cadascun dels participants, eliminant les dades personals del registre.

## **4.1.5 Disseny de la fase experimental**

El període d'intervenció per a cada subjecte d'estudi va tenir una durada de sis setmanes. Coincidint amb la recollida de dades, es van realitzar tres sessions d'intervenció per a cadascun dels subjectes d'estudi:

### **1a SESSIÓ: Inici intervenció**

Confecció d'una fèrula tipus *relative motion* que evités la flexió aïllada de l'articulació MCF del cinquè dit respecte el quart, però que permetés els gestos de tancament i obertura de la mà. La fèrula havia d'englobar tercer, quart i cinquè dits i es posicionaven les articulacions MCFs alineades. Es comprovava acte seguit que el símptoma s'havia neutralitzat quan es portava la fèrula posada, realitzant gestos actius de la mà. Les fèrules van ser fetes a mida i adaptades a cada subjecte d'estudi. Es van confeccionar amb termoplàstic Orficast (Orfit®) escalfat amb una pistola de calor per al seu modelatge.

S'indicava a cadascun dels subjectes que havien de fer ús de la fèrula de forma permanent i continuada durant les tres primeres setmanes d'intervenció, les 24 hores del dia.

Se'ls indicava reduir aquelles activitats que requerissin d'una activitat manual o de prensió de forma repetida per tal d'evitar l'aparició o empitjorament de la tenosinovitis dels flexors. Se'ls permetia la pràctica esportiva general i de l'escalada, a una intensitat moderada, sempre per sota del llindar del dolor, amb indicació d'utilitzar un embenatge amb esparadrap o *tape* rígid tipus sindactília de quart i cinquè dits, evitant així l'aparició del símptoma durant la pràctica esportiva. Si es tractava d'una lesió aguda, no se'ls permetia l'escalada durant les primeres dues setmanes, comptant des del dia que havien patit la lesió. Tampoc es permetia en cap cas l'escalada si era, malgrat tot, dolorosa.

### **2a SESSIÓ: 3a setmana de la intervenció**

Passades tres setmanes, es realitzava una retirada progressiva de la fèrula *relative motion*.

S'indicava als subjectes d'estudi l'ús de la fèrula només per a aquelles activitats de la vida diària de més càrrega o activitat manual (activitats de prensió laborals, domèstiques, esportives...) o de risc (en el transport

públic, sortint a comprar o en activitats extraordinàries). La retirada es duia a terme sota el seu propi criteri, seguint els principis del concepte *pain-guided healing* o curació guiada segons el dolor. Per a la resta d'activitats i en moments de repòs, ja no feien ús de la fèrula.

Se'ls seguia permetent la pràctica esportiva general i de l'escalada, a una intensitat moderada i per sota del llindar del dolor, amb indicació d'utilitzar un embenatge amb esparadrap o *tape* rígid tipus sindactília de quart i cinquè dits, de la mateixa manera que en les tres setmanes anteriors.

### 3a SESSIÓ: 6a setmana de la intervenció

Acabat el període d'intervenció de 6 setmanes, s'indicava a l'individu la retirada definitiva de la fèrula.

Per a la readaptació esportiva, es va recomanar l'ús de d'esparadrap o *tape* rígid en *relative motion* per escalar i fer esport en general, per realitzar una exposició gradual al gest dissociatiu amb càrrega i per evitar recidives. Aquest tipus d'embenatge imitaria la fèrula que havien utilitzat les setmanes anteriors, de manera que es mantindria certa protecció encara durant les activitats de més càrrega, les esportives, però amb un abordatge menys conservador que la sindactília.

Aquesta tercera sessió, coincidia amb l'última sessió de recollida de dades, per als valors finals de la intervenció (Figura 31)

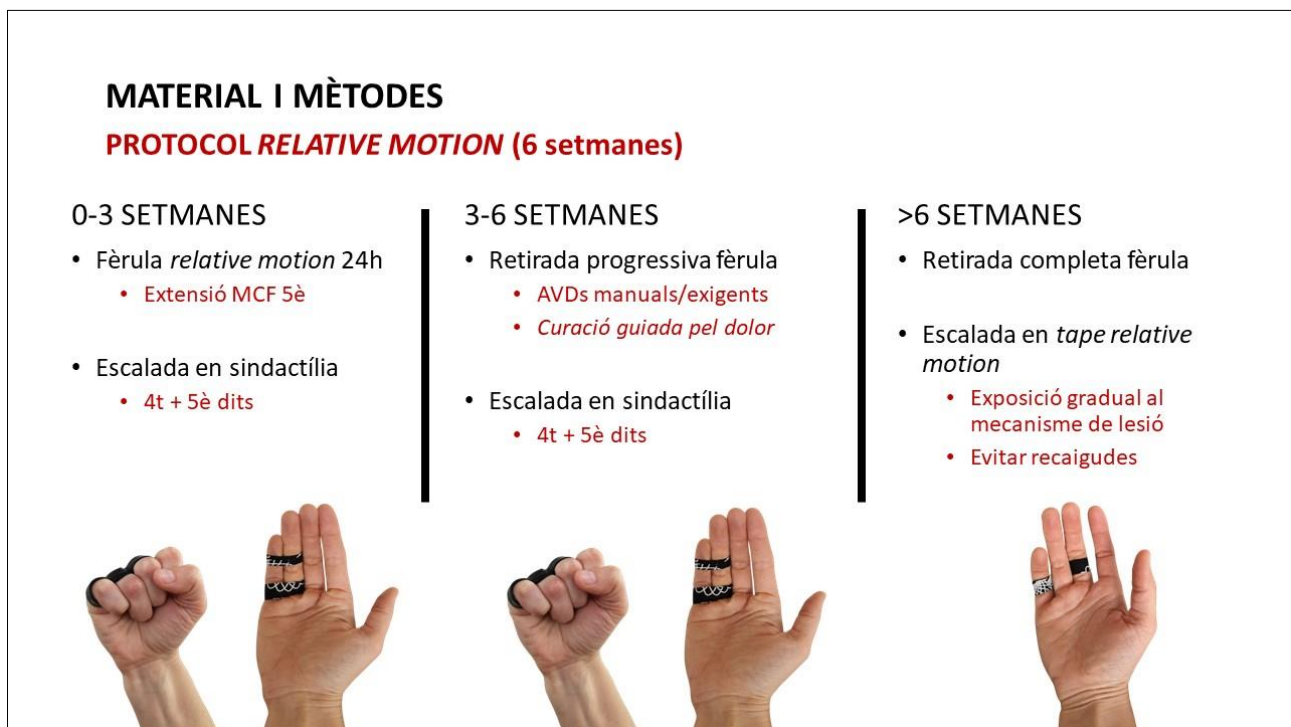


Figura 31. Esquema resum de les 6 setmanes de protocol d'intervenció

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

#### 4.1.6 Anàlisi estadística

Les dades van ser analitzades amb el software d'estadística IBM® SPSS® Statistics versió 25.0.0.1.

En primer lloc, es va realitzar una anàlisi descriptiva per a cadascuna de les variables d'estudi.

Per a la inferència estadística, es va utilitzar la Prova de Normalitat de Shapiro-Wilk, per tal de contrastar que la distribució de les variables d'interès seguia o no una distribució normal.

Per aquells casos en què les dades de la mostra seguien una distribució normal, es va procedir a la realitzar una modelització paramètrica amb la prova t de mostres independents (t). En el cas que alguna de les variables no seguís una distribució normal, es va prosseguir a una modelització no-paramètrica a través de la prova U de Mann-Whitney (U).

Per a totes les anàlisis es va fixar el nivell de significació de les proves en el 5% (p valor < 0.05).

## 4.2 ESTUDI BIOMECÀNIC

### 4.2.1 Consideracions ètiques

La donació de cos a la Facultat de Medicina de la UAB, per docència, recerca i formació continuada, està regulada per un document d'acceptació expressa per part del donant que va ser aprovat per la Comissió d'Ètica en la Experimentació Animal i Humana (CEEAH) de la UAB, procediment 2904, en data 27 de març de 2015.

Vegeu a l'Annex 5 el document d'aprovació de la Comissió d'Ètica en la Experimentació Animal i Humana (CEEAH) de la UAB.

### 4.2.2 Disseny de l'estudi i característiques de la mostra

Es va realitzar un estudi experimental analític observacional de casos i controls, en espècimens procedents de cadàvers humans donats a la Facultat de Medicina de la UAB.

L'estudi es va dur a terme al laboratori de biomecànica de la Unitat d'Anatomia i Embriologia Humana del Departament de Ciències Morfològiques de la Facultat de Medicina de la UAB, de la qual és càtedra el professor Alfonso Rodríguez Baeza. Totes les persones acceptades com a donants de cos a la UAB, disposaven d'un carnet de donant i les seves dades van ser introduïdes en una base de dades protegida segons la normativa vigent de protecció de dades personals de la UAB. Tots els cossos ingressats a la Sala de Dissecció de la Facultat de Medicina van ser testats serològicament en el seu ingrés, descartant la presència d'anticossos contra els virus de la hepatitis B, hepatitis C i VIH (durant el període de pandèmia, també SARS-CoV-2).

Els espècimens utilitzats van ser anonimitzats mitjançant un número de referència, que tan sols permetia conèixer-ne el gènere i l'edat. Els espècimens incloïen avantbraç i mà. Es trobaven criopreservats a  $-40^{\circ}$  i van ser descongelats a temperatura ambient 24 hores prèvies a ser preparats per a l'estudi. Es van excloure de l'estudi els espècimens que presentaven una rigidesa a les articulacions dels dits llargs de la mà (congènita o patològica) o bé que presentaven patologia o deteriorament tant de la musculatura intrínseca de la mà com del sistema flexor dels dits.

L'estudi biomecànic va constar de dos experiments:

L'Experiment 1 va recrear el mecanisme en què els esportistes escaladors es lesionen el múscul quart lumbrical, estudiant el comportament per cadascuna de les variables i analitzant els efectes de la fèrula *relative motion* durant el mecanisme de lesió

L'Experiment 2 va comparar, en els espècimens ja lesionats, els efectes de la fèrula *relative motion* i de l'embenatge en sindactília, respecte una situació control.

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

### Materials i preparació de la peça

Les peces d'avantbraç i mà es van preparar per macrodissecció per tal d'exposar el múscul 4t lumbrical i el FDP. Quedava visible la meitat cubital del palmell de la mà i també el FDP i la seva sinovial als dos terços distals de l'avantbraç.

Per facilitar l'observació d'esdeveniments en el sistema FDP-lumbrical, eren retirats els tendons del FDS dels quart i cinquè dits. Es van seccionar els dos tendons des del marge proximal de la polítja A1 i van ser retirats íntegrament tibant des de proximal, fent-los lliscar fins poder seccionar-los i eliminar-los en la seva unió miotendinosa a l'avantbraç.

Per altra banda, es va confeccionar manualment una fèrula tipus *relative motion* adaptada a cadascun dels espècimens. Es van utilitzar, com a material de ferulatge, bandes termomoldejables de plàstic Orficast (Orfit®), de 6cm d'ample i 17-18cm de llarg, doblegades per la meitat. El material va ser prèviament escalfat amb una pistola de calor. La fèrula *relative motion* confeccionada evitava la flexió aïllada de l'articulació MCF del cinquè dit respecte del quart, permetent els gestos de tancament i obertura de la mà. Englobava tercer, quart i cinquè dits i es posicionaven les articulacions MCFs alineades. L'amplada de la banda de termoplàstic, cobria tota la 1a falange fins al marge amb l'articulació IFP (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** i **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).



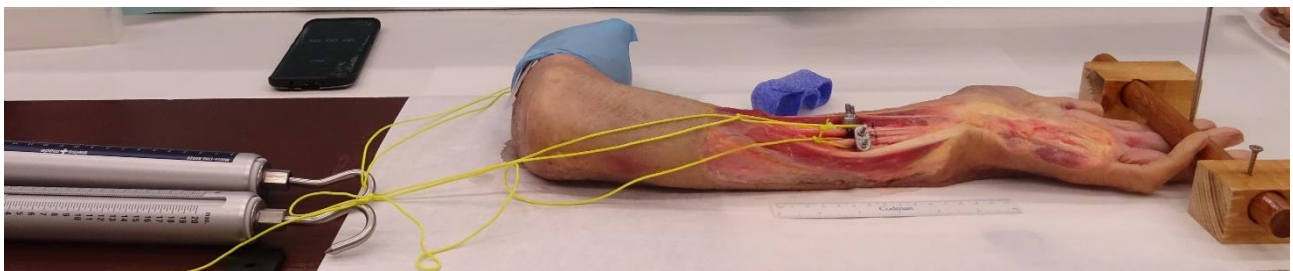
Figura 32. Imatges de la preparació de les peces per macrodissecció, posicionament a la taula de treball i confecció de la fèrula *relative motion*. Fotografies de N. Carnicero, Laboratori d'Anatomia i Ciències Morfològiques, Facultat de Medicina UAB.

Per a l'experiment 2, es va utilitzar embenatge rígid tipus *tape* o esparadrap per tal de fixar en sindactília els quart i cinquè dits, amb una banda estreta a la primera falange i una segona banda estreta a la segona falange, d'una amplada de 0,5-1cm.

Es va utilitzar per a l'experimentació una taula de fusta específicament dissenyada amb l'ajuda d'un enginyer. La taula permetia posicionar l'extremitat recolzada en supinació i disposava d'una barra que fixava els segon, tercer i quart dits en extensió, mentre que el cinquè dit quedava lliure. Un clau de Steinmann de 2,5mm a la segona falange del tercer dit fixava la peça a la taula, permetent però el lliscament proximal lliure del FDP del mateix dit.

Es va ancorar un dinamòmetre a l'extrem proximal dels tendons del FDP del tercer i quart dits. La fixació es va realitzar a través de grapes metàl·liques, unides al dinamòmetre a través d'un cordill. Es van fixar els dos tendons junts a una tensió d'1,5kg cap al lliscament proximal durant tot l'experiment.

Per últim, per reproduir la contracció del múscul FDP, es va ancorar també un dinamòmetre a l'extrem proximal del tendó del FDP del cinquè dit, que un dels investigadors traccionava durant els experiments.



**Figura 33.** Imatge de la instal·lació dels dos dinamòmetres als tendons del FDP. Fotografies de N. Carnicero. Laboratori d'Anatomia i Ciències Morfològiques, Facultat de Medicina UAB.

### 4.2.3 Variables d'estudi

#### **VARIABLE 1: cisalla en el lliscament tendinós 5è FDP respecte 4t FDP**

Es van quantificar els mil·límetres (mm) de lliscament proximal del tendó del FDP del 5è dit, respecte del tendó del FDP del 4t dit, que es van produir durant el mecanisme dissociatiu.

Per realitzar la mesura, es va marcar en els tendons del 4t i 5è dit respectivament dos punts de referència; per a tal efecte es va utilitzar un punt de sutura de seda per a cada tendó. Els dos punts de sutura es trobaven alineats, en un punt equidistant a 7cm respecte al canell, en el terç mig de l'avantbraç. Un regle de mesura de fins a 15cm va ser ubicat en paral·lel al costat de l'espècimen d'estudi (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

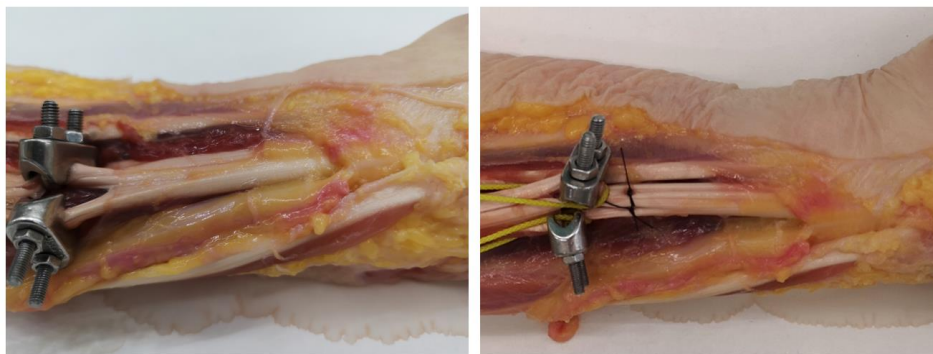


Figura 34. Detall de la dissecció per dissociar i col·locar les grapes als tendons del tercer i el quart FDP i al tendó del cinquè FDP, i la col·locació dels punts de sutura com a punts de referència per a les mesures. Fotografies de N. Carnicero. Laboratori d'Anatomia i Ciències Morfològiques, Facultat de Medicina UAB.

#### VARIABLE 2: moviment de flexió de l'articulació MCF del 5è dit

Es van quantificar els graus de moviment cap a la flexió que realitza l'articulació MCF del 5è dit durant el mecanisme dissociatiu. Els graus de moviment es van mesurar amb un goniòmetre de dits.

#### 4.2.4 Recollida de dades

La recollida de dades es va realitzar mitjançant l'enregistrament de vídeos i la seva posterior anàlisi. Dues càmeres van ser fixades durant la preparació de la fase experimental. Una de les càmeres va ser col·locada damunt del sistema per proporcionar-ne una visió zenital i poder prosseguir amb la lectura dels mm de lliscament tendinós. Una segona càmera tenia una visió lateral del sistema per poder fer la lectura dels graus de flexió de la MCF del 5è dit (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Congelant la imatge del vídeo just en el moment adequat per a la presa de les mesures, es van obtenir seqüències d'imatges a través de les quals es van realitzar les mesures pertinents per a cadascuna de les variables. Es va prosseguir a la recollida de dades dels diferents experiments en una taula Excel per a la posterior anàlisi estadística.

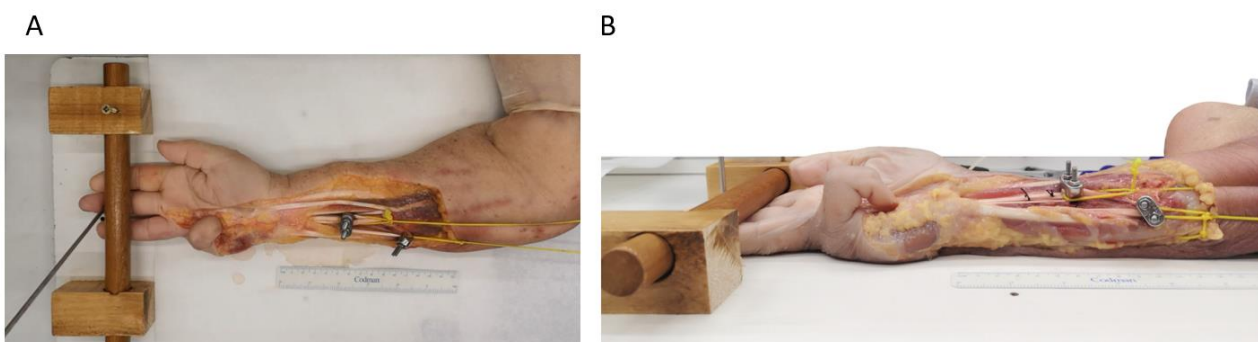


Figura 35 A) Visió zenital de l'espècimen per calcular els mm de lliscament tendinós. B) Visió lateral per calcular els graus de flexió de la MCF del 5è dit. Fotografies de N. Carnicero, Laboratori d'Anatomia i Ciències Morfològiques, Facultat de Medicina UAB.



### 4.2.5 Disseny de la fase experimental

#### EXPERIMENT 1: mecanisme de lesió sense fèrula o amb fèrula en un mateix individu sa.

En l'Experiment 1 es va reproduir el mecanisme de lesió dissociativa del múscul lumbrical en les dues extremitats esquerra i dreta de cadascun dels espècimens.

L'experiment es va realitzar en dos grups: Grup 1 en situació de control i Grup 2 utilitzant la fèrula *relative motion*, per estudiar-ne els seus efectes (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**).

- En el Grup 1 Control, es va dur a terme el procés experimental per primera vegada amb una de les extremitats sanes en situació de control.
- En el Grup 2 *Relative motion*, es va prendre l'extremitat contralateral del mateix espècimen i es va repetir el procés. En aquesta segona fase, l'espècimen portava posada la fèrula *relative motion* corresponent.

Per tal de reproduir el mecanisme de lesió, l'investigador havia de prendre el dinamòmetre ancorat al tendó del FDP del 5è dit i aplicar una força d'1kg cada 10 segons. Així s'aconseguia provocar la cisalla, fins a la posada en tensió màxima que ocasionava el trencament del sistema o bé fins a un màxim de 20kg, quan es donava per finalitzat l'experiment sense ruptura. Es prenia nota dels kg de força aplicats en el moment final. Es prenia com a mesura de les variables el lliscament tendinós i la flexió de l'articulació MCF aconseguits en l'instant previ a la ruptura.

Tal i com ja s'havia explicat, els tendons del FDP dels 3r i 4t dits s'havien deixat fixats a una tensió d'1,5kg cap al lliscament proximal durant tot l'experiment.

Per tal que la dominància dels espècimens no interferís en els resultats de l'experiment, es va aleatoritzar prèviament quina de les dues peces s'utilitzaria per a cada grup a través de l'aplicació aleatoritzadora online de lliure accés Pinetools®.

Grup 1 Control



Grup 2 Relative Motion



**Figura 36. Experiment 1 en un dels espècimens. L'extremitat dreta va formar part del Grup 1 Control. L'extremitat esquerra va formar part del Grup 2 *Relative motion*. Fotografies de N. Carnicero, Laboratori d'Anatomia i Ciències Morfològiques, Facultat de Medicina UAB.**



Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

## EXPERIMENT 2: efecte sense fèrula, amb fèrula o amb sindactília en l'individu lesionat.

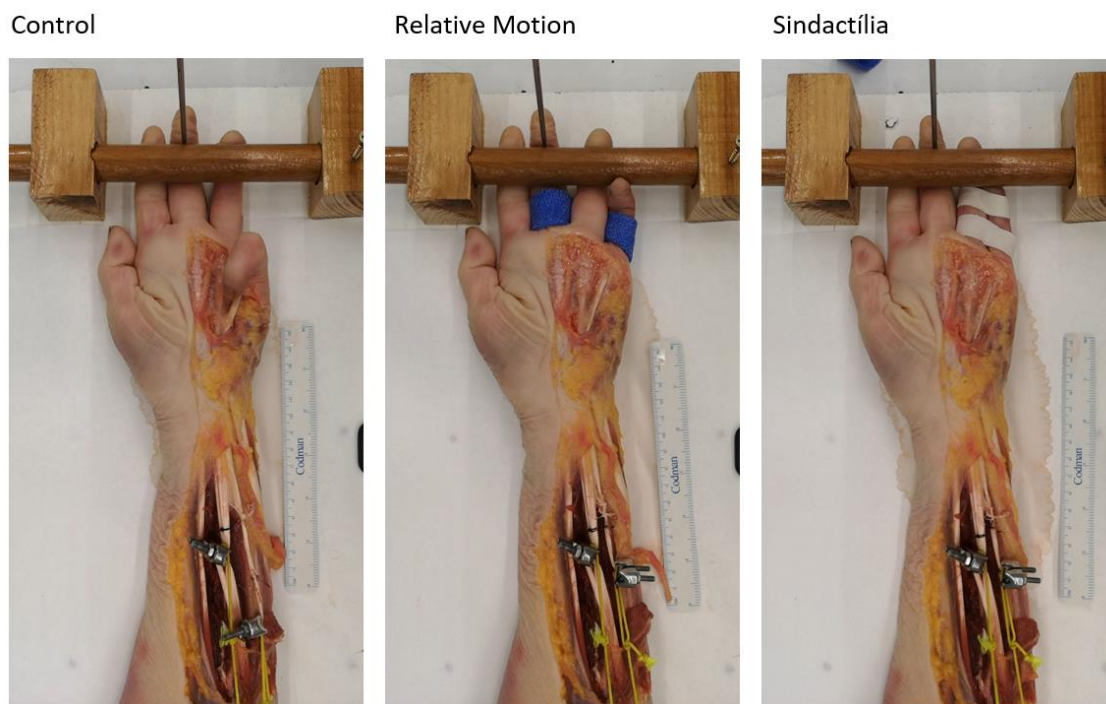
En l'Experiment 2 es van simular els efectes de la fèrula i l'embenatge en sindactília en els espècimens ja lesionats en l'experiment anterior, quan eren de nou exposats al mecanisme de lesió dissociativa.

L'experiment es va realitzar en tres fases: Fase 1 en situació de control, Fase 2 utilitzant la fèrula *relative motion* i Fase 3 utilitzant un embenatge en sindactília (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

- En la Fase 1 Control, es va dur a terme el procés experimental per primera vegada.
- En la Fase 2 *Relative motion*, es va repetir el procés amb una fèrula *relative motion*.
- En la Fase 3 Sindactília, es va repetir el procés amb un embenatge en sindactília.

Per tal de reproduir el mecanisme de lesió en els espècimens ja lesionats, l'investigador prenia el dinamòmetre ancorat al tendó del FDP del 5è dit i aplicava una força de 200 grams (g), simulant així la cisalla. En aquesta situació es prenen les mesures per a les variables d'estudi, lliscament tendinós i flexió de l'articulació MCF.

Tal i com ja s'havia explicat, els tendons del FDP dels 3r i 4t dits s'havien deixat fixats a una tensió d'1,5kg cap al lliscament proximal durant tot l'experiment.



**Figura 37.** Experiment 2 en un dels espècimens. Fotografies de cadascuna de les tres fases: control, *relative motion* i sindactília. Fotografies de N. Carnicero, Laboratori d'Anatomia i Ciències Morfològiques, Facultat de Medicina UAB.

#### *4.2.6 Anàlisi estadística*

Les dades van ser analitzades amb el software d'estadística IBM® SPSS® Statistics versió 25.0.0.1.

En primer lloc, es va realitzar una anàlisi descriptiva per a cadascuna de les variables d'estudi.

Per a la inferència estadística, es va utilitzar la Prova de Normalitat de Shapiro-Wilk, per tal de contrastar que la distribució de les variables d'interès seguia o no una distribució normal.

Per aquells casos en què les dades de la mostra seguien una distribució normal, es va procedir a la realitzar una modelització paramètrica amb la prova t de mostres independents (t). En el cas que alguna de les variables no seguís una distribució normal, es va prosseguir a una modelització no-paramètrica a través de la prova U de Mann-Whitney (U).

Per a totes les anàlisis es va fixar el nivell de significació de les proves en el 5% (p valor < 0.05).



## **5. RESULTATS**



## 5.1 ESTUDI CLÍNIC

### 5.1.1 Anàlisi descriptiva de la mostra

Durant el període de reclutament de la mostra un total de 57 persones presentant el test d'estrès positiu van acceptar formar part de l'estudi. 3 casos van ser finalment descartats per presentar lesions associades a la mà contralateral. 1 cas va ser descartat per haver desenvolupat, al mateix temps, una síndrome del túnel carpí a la mà lesionada. 4 casos van ser descartats per presentar el test d'estrès del quart lumbrical positiu, però sense donar símptomes a la mà, sinó al canell i/o a l'avantbraç.

La mostra va incloure finalment 50 individus adults escaladors: 40 eren homes i 10 eren dones (Taula 3).

La mitjana d'edat va ser de 29,7 anys, en un rang comprès entre els 18 i els 52 anys (desviació estàndard (SD) 7,00).

La mitjana d'anys de pràctica de l'esport era de 3 anys i mig (SD 3,34), en un rang comprès entre el mig any i els 20 anys de pràctica.

En el moment de l'inici de la intervenció, havien transcorregut de mitjana 3,65 setmanes (SD 3,05) des que havien patit la lesió, en un interval comprès entre els 2 dies i les 12 setmanes.

Pel que fa a la tipologia de la presa, 32 dels individus (64% del total) van relatar haver-se lesionat amb una presa de només dos o tres dits (18 dels individus en un bidit 2n i 3r dit; 14 dels individus en un tridit 2n, 3r i 4t dit), respecte 16 individus (32% del total) que van relatar estar agafant una presa on hi cabien completament els quatre dits llargs de la mà. Aquest segon grup, malgrat no ser-ne conscients, en algun moment haurien perdut el contacte del 5è dit amb la presa, flexionant-se tot seguit i produint-se així el mecanisme lesiu del fenomen de la quadriga.

En el moment de la lesió 11 dels individus estaven escalant en roca a l'aire lliure (22% del total), mentre que 34 estaven entrenant en una sala d'escalada o rocòdrom (68% del total) i 5 estaven fent un entrenament de suspensions estàtiques (10% del total).

6 dels individus ja havia patit alguna vegada la mateixa lesió a l'extremitat superior contralateral (12% del total).

<b>Sexe</b>	40 homes; 10 dones.
<b>Anys de pràctica escalant</b>	3,49 anys (SD 3,34)
<b>Setmanes transcorregudes de lesió</b>	3,65 setmanes (SD 3,05)
<b>Tipologia de presa</b>	18 individus en bidit (36%) 14 individus en tridit (28%) 16 individus en una presa amb tots els dits (32%)
<b>Lloc de la lesió</b>	11 individus a la roca, a l'aire lliure (22%) 34 individus a una sala d'escalada (68%) 5 individus fent entrenament de suspensions (10%)
<b>Antecedents previs de lesió del lumbrical</b>	6 individus havien patit la lesió a ES contralateral (12%)

Taula 3. Anàlisi descriptiva de la mostra

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

En l'exploració, a més de presentar el test d'estrès positiu, 37 dels individus també presentava dolor en el gest del puny complet sense resistència (74% del total) i 42 dels individus relataven tenir dolor no només escalant, sinó també durant les activitats de la vida diària, bé fossin domèstiques o laborals. A mode exemple, alguns d'ells relataven com no només tenien dolor durant l'escalada, sinó que inclús la manipulació de la corda d'escalada amb força de puny complet mentre asseguraven el seu company també era molt molesta. Alguns d'aquests casos no eren aguts, sinó que els símptomes persistien més enllà de les 8 setmanes i inclús de les 12 setmanes.

Va ser comú entre la mostra presentar dolors associats, a més a més del dolor al palmell de la mà. Un total de 39 individus van presentar dolors associats a la primera exploració (78% del total). Presentaven dolor associat al quart dit, a la vora anterior-cubital de canell al terç distal de l'avantbraç, o a l'avantbraç proximal; podent presentar més d'un símptoma associat. 25 dels individus (el 50% de la mostra) presentaven dolor associat al quart dit, 16 dels individus (32%) presentaven dolor a la vora anterior-cubital del canell, i 15 dels individus (30%) presentaven dolor a l'avantbraç. Només 2 dels individus (4%) va relatar dolor a altres dits de la mà i 1 dels individus (2%) va relatar dolor a la inserció de la musculatura epicondília medial al colze.

En el 100% dels casos el dolor va remetre de forma instantània des del primer dia amb l'ús de la fèrula, que va ser eficaç per frenar el mecanisme de lesió. En el transcurs de les 6 setmanes els símptomes van millorar de forma progressiva en el 100% dels participants.

En l'avaluació intermèdia a les tres setmanes, el test d'estrès era ja negatiu en 9 dels participants (19%). En 7 d'ells, però, el test se seguia mostrant lleument positiu si s'afegia una força contra resistència a la flexió del 5è dit, augmentant el lliscament proximal del FDP. El 81% restant de la mostra, seguia presentant un test d'estrès positiu.

En l'avaluació final a les sis setmanes, el test d'estrès era negatiu en 41 dels participants (82%); en 24 dels quals seguia sent lleument positiu si s'afegia la variant contra resistència del test. Només en 9 dels participants (18% del total) el test seguia sent positiu, però en una intensitat menor que la inicial i ja no presentaven símptomes durant el seu dia a dia.

El 100% dels participants va poder deixar d'utilitzar la fèrula de forma completa i satisfactòria a la 6a setmana. Se'ls va recomanar deixar d'utilitzar també l'embenatge en sindactília per escalar més enllà de la 6a setmana i començar a utilitzar l'embenatge en *relative motion*, per afavorir a una readaptació i exposició gradual al mecanisme de lesió durant la pràctica esportiva i, també, evitar recidives.

### 5.1.2 Resultats per a cadascuna de les variables

Es presenta una taula descriptiva dels resultats (Taula 4), resum de la mitjana i desviació estàndard per cadascuna de les variables.

	Inici	3a setmana	6a setmana
<b>Dinamometria</b> (% força)	43,73% (SD 26,18)	64,21% (SD 19,76)	82,44% (SD 18,25)
<b>Goniometria</b> (º flexió MCF)	43º (SD 27,33)	65º (SD 22,88)	89º (SD 8,9)
<b>QuickDASH</b> (% discapacitat)	25% (SD 14,85)	14,26% (SD 11,11)	7,44% (SD 10,31)
<b>QuickDASH Esports</b> (% discapacitat)	66,46% (SD 22,74)	43,75% (SD 24,39)	20,11% (SD 20,07)

**Taula 4. Taula resum de la mitjana i desviació estàndard dels resultats per a cadascuna de les variables de l'estudi.**

Es troben a l'Annex 6 les taules amb la totalitat dels resultats per cadascun dels participants

#### Resultats per a la variable 1: dolor en la dinamometria durant el test d'estrès

En l'avaluació inicial, els individus van indicar que l'aparició del dolor es produïa en aplicar de mitjana 10,58kg de força (SD 7,03) en el test amb dinamometria adaptada; representava un dèficit de 12,67kg de mitjana (SD 6,09) respecte la mesura en la mà sana. Expressat com a percentatge de força, tenint en compte els valors en l'extremitat sana, l'aparició del dolor es produïa en aplicar un 43,73% de la força total (SD 26,18).

En l'avaluació intermèdia a les 3 setmanes, els individus van poder aplicar 15,18kg de força (SD 6,33). Representava un dèficit de 8,07kg (SD 4,55) i un percentatge de força del 64,21% (SD 19,76) respecte els valors sans.

En l'avaluació final a les 6 setmanes, els individus van poder aplicar 19,14kg de força (SD 6,26). Representava un dèficit de 4,11kg (SD 4,38) i percentatge de força del 82,44% (SD 18,25) respecte els valors sans.

Al llarg del tractament, tots els participants van presentar un augment en la quantitat de força que podien aplicar sense dolor durant el test d'estrès, disminuint la diferència de kg respecte l'extremitat sana i apropant-se al 100% de la força aplicable en condicions sanes.

En tres setmanes, la millora de la força va ser de 4,6kg de mitjana (SD 5,76; p valor=0,003; U=820), que representava, respecte la mà sana, una millora del 20,48% (SD 25,08; valor p=0,0001; U=687,5).

En sis setmanes, la millora de la força va ser de 8,56kg de mitjana (SD 5,52; p valor=0,0001; U=497,5), que representava, respecte la mà sana, una millora del 38,70% (SD 26,27; valor p=0,0001; U=238).



Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

### **Resultats per a la variable 2: graus de moviment de flexió de l'articulació MCF del 5è dit**

En l'avaluació inicial, els individus van relatar que l'aparició del dolor es produïa en flexionar de mitjana 43º (SD 27,33) en el test amb goniometria.

En l'avaluació intermèdia a les 3 setmanes, la flexió va ser de 65º de mitjana (SD 22,88).

En l'avaluació final a les 6 setmanes, la flexió va ser de 89º de mitjana (SD 8,9).

Al llarg del tractament, tots els participants van presentar un augment de graus de flexió sense dolor durant el test d'estrès.

En tres setmanes, la millora de l'arc de moviment va ser de 22º de mitjana (SD 24,23; p valor=0,0001; U=675).

En sis setmanes, la millora va ser de 46º de mitjana (SD 25,85; p valor=0,0001; U=99,5).

### **Resultats per a la variable 3: discapacitat durant les activitats de la vida diària i activitat esportiva**

En l'avaluació inicial, els individus van obtenir un percentatge de discapacitat en el qüestionari Quick DASH de mitjana 25% (SD 14,85) i un percentatge de discapacitat en l'esport de mitjana 66,46% (SD 22,74).

En l'avaluació intermèdia a les 3 setmanes, el percentatge de discapacitat va ser del 14,26% de mitjana (SD 11,11) i el percentatge de discapacitat en l'esport va ser del 43,75% (SD 24,39).

En l'avaluació final a les 6 setmanes, el percentatge de discapacitat va ser del 7,44% de mitjana (SD 10,31) i el percentatge de discapacitat en l'esport va ser del 20,11% (SD 20,07).

Al llarg del tractament, tots els participants van presentar una millora en el grau de discapacitat, tenint en compte els resultats en el Quick DASH i en el mòdul d'esports. En les tres mesures, el mòdul d'esports va ser més sensible que el Quick DASH, presentant uns percentatges més elevats de discapacitat.

En tres setmanes, la millora del percentatge de discapacitat va ser del 10,74% de mitjana (SD 11,22; p valor=0,0001; U=646,5) en el QuickDASH. La millora va ser del 22,71% de mitjana (SD 26,66; p valor=0,0001; U=625,5 ) en el mòdul d'esports.

En sis setmanes, la millora del percentatge de discapacitat va ser del 17,56% de mitjana (SD 14,06; p valor=0,0001; U=315) en el QuickDASH. La millora va ser del 46,34% de mitjana (SD 26; p valor=0,0001; U=177) en el mòdul d'esports.

## 5.2 ESTUDI BIOMECÀNIC

### 5.2.1 Anàlisi descriptiva de la mostra

24 peces d'avantbraç i mà procedents de 12 donants diferents (6 homes i 6 dones) van ser examinades per a l'estudi (Taula 5).

Un espècimen va ser descartat donat que es va produir un error durant la fase experimental. Un segon espècimen va ser descartat per no complir els criteris d'inclusió, donat que presentava rigidesa a les articulacions MCF i IFs de la mà, així com atròfia de la musculatura intrínseca.

Espècimen	Gènere	Edat	Observacions
Núm. 1	Home	94	
Núm. 2	Dona	88	
Núm. 3	Dona	70	
Núm. 4	Home	87	
Núm. 5	Dona	94	
Núm. 6	Dona	74	
Núm. 7	Home	81	
Núm. 8	Home	90	
Núm. 9	Dona	100	
Núm. 10	Home	89	
Núm. 11	Home	98	Error experimental, es descarta.
Núm. 12	Dona	82	No compleix els criteris d'inclusió.

Taula 5. Anàlisi descriptiva de la mostra

Finalment, la mostra va recollir un total de 10 espècimens (5 homes i 5 dones) amb una mitjana d'edat de 87 anys (SD 9.27), en un rang comprès entre els 70 i els 100 anys.

### 5.2.2 Resultats de l'experiment 1

#### *Mecanisme de lesió sense fèrula o amb fèrula en un mateix individu sa*

Les 20 extremitats, dreta i esquerra, procedents dels 10 donants van ser utilitzades per a l'Experiment 1:

- Grup 1 "Control": es va simular el mecanisme de lesió en 10 extremitats sanes (5 homes i 5 dones; de les quals 5 dretes i 5 esquerres) procedents de 10 espècimens diferents. Es va produir la ruptura del sistema FDP – lumbrical en la totalitat dels 10 casos
- Grup 2 "Relative motion": es va simular el mecanisme de lesió sota els efectes de la fèrula *relative motion* en les altres 10 extremitats sanes (5 homes i 5 dones; de les quals 5 dretes i 5 esquerres) procedents de les seves extremitats contralaterals. Es va produir la ruptura del mecanisme només en 8 dels casos; en els 2 casos restants el sistema va romandre estable malgrat haver-lo carregat fins als 20kg. En un dels casos on sí que es va produir la ruptura (espècimen núm. 10), es va provocar acte seguit un *jersey finger* o arrencament del FDP a la falange distal del 5è dit durant els 10 segons posteriors en continuar accionant el dinamòmetre.

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

Es presenta una taula descriptiva dels resultats, resum de la mitjana i desviació estàndard per cadascuna de les variables (Taula 6). Per als espècimens en els quals no es va produir la ruptura del sistema, s'agafen els 20kg com a valors finals per a cadascuna de les variables.

	Kg ruptura	Cisalla pre-ruptura (mm)	Cisalla final (mm)	Flexió pre-ruptura (°)	Flexió final (°)
<b>Grup 1 control</b>	11 (SD 4,94)	9,23 (SD 3,55)	37,68 (SD 21,11)	21,4 (SD 28,91)	90,90 (SD 19,74)
<b>Grup 2 <i>Relative motion</i></b>	11,7 (SD 4,69)	12,48 (SD 6,68)	20,25 (SD 4,5)	1,4 (SD 2,67)	5,00 (SD 3,92)

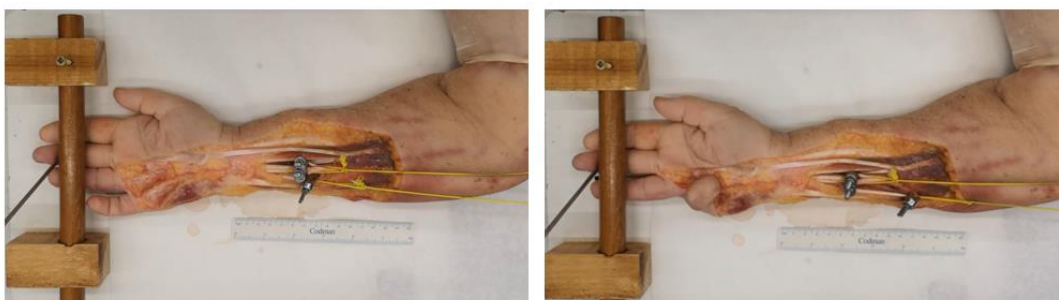
Taula 6. Taula resum de la mitjana i desviació estàndard dels resultats de l'Experiment 1.

Es troben a l'Annex 7 les taules amb la totalitat dels resultats per cadascun dels espècimens.

### Resultats per a la variable "Cisalla en el lliscament tendinós 5è FDP respecte 4t FDP"

En el moment previ a produir-se la ruptura, en el grup 1 Control s'havia produït de mitjana un lliscament proximal de 9,23mm (SD 3,55) del FDP del 5è dit respecte del FDP del 4t dit. En el grup 2 *Relative motion*, la cisalla havia estat de 12,48mm (SD 6,68). Donat que el conjunt de dades seguia una distribució normal, mitjançant una prova t, no es van trobar diferències significatives entre els dos grups ( $t = -1,358$ ;  $p \text{ valor} = 0,196$ ).

Grup 1 Control: inici i final



Grup 2 Relative Motion: inici i final

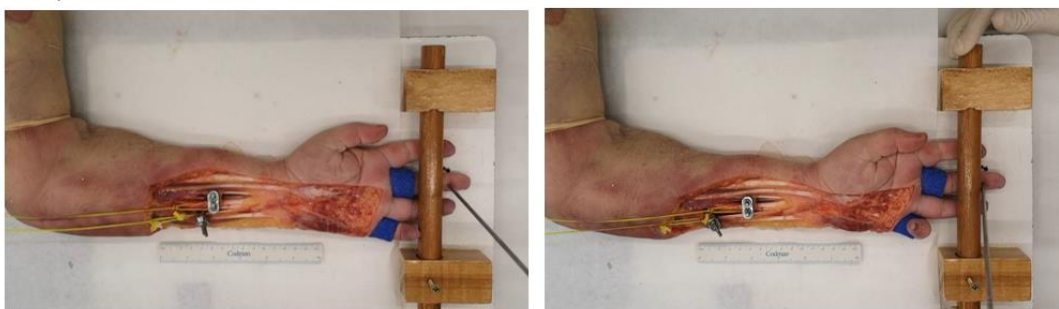


Figura 38. Imatges per a l'experiment 1. Fotografies de N.Carnicero, Laboratori d'Anatomia i Ciències Morfològiques, Facultat de Medicina UAB.

Un cop produïda la ruptura del sistema FDP – lumbrical, en el grup 1 Control es va finalment produir una separació de 37,68mm (SD 21,11). En el grup 2 *Relative motion*, la separació va ser de 20,25mm (SD 4,5)

(Figura 38). Donat que el conjunt de dades no seguia una distribució normal, mitjançant la prova U de Mann-Whitney, es van trobar diferències significatives entre els dos grups ( $U= 12$ ;  $p \text{ valor}= 0,003$ ).

### Resultats per a la variable “Flexió de l’articulació MCF del 5è dit”

En el moment previ a produir-se la ruptura, en el grup 1 Control s’havia produït una flexió de l’articulació MCF del 5è dit de  $21,4^\circ$  de mitjana (SD 28,91). En el grup 2 *Relative motion*, la flexió havia estat d’ $1,4^\circ$  (SD 2,67). Donat que el conjunt de dades seguia una distribució no normal, mitjançant la prova U de Mann-Whitney, es van trobar diferències significatives entre els dos grups ( $U= 12$ ;  $p \text{ valor}= 0,003$ ).

Un cop produïda la ruptura del sistema FDP – lumbrical, en el grup 1 Control es va finalment produir una flexió de la MCF del 5è dit de  $90,9^\circ$  de mitjana (SD 19,74). En el grup 2 *Relative motion*, la flexió va ser de  $5^\circ$  (SD 3,92) (Figura 39). Donat que el conjunt de dades no seguia una distribució normal, mitjançant la prova U de Mann-Whitney, es van trobar diferències significatives entre els dos grups ( $U= 0,0001$ ;  $p \text{ valor}= 0,0001$ ).

Grup 1 Control: inici i final



Grup 2 Relative Motion: inici i final

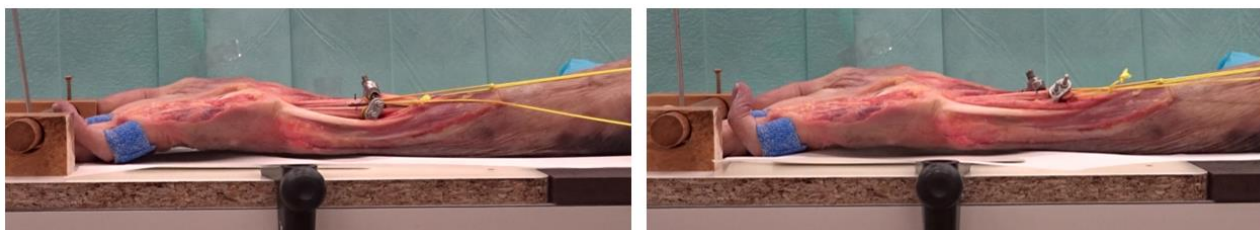


Figura 39. Imatges per a l’experiment 1. Fotografies de N.Carnicero, Laboratori d’Anatomia i Ciències Morfològiques, Facultat de Medicina UAB.

Cal destacar que, en tots els espècimens del Grup 1 control que van presentar ruptura, es va sentir un cruixit clarament audible en el moment del trencament i es va produir una flexió brusca de l’articulació MCF. A més a més, en la macrodissecció posterior, es van poder veure canvis en el múscul lumbrical, però també en els tendons del FDP en relació a la ruptura.

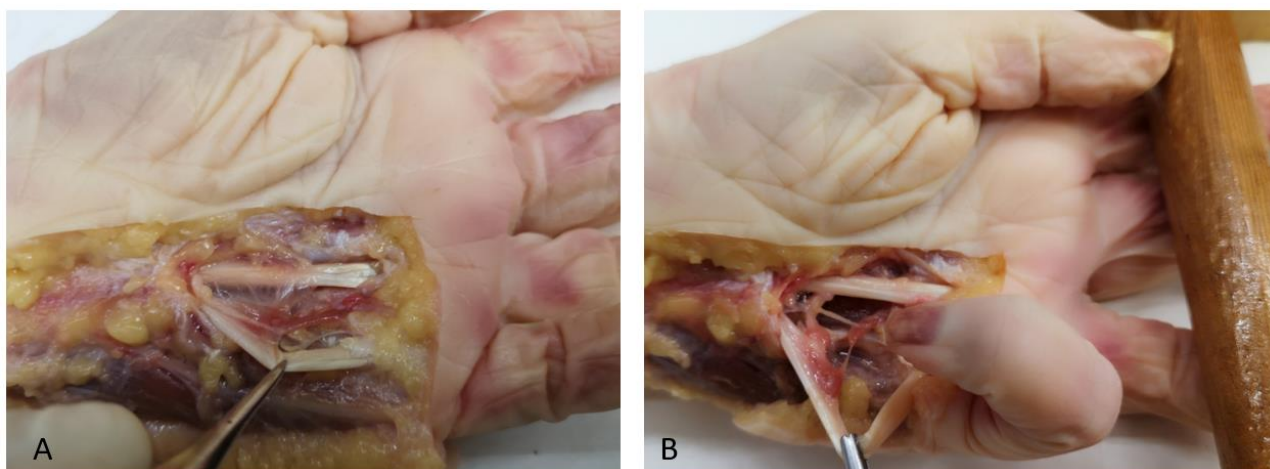
En primer lloc, es van veure signes clars de ruptura a les fibres musculars del quart lumbrical, que podia a més a més presentar una desinserció parcial o completa en el seu origen al FDP del quart dit (Figura 40). Normalment, el seu origen cubital al FDP del cinquè dit va romandre intacte o no presentava signes clars de desinserció en la macrodissecció.

Per altra banda, es van veure també canvis en relació al teixit areolar que envolta tot el paquet dels flexors al terç distal de l’avantbraç, a l’alçada del canell, un cop s’havia produït la ruptura (Figura 41). Tot i que es

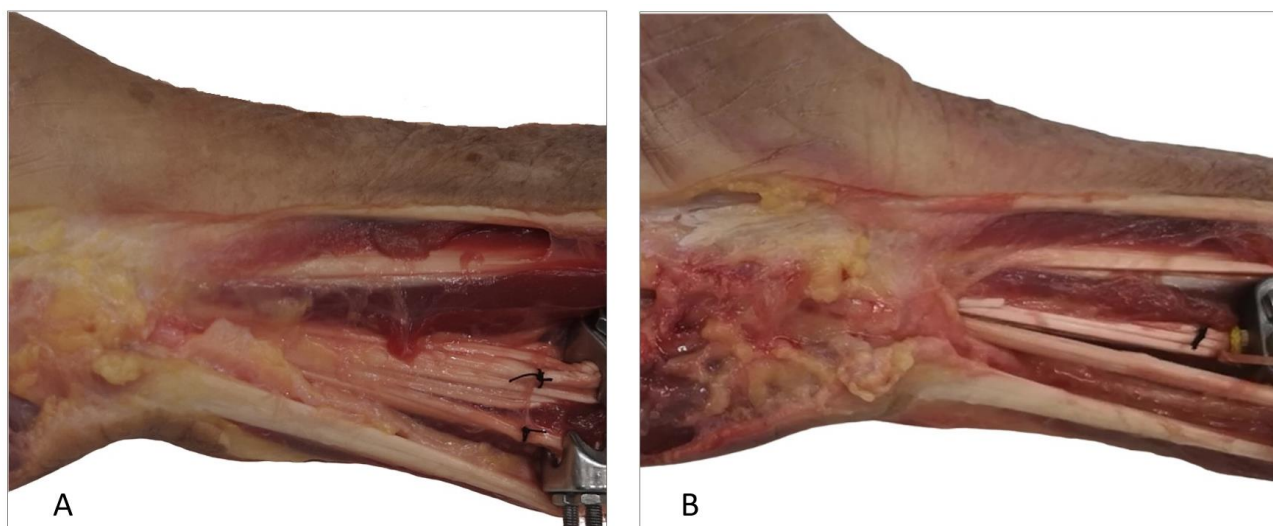
Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

tracta d'un teixit on els canvis són més difícils d'avaluar, en el registre d'imatges es van veure diferències entre la situació prèvia i la posterior a la intervenció. Es va poder observar una pèrdua de continuïtat en el teixit i una pèrdua de massa en el teixit que conforma l'embolcall de tots els tendons del FDP al canell. A més a més, durant l'experiment en instants previs a la ruptura, es van poder escoltar també petits cruixits de teixit que podrien equivaldre a aquests petits trencaments de teixit connectiu tant a nivell del canell com del túnel carpià.

Per als espècimens del Grup 2 *Relative motion* que van presentar ruptura, el cruixit no va ser tant sonor i el moviment aconseguit finalment un cop produït el trencament va ser una flexió màxima simultània de les articulacions IFP i IFD. Tampoc van ser tant evidents les troballes de lesió de teixits en la inspecció visual, malgrat que també hi van ser presents, però en un grau menor de severitat.



**Figura 40.** Imatges de l'experiment 1. A) Imatge anatòmica pre-ruptura en un dels espècimens. B) Imatge post-ruptura, on s'observa pèrdua de massa fibril·lar i desinserció completa respecte el tendó FDP del quart dit. Fotografies de N.Carnicero, Laboratori d'Anatomia i Ciències Morfològiques, Facultat de Medicina UAB.



**Figura 41.** Imatges de l'experiment 1. A) Imatge pre-ruptura en un dels espècimens. B) Imatge post-ruptura, on s'observa pèrdua de teixit areolar i una millor discriminació a simple vista de cadascun dels tendons del FDP al canell. Fotografies de N.Carnicero, Laboratori d'Anatomia i Ciències Morfològiques, Facultat de Medicina UAB.



### 5.2.3 Resultats de l'experiment 2

#### *Efecte sense fèrula, amb fèrula o amb sindactília en l'individu lesionat*

9 de les extremitats, procedents de 5 donants, van ser utilitzades per a l'Experiment 2. Les extremitats ja havien estat prèviament lesionades durant l'experiment 1 i es va prosseguir a carregar el 5è FDP a 200g de cisalla en les tres situacions descrites anteriorment (control, *relative motion* i sindactília). Una de les extremitats va haver de ser descartada per aquest segon experiment, donat que no conservava el 5è FDP, ja que havia estat lesionat amb un *jersey finger* durant l'experiment 1.

Es presenta una taula descriptiva dels resultats, resum de la mitjana i desviació estàndard per cadascuna de les variables (Taula 7):

	<b>Cisalla a 200g (mm)</b>	<b>Flexió a 200g (º)</b>
<b>Situació 1 Control</b>	25,86 (SD 13,76)	58,11 (SD 24,84)
<b>Situació 2 Relative motion</b>	5,56 (SD 3,58)	0 (SD 0)
<b>Situació 3 Sindactília</b>	0,83 (SD 0,48)	0 (SD 0)

**Taula 7. Taula resum de la mitjana i desviació estàndard dels resultats de l'Experiment 2.**

Es troben a l'Annex 7 les taules amb la totalitat dels resultats per cadascun dels espècimens.

#### **Resultats per a la variable “Cisalla en el lliscament tendinós 5è FDP respecte 4t FDP”**

En situació 1 de control, en aplicar 200g cap al lliscament tendinós proximal del 5è FDP en l'extremitat lesionada, es va produir de mitjana un distanciament de 25,86mm (SD 13,76) entre els dos tendons. En la situació 2, amb *relative motion*, el distanciament va ser menor, de 5,56mm de mitjana (SD 3,58). En la situació 3, amb sindactília, el distanciament va ser pràcticament nul, de 0,83mm de mitjana (SD 0,48).

Donat que el conjunt de dades no seguia una distribució normal, es va realitzar una prova U de Mann Whitney per valorar les diferències entre grups:

- Situació 1 Control – Situació 2 *Relative motion*: es van trobar diferències significatives entre els dos grups (U= 0,0001; p valor= 0,0001)
- Situació 1 Control – Situació 3 Sindactília: es van trobar diferències significatives entre els dos grups (U= 0,0001; p valor= 0,0001)
- Situació 2 *Relative motion* – Situació 3 Sindactília: es van trobar diferències significatives entre els dos grups (U= 0,5; p valor= 0,0001)

#### **Resultats per a la variable “Flexió de l'articulació MCF del 5è dit”**

En situació 1 de control, en aplicar 200g cap al lliscament tendinós proximal del 5è FDP en l'extremitat lesionada, es va produir de mitjana una flexió de l'articulació MCF del 5è dit de 58,11º (SD 24,84). Tant en la

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

situació 2 amb *relative motion*, com en la situació 3 amb sindactília, la flexió de l'articulació MCF va ser nul·la, de 0º en tots els espècimens.

Donat que el conjunt de dades seguia una distribució normal, es va realitzar una prova t per valorar les diferències entre grups:

- Situació 1 Control – Situació 2 *Relative motion*: es van trobar diferències significatives entre els dos grups (t= 7,019; p valor= 0,0001)
- Situació 1 Control – Situació 3 Sindactília: es van trobar diferències significatives entre els dos grups (t= 7,019; p valor= 0,0001)
- Situació 2 *Relative motion* – Situació 3 Sindactília: no es van trobar diferències entre grups.







## **6. DISCUSSIÓ**



## 6.1 ESTUDI CLÍNIC

### 6.1.1 *El mecanisme de lesió*

L'any 2003 Schweizer va descriure en una sèrie de casos que la ruptura del tercer lumbrical, múscul d'arquitectura bipenniforme, era possible en la dissociació entre els seus dos orígens al tercer i quart tendons del FDP al palmell de la mà, quan escalant en una presa de monodit amb el dit anular, aquest es mantenia en extensió mentre que el tercer dit es flexionava de forma màxima.<sup>40</sup> Lutter va descriure al cap dels anys que aquest mateix mecanisme també era possible en la lesió del múscul quart lumbrical i va reforçar de nou, com a mecanisme de lesió, aquelles posicions on la força recau en un sol dit de forma aïllada.<sup>41</sup> Per contra, Wang havia descrit una sèrie de tres casos que s'haurien lesionat probablement el quart lumbrical utilitzant un gest de prensió amb la mà sencera<sup>42</sup>, fet que contradeia l'article de Schweizer, malgrat que també feia referència a la dissociació dels seus dos orígens en el FDP.

El nostre estudi presenta una sèrie de 50 casos amb ruptura del quart múscul lumbrical on també s'ha analitzat el mecanisme que havia provocat la lesió: 32 dels individus (64% del total) utilitzaven un bidit o un tridit, respecte 16 individus (32% del total) que, segons ells, sí que estaven utilitzant tota la mà, tot i que després se'ls posava en dubte si realment el dit petit era en contacte amb la presa o s'havia escapat de forma descontrolada. En el nostre estudi clínic posem en dubte que es pugui produir la ruptura sense l'efecte quadriga. En preses on s'utilitza tota la mà de forma descontrolada o amb fatiga, el cinquè dit es podria escapar de forma brusca ocasionant la lesió, de forma que la longitud menor del cinquè dit respecte la resta podria ser un factor determinant en la lesió del múscul quart lumbrical. En posicions asimètriques de la mà, siguin monodits, bidits o tridits és quan es poden produir les lesions dels lumbricals.

### 6.1.2 *Lesió del sistema flexor profund*

El terme lesió muscular del lumbrical és el que ha adoptat la comunitat científica per parlar d'aquestes lesions, tal i com la va anomenar Schweizer el 2003<sup>32,37,40-43</sup>. Malgrat això, diferents factors fan pensar que el múscul lumbrical no és l'única estructura afectada, donat que els pacients solen presentar símptomes en altres topografies, o bé durant el moment de la lesió, o en el seu dia a dia, o bé durant el test d'estrès, que és el mètode d'avaluació clínica per confirmar-ne el diagnòstic.

En el present estudi, el 78% de la mostra presentava simptomatologia associada, no només al palmell de la mà. El 50% dels casos van presentar un dolor associat que el situaven de forma difusa en el quart dit, a la seva cara anterior. Aquests símptomes podrien ser normalment compatibles amb una tenosinovitis dels flexors d'aquest dit, que farien pensar en el tendó del FDP i la seva sinovial com a possibles estructures també lesionades. En la literatura diferents autors van descriure la presència de líquid al voltant del tendó del FDP en l'exploració ecogràfica i en RNM<sup>40,41</sup>, que Wang va descriure com el signe Theta ( $\theta$ ) representant la forma en què el líquid envoltava el tendó en una imatge en secció transversal. Aquestes troballes en el diagnòstic per la imatge coincidirien amb la simptomatologia descrita en el present estudi.

Per altra banda, el dolor a la cara anterior-cubital del canell i al terç proximal de l'avantbraç també van ser prevalents. Un 32% de la mostra presentava dolor associat al canell i un 30%, a l'avantbraç. Inclús cal destacar que el dolor al canell es mantenia en alguns casos al llarg de les setmanes en el test de dissociació, inclús més que el dolor al palmell de la mà. Per altra banda, cal recordar que quatre escaladors van ser descartats a formar part de l'estudi, donat que el test d'estrès no donava dolor al palmell de la mà, sinó que només provocava dolor al canell i/o avantbraç. Algun d'aquests escaladors hauria relatat un cruixit audible en el moment de la lesió, però clarament situat no al palmell de la mà, sinó a la cara anterior del canell.

Leijnse va descriure en els seus estudis biomecànics tot l'entramat d'unions en el sistema flexor profund, entre el FDP, FPL i els lumbricals. El mecanisme de la quadriga posaria en compromís totes aquestes unions que fan que la independència de moviment d'un dit respecte el seu adjacent sigui difícil.<sup>24,25</sup> Leijnse va donar especial importància en l'estudi d'aquest sistema en relació a la mà dels músics, que necessiten una alta independència d'un dit respecte del seu adjacent. A més a més, va relacionar l'anatomia del sistema flexor profund amb l'aparició de distonies i altres lesions dels músics,<sup>26,27</sup> així com també altres autors havien relacionat les unions dels tendons del FDP i el FPL amb l'aparició de símptomes, en la síndrome de la variació Linburd-Comstock.<sup>28,29</sup>

Amb la lectura dels seus estudis, es pot concloure que els símptomes associats que presenten els escaladors amb lesió del lumbrical, són símptomes associats a lesions no només en aquests petits músculs bipenniformes al palmell de la mà, sinó en lesions en tot el sistema FDP-FPL-lumbrical. Com si es tractés d'una lesió "en cremallera", on es pot trencar algun dels lumbricals, però també les unions que es troben al llarg de tot el sistema en el túnel carpià i al terç distal de l'avantbraç; inclús, fins poder arribar finalment, les forces de cisalla, al ventre muscular del FDP al terç proximal de l'avantbraç. Per últim, podria ser una hipòtesi, que en alguns casos la lesió als lumbricals fos inexistent, però sí hi hagués lesió només del FDP a canell i avantbraç, ocasionada pel mateix mecanisme de cisalla.

Alguns autors van destacar també en la lesió del lumbrical, que a més del dolor sobtat i punxant i en la dissociació dels dits afectats, alguns dels pacients també presentaven pèrdua de força de prensió<sup>43</sup>. En el present estudi, el 74% de la mostra relatava molèstia o dolor quan se li demanava una posició activa de puny complet. No era un dolor comparable amb l'agudesa del test d'estrès, però sí que resultava amb incomoditat per a realitzar certes tasques de les activitats de la vida diària (escórrer un drap, per exemple, o manipular les cordes d'escalada quan s'assegura un company). Segons Wehbé, en els seus estudis sobre el lliscament tendinós en les diferents posicions de la mà, el puny complet va ser la posició en què el lliscament tendinós del FDP era màxim.<sup>19</sup> Si els pacients amb lesió del lumbrical, realment presenten una lesió en tot el sistema FDP-lumbrical, afectant els tendons del FDP, seria fàcil pensar que el màxim lliscament proximal del FDP fos dolorós o incòmode, versus altres posicions de la mà on el lliscament proximal d'aquest és menor. És a dir, que la lesió i tenosinovitis en el FDP en aquests pacients seria la causant del dolor i pèrdua de força durant el tancament de la mà.

Per últim, no és irrellevant un dels casos que va ser descartat per formar part de l'estudi donat que havia desenvolupat, juntament amb la lesió del quart lumbrical, una síndrome del túnel carpià. Es tractava d'un escalador home de 31 anys que presentava parestèsies en el territori del nervi medià, de predominança

nocturna, que podien ser provocats clínicament amb els tests de Phalen i Phalen invertit. Aquest cas no és únic, segons la nostra experiència clínica, i deixaria palesa –un cop més– l'estreta relació entre la lesió del lumbrical i la patologia dels tendons flexors. En l'estudi de la síndrome de Linburg-Comstock entre els tendons del FDP i del FPL, aquesta síndrome es va relacionar amb una alta prevalença de síndrome del túnel carpià.<sup>29</sup> Per altra banda, diferents autors han estudiat l'alta variabilitat anatòmica que pot presentar la musculatura lumbrical; una de les variants que destaca és la presència de músculs lumbricals de més longitud, que poden tenir un origen més proximal de l'habitual, en els FDP, ja dins el canal carpià.<sup>3,4</sup> Altres estudis sobre la síndrome del túnel carpià, també destaquen el paper important de la musculatura lumbrical tant en el diagnòstic com en el tractament conservador.<sup>55</sup> Caldria estudiar si, en aquests casos aïllats, la presència de símptomes de túnel carpià podria ser per una possible variant anatòmica del lumbrical lesionat o si, de nou, es tracta senzillament d'un conjunt de símptomes associats per la lesió coadjuvant de tot el sistema dels tendons FDP.

Manquen estudis biomecànics que estudiïn el mecanisme de lesió i les estructures que poden ser afectades, per determinar si aquests símptomes associats són secundaris, o si formen part de la lesió primària dins el sistema flexor profund.

### 6.1.3 Relative motion en el tractament de la lesió

Tots els estudis van apostar pel tractament conservador en l'abordatge d'aquestes lesions. Sota els principis de reparació de les lesions musculars, la majoria dels autors van recomanar la protecció amb un embenatge en sindactília les primeres setmanes, principalment durant l'escalada, i començar de forma precoç un protocol d'estiraments del lumbrical per evitar la formació excessiva de teixit de cicatriu.<sup>40-42</sup>

Per altra banda, el concepte *relative motion* va ser descrit per diversos autors en la literatura en l'abordatge conservador de diferents patologies de la mà. Modificant la posició relativa de les articulacions MCFs dels dits respecte els seus adjacents, a través de l'ús del ferulatge, s'aconseguien efectes beneficiosos en el guany de moviment o en el control del símptoma.<sup>57-60</sup> Segons les autores pioneres, el concepte *relative motion*, fa referència a l'efecte quadriga descrit per Verdán, en com la biomecànica d'estructures que són dependents les unes de les altres pot ser modificada per obtenir efectes terapèutics.<sup>60</sup>

El nostre estudi va tenir com a objectiu principal estudiar els efectes del tractament amb *relative motion* en els escaladors amb lesió del lumbrical. L'origen de la idea va sorgir donada la nostra experiència en la pràctica clínica en teràpia de la mà, en què es veien resultats positius amb aquesta tipologia de pacients i tractament. Estudis pilots previs també van demostrar efectes positius en l'aplicació del tractament.<sup>62</sup>

Els pacients, durant el seu dia a dia, van utilitzar una fèrula *relative motion* d'extensió del cinquè dit amb permanència durant les tres primeres setmanes i la van retirar de forma progressiva fins a la sisena setmana. La fèrula *relative motion* englobava tercer, quart i cinquè dits i evitava una flexió major de l'articulació MCF del cinquè dit respecte el quart. L'ús de la fèrula va fer desaparèixer completament els símptomes, tant en els gestos de dissociació del cinquè dit, com en els gestos de prensió en puny complet, la mobilitat completa dels quals quedava lleugerament reduïda donat el volum de la fèrula. Els resultats van ser positius en totes

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

les variables estudiades i tots els participants van deixar d'utilitzar la fèrula de forma satisfactòria a la sisena setmana.

Autors previs com Lutter, havien recomanat en la lesió del lumbrical fins a 8 setmanes l'ús de l'embenatge en sindactília durant el dia a dia per al control del símptoma en els pacients amb lesions de grau II; cap protecció era recomanada en el dia a dia dels pacients amb grau I. Ambdós grups realitzaven un protocol d'estiraments del lumbrical passiu cap a l'intrínsec minus o puny en ganxo i una posterior flexibilització cap a l'efecte quadriga.<sup>41</sup>

En el nostre treball es destaquen els principis del *pain-guided healing* (curació guiada pel dolor) i *early motion* (mobilització precoç) com a característiques del concepte *relative motion*, que són també claus en el tractament de les lesions del lumbrical. Es considera que els efectes d'aquesta fèrula *relative* serien superiors respecte la sindactília, donat que la fèrula permet el control del símptoma alhora que contribueix a una mobilització precoç, donat que la independència dels dos dits és major amb la fèrula respecte la sindactília. És per aquest motiu que en la metodologia d'aquest estudi s'ha optat per no introduir cap protocol d'exercicis ni estiraments, sinó només estudiar els efectes de la fèrula *relative motion*. Tal com diu l'autora Merritt, amb l'ús d'aquest concepte, no es tracta de moltes hores de rehabilitació o exercicis, sinó de senzillament obtenir els efectes beneficiosos de la fèrula durant la funció normal de la mà.<sup>60</sup>

Malgrat tot, caldrien estudis clínics amb grup control i estudis biomecànics que estudiessin les diferències en els efectes i l'eficàcia d'aquests dos mètodes de tractament conservador.

El present estudi va incloure només lesions del múscul quart lumbrical, per tal d'aconseguir una mostra el més homogènia possible. Les lesions per l'efecte quadriga en el tercer lumbrical també són comunes entre la població escaladora i també poden ser tractades amb el concepte *relative motion*. En aquests casos, la fèrula englobaria segon, tercer i quart dits i evitaria la flexió de l'articulació MCF del quart dit respecte del tercer.

#### 6.1.4 El test d'estrès com a eina diagnòstica i de seguiment de la lesió

##### **La dinamometria adaptada**

El test d'estrès va ser descrit per Schweizer com a test clínic per detectar la lesió, donat que provoca el símptoma durant la dissociació,<sup>40</sup> i ha estat acceptat en la literatura com el *gold standard* per confirmar el diagnòstic, inclús per sobre de les proves d'imatge.<sup>41</sup> El present estudi va incloure la presència de símptomes durant el test d'estrès en els criteris d'inclusió per detectar la lesió. Per altra banda, va utilitzar la variant amb dinamometria adaptada com a eina per monitoritzar el seguiment de la lesió de forma objectiva, donat que és una eina que utilitzen els autors de forma comú en la pràctica clínica amb aquests pacients; Iruretagoiena també la va utilitzar per monitoritzar els símptomes en les lesions de les politges anulars<sup>46</sup>. En el nostre estudi, se'ls demanava als pacients amb lesió del lumbrical que de forma progressiva fessin cada vegada més força durant el gest en dissociació i que paressin en el moment en què començava el símptoma. D'aquesta manera

es podia obtenir una mesura objectiva de l'aparició del dolor, comparant-la amb l'extremitat contralateral sana.

Els resultats en la dinamometria durant el test d'estrès al llarg del tractament, van ser positius en tots els casos estudiats, registrant valors de força clarament menors als de l'extremitat sana a l'inici (43,73% de la força total, SD 26,18) i aproximant-se als valors normals en l'avaluació final (82,44%, SD 18,25), sent aquests canvis estadísticament significatius (valor  $p=0,0001$ ;  $U=238$ ). Caldria considerar la dinamometria adaptada per analitzar els canvis en la simptomatologia en càrrega en les diferents gestualitats de la mà escaladora, tant per realitzar-ne un bon diagnòstic com per monitoritzar el seguiment dels pacients al llarg del tractament. És una eina útil no només en la lesió dels lumbricals, sinó en la patologia de la mà en els escaladors en general; no només útil per a la presa de decisions del professional de la salut, sinó també una eina didàctica per a l'educació i empoderament dels esportistes lesionats.

### **El test d'estrès modificat amb goniometria**

Per altra banda, Wang va mencionar com a factor important en la lesió del lumbrical el moviment cap a la flexió de l'articulació MCF del dit que queda lliure i es flexiona. Va considerar que l'augment en els graus de flexió de l'articulació MCF augmenta l'estirament o la cisalla en el ventre muscular del lumbrical que es lesiona.<sup>42</sup> En el present estudi es van mesurar els graus de flexió de l'articulació MCF, tenint en compte les aportacions de Wang, durant el test d'estrès. A més flexió de l'articulació MCF del cinquè dit, més lliscament proximal del FDP del cinquè dit i més cisalla en el ventre muscular del quart lumbrical. Es va utilitzar la goniometria per mesurar els graus del 0º als 80-90º i, en el cas que es mantingués asimptomàtic, es va afegir una força contra resistència a la flexió del cinquè dit per augmentar encara més el lliscament proximal. Es van enregistrar canvis en els resultats al llarg del tractament, així com s'ha descrit en la dinamometria adaptada.

Els resultats en el test d'estrès modificat amb goniometria van millorar al llarg del tractament en tots els casos estudiats. És a dir, els esportistes lesionats eren capaços de flexionar cada vegada més l'articulació MCF del cinquè dit sense que aparegués el dolor, fins que inclús tot el rang de moviment era lliure de dolor, considerant-se el test d'estrès negatiu. En els valors previs al tractament, els escaladors aconseguien flexionar sense dolor fins a 43º la MCF (SD 27,33), mentre que al cap de les sis setmanes eren capaços de flexionar-la fins als 89º (SD 8,9) essent en la majoria dels casos el test negatiu. Els canvis en l'arc de moviment al llarg de les setmanes van ser estadísticament significatius ( $p$  valor=0,0001;  $U=99,5$ ).

Els autors del present estudi recomanen l'ús d'un goniòmetre de dits com a complement molt útil durant la valoració del test d'estrès, donat que el test d'estrès modificat amb goniometria passa a ser no tant sols un test detector, sinó també un test quantificador.

En primer lloc, el test ha demostrat ser una eina útil per monitoritzar el seguiment de la lesió al llarg del tractament. En segon lloc, els autors consideren que podria jugar un paper clau en la classificació de la lesió segons la gravetat dels símptomes i en l'algoritme de decisió del tractament i presenten la següent proposta (Taula 8):



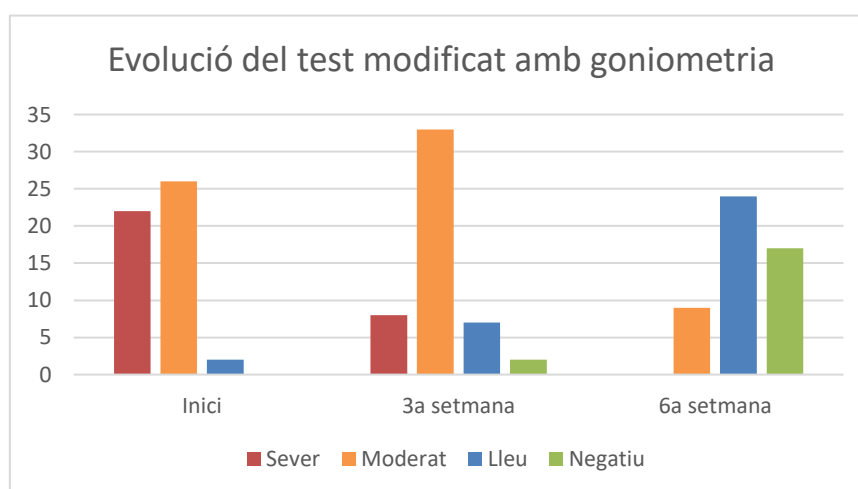
Flexió de l'art. MCF (º) del dit que dissocia	CLASSIFICACIÓ DE LA LESIÓ SEGONS EL TEST D'ESTRÈS AMB GONIOMETRIA
0º-30º	Sever
35-80º	Moderat
>80º-flexió contra resistència	Lleu
Asimptomàtic	Negatiu

Taula 8. Esquema de la proposta de classificació de la lesió segons el test d'estrès amb goniometria

En el diagnòstic per la imatge a través d'ecografia i ressonància magnètica, la literatura va destacar troballes com l'edema en el ventre muscular del lumbrical, la tenosinovitis del FDP al palmell de la mà i signes suggestius de ruptura múscul-tendinosa a l'origen muscular, però que no són imprescindibles per confirmar el diagnòstic.<sup>40-43</sup> Va ser en relació a les proves d'imatge, que Lutter va proposar la classificació de la lesió en tres graus de lesió, per les quals va associar protocols terapèutics diferents.<sup>41</sup> Segons la nostra experiència clínica, les troballes en el diagnòstic per la imatge no sempre tindrien una relació directa amb els símptomes; símptomes que també podrien dependre del nombre de dies o setmanes transcorreguts des que es va produir la lesió.

La nova classificació que es proposa en aquest estudi no vol tenir una correlació anatòmica amb la lesió o amb les proves d'imatge, sinó que pretén ser una classificació propera al relat del pacient i en relació al seu símptoma. Una classificació que és acord al test d'estrès, el *gold standard*, i accessible, donat que és independent a tenir accés o no a proves d'imatge.

Malgrat que manquen estudis amb una mostra major, o que correlacionin la present classificació amb les proves d'imatge o altres variables, aquest seria un primer pas per a una nova eina que permetria als clínics avaluar l'evolució dels seus pacients al llarg del tractament de forma senzilla i accessible. En el present estudi, si s'analitzen els resultats obtinguts al llarg de les setmanes segons la classificació que es proposa, es veu com en la fase inicial predominen els tests positius classificats com a "sever" i "moderat", mentre que en les fases finals predominen els "lleu" i "negatiu" (Gràfica 1).



Gràfica 1. Evolució del test modificat amb goniometria: resultats al llarg de les 6 setmanes del nombre d'individus classificats segons el test d'estrès amb goniometria

Per últim, cal destacar que el test d'estrès modificat amb goniometria és més sensible per al diagnòstic de la lesió en els casos més lleus, degut a la introducció de l'última fase del test a partir dels 80-90º de flexió de la MCF afegint una resistència a la flexió del 5è dit. En pacients que podrien semblar del tot asimptomàtics en el test d'estrès tal i com el va descriure Schweizer, podrien tenir un resultat positiu presentant dolor en els últims graus de flexió quan s'afegeix una força contra resistència. Destaquem la importància d'aquesta aportació per tal d'evitar falsos negatius, casos que serien infradiagnosticats i els símptomes dels quals podrien empitjorar o cronificar-se, no només durant l'escalada, sinó també durant certes activitats de la vida diària.

### **QuickDASH i percentatge de discapacitat**

En el present estudi es va incloure com a variable el qüestionari d'autoavaluació QuickDASH, com a escala validada, amb l'objectiu de donar validesa i fiabilitat als resultats obtinguts. Aquesta darrera variable també va mostrar canvis positius en els resultats al llarg del tractament. La millora del percentatge de discapacitat en el qüestionari QuickDASH al llarg de les sis setmanes va ser del 17,56% de mitjana (SD 14,06; p valor=0,0001; U=315).

Donat que és en la pràctica de l'escalada quan els símptomes i la discapacitat són més rellevants en les persones amb lesió del lumbrical, es van analitzar també les respostes del mòdul opcional "Esports" del qüestionari QuickDASH, que va mostrar més sensibilitat que el QuickDASH alhora de quantificar el percentatge de discapacitat. En l'avaluació inicial, la mitja del percentatge de discapacitat en el mòdul d'esports va ser 40 punts superior al del QuickDASH (Valors inicials: 25% de discapacitat QuickDASH, SD 14,85; 66,46% de discapacitat Esports, SD 22,74). La millora registrada al llarg de les sis setmanes va ser del 46,34% de mitjana (SD 26; p valor=0,0001; U=177) en el mòdul d'esports, també superior al QuickDASH.

En conclusió, el QuickDASH va mostrar ser més sensible com a eina en l'avaluació de la lesió del lumbrical si es tenen en compte els resultats del mòdul opcional "Esports" i no es recomanaria la versió aïllada del qüestionari en aquesta patologia per a futurs estudis.

### *6.1.5 Procés de readaptació i exposició gradual al mecanisme de lesió*

Segons la literatura consultada, l'escalada no està permesa en els casos aguts i amb símptomes més importants, coincidint sobretot amb les primeres setmanes després de la lesió, durant la fase inflamatòria.<sup>40,41</sup> En el present estudi, es va evitar l'escalada només en els casos aguts, durant les dues primeres setmanes de la lesió. Per a la resta, des de l'inici de la intervenció es va permetre l'escalada amb control de càrregues, per sota del nivell i freqüència habituals, sempre que aquesta fos asimptomàtica.

D'acord amb d'altres publicacions, durant les primeres sis setmanes, els participants de l'estudi van poder escalar utilitzant un embenatge amb sindactília de quart i cinquè dits, essent l'únic motiu pel qual sí que es treien la fèrula. Se'ls va recomanar, durant l'escalada, utilitzar en tot moment preses on treballessin de forma simètrica tots els dits trifalàngics.

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

Schweizer no va recomanar l'escalada de nou amb monodits fins passats els primers 2-3 mesos.<sup>40</sup> És important fer una exposició gradual al mecanisme de lesió en aquests pacients i no es recomana l'exposició prematura cap al mecanisme. En les lesions musculars el risc de recidiva i re-ruptura és elevat els primers mesos i així ho ha constatat l'experiència clínica amb els pacients amb lesió del lumbrical.

Malgrat que la readaptació d'aquestes lesions en l'escalada no va ser objectiu en aquest estudi, es va recomanar als participants l'ús d'un embenatge en *relative motion* per escalar, a partir de la sisena setmana. Es va recomanar progressivament substituir l'embenatge en sindactília per un embenatge que imités la fèrula *relative motion* d'extensió que havien utilitzat durant les primeres setmanes. De nou, s'apostaria pel concepte *relative motion* en l'exposició gradual al mecanisme de lesió, però aquesta vegada durant l'esport i en forma d'embenatge.

De la mateixa manera, s'apostaria per senzillament adquirir els efectes beneficiosos del concepte *relative motion* durant la pràctica de l'escalada, permetent de mica en mica una exposició més gran cap al mecanisme de lesió, pel simple fet d'estar utilitzant l'embenatge, tal i com descriuen les autores pioneres del concepte, Merrit et al.<sup>60</sup>

És important destacar, que nosaltres no recomanem l'ús de l'embenatge en *relative motion* per escalar en les fases inicials, donat que no seria útil en el control del símptoma durant l'escalada i el risc d'empitjorament dels símptomes, l'augment de la tenosinovitis i el risc de re-ruptura són elevats. Per això recomanem l'ús de la sindactília, com a opció més conservadora i segura en les fases inicials. De la mateixa manera, tampoc recomanarien l'ús d'un embenatge *relative motion* que substituís la fèrula en les sis primeres setmanes, donats els avantatges en la comoditat i la higiene de la fèrula respecte els embenatges, i perquè la fèrula limita lleument el moviment cap a la flexió completa dels dits, mentre que l'embenatge no.

Futurs estudis són necessaris per determinar protocols de readaptació acurats, que relacionin els processos d'exposició gradual a la càrrega amb el risc-benefici durant la readaptació i les possibles recaigudes. Es destaca el paper de l'avaluació dels pacients amb el test d'estrès amb dinamometria adaptada també en aquestes fases finals del tractament.

La literatura consultada va relatar una resolució pràcticament completa en tots els casos descrits, sense cap dificultat per recuperar el rendiment i nivell previs a la lesió al cap dels mesos. Tot i així, va ser comú la persistència de símptomes lleus durant el mecanisme de dissociació que, malgrat no afectar en el rendiment, persistirien inclús més enllà dels sis mesos i inclús anys posteriors.<sup>40,41</sup> Probablement una bona monitorització a través de l'avaluació i un bon control de càrregues en la readaptació, podrien tenir un paper clau per evitar la persistència de símptomes. També seria important combinar aquest treball amb el tractament en fisioteràpia, tenint en compte tècniques de tractament muscular com el massatge o la punció seca, per alliberar tensions i disminuir el dolor d'origen miofascial, així com tècniques de termoteràpia profunda, que demostren tenir efectes positius en la pràctica clínica amb els pacients amb tenosinovitis.

### 6.1.6 Recidives, lesions cròniques i infradiagnosticades

Incidint amb els casos amb persistència dels símptomes, Lutter va descriure detalladament la tendència a la cronificació d'aquestes lesions en la seva sèrie. Va explicar com són les lesions que es mantenen sense cap tractament les que tendeixen a la cronificació i va donar un paper clau al diagnòstic acurat i el tractament precoç per evitar complicacions.<sup>41</sup>

I és que les lesions del sistema lumbrical-FDP van romandre sense diagnosticar fins que Schweizer<sup>40</sup> les va definir per primera vegada l'any 2003 i encara són poc conegudes entre la comunitat de professionals de la salut fins l'actualitat. Sovint encara en el present són infradiagnosticades o confoses per la tenosinovitis dels flexors, donat que es tracta de la troballa més comú en el diagnòstic per la imatge d'aquests pacients.

El present manuscrit pretén ampliar el coneixement sobre aquesta lesió fins ara poc estudiada i augmentar la seva difusió entre la comunitat clínica i científica. Amb el concepte *relative motion*, pretén contribuir amb una forma de tractament acurada tenint en compte els símptomes de cada pacient, aportant una pauta de protecció i prevenció funcional inclús en els pacients amb pocs símptomes, però que també estan en risc de recaiguda i cronificació.

Malgrat que es tracta d'una lesió vinculada clarament a la comunitat esportiva escaladora, Lutter i Wang van descriure uns pocs casos en persones no escaladores que van patir la lesió durant una activitat laboral manual.<sup>41,42</sup> Lutter va destacar la importància del diagnòstic en aquests casos, que probablement no descrivien un mecanisme de lesió de forma clara i que probablement no serien atesos per professionals de la salut familiaritzats amb la lesió<sup>41</sup>.

En altres estudis, Lalonde va indicar el tractament amb fèrules *relative motion* en pacients que presentaven un dolor intermetacarpí in específic, probablement secundari a lesions a la musculatura intrínseca de la mà. No feia referència a proves d'imatge ni va determinar ben bé de quin tipus de lesió es tractava. Va fer referència al *pencil test*, o test del bolígraf, com a test provocador del símptoma i per saber si una fèrula *relative motion* el modificava.<sup>58</sup> A mode d'exemple, en una lesió del múscul quart lumbrical, es podria provocar l'aparició o empitjorament del símptoma en un test del bolígraf cap a una *relative motion* de flexió per al cinquè dit, mentre que el test cap a una *relative motion* d'extensió faria desaparèixer el símptoma. En aquest cas, el terapeuta optaria per l'ús d'una fèrula *relative motion* d'extensió per al tractament de la lesió sota els conceptes de la curació guiada pel dolor.

Malgrat que Lalonde<sup>58</sup> no va especificar en el seu treball que els pacients que tractava patissin una lesió del lumbrical, es podria tractar d'una prova més que entre la població no escaladora es produeixen també aquestes lesions, amb símptomes que persisteixen i que necessiten ser tractades.

## 6.2 ESTUDI BIOMECÀNIC

### 6.2.1 Estudi del mecanisme de lesió

Des que Schweizer va descriure la lesió per primera vegada l'any 2003<sup>40</sup>, altres treballs també n'havien estudiat la incidència, el tractament i l'evolució al llarg del temps<sup>32,37,41,42</sup>, però cap autor havia aprofundit en l'estudi del mecanisme de lesió fins l'actualitat.

Un dels objectius principals del nostre treball va ser estudiar sota quins principis biomecànics el tractament amb *relative motion* es mostrava eficaç en la lesió del lumbrical. Per això, es va considerar essencial un disseny experimental que permetés alhora aprofundir en l'estudi del mecanisme de lesió, per poder definir i entendre les necessitats terapèutiques de la lesió des del punt de vista biomecànic.

En primer lloc, l'estudi va analitzar com es produïa la lesió del múscul quart lumbrical. Es va reproduir de forma satisfactòria el mecanisme de lesió *in vitro* en 10 espècimens. El lliscament proximal diferencial del tendó del FDP del cinquè dit respecte del quart, va provocar el col·lapse del sistema i la seva ruptura en tots els espècimens del grup control, en aquest primer experiment. Així, es va aconseguir reproduir el mecanisme de lesió del quart lumbrical per l'efecte quadriga, degut a la cisalla dels dos orígens musculars del lumbrical bipenniforme, entre els dos tendons del FDP quan llisquen de forma diferencial en direccions oposades, tal i com havia descrit Schweizer l'any 2003<sup>40</sup>.

En el moment de la ruptura, es va produir un cruixit sonor i tot seguit el lliscament proximal del tendó FDP del cinquè dit augmentava exponencialment sense oferir resistència. A més a més, l'articulació MCF del cinquè dit es va flexionar màximament també de forma brusca. Aquest mecanisme seria el causant de la lesió quan la mà de l'escalador utilitza preses en què algun dels dits trifalàngics no es troba en contacte amb la presa, com en els monodits, bidits i tridits, quan la càrrega augmenta de forma descontrolada, accidentalment o per fatiga acumulada.

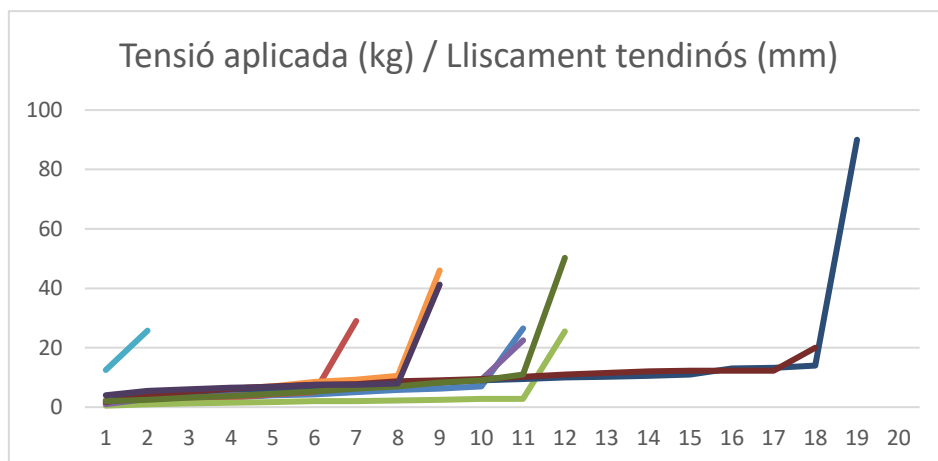
### 6.2.2 Lesió del sistema flexor profund

Sent el FDP l'únic que té inserció en la falange distal dels dits i, per tant, l'únic capaç de realitzar la flexió de les articulacions IFDs, els tendons del FDP tenen llargues excursions de lliscament tendinosos quan el seu ventre muscular a l'avantbraç es contrau fins aconseguir el tancament de la mà en puny complet. Wehbé i Hunter van determinar les excursions tendinoses *in vivo* dels diferents tendons, veient que els tendons del FDP lliscaven de mitjana 32mm cap a proximal durant el tancament de la mà.<sup>18</sup>

Són pocs els autors en la literatura consultada que han aprofundit en l'estudi del sistema flexor profund, un entramat complex d'estructures que conformen una unitat funcional. Definint el sistema FDP-FPL-lumbricals, Leijnse va descriure en els seus estudis les connexions que existeixen entre els tendons dels FDP i FPL, que converteixen el sistema en un tot indivisible. Conjunt d'estructures que, durant la funció normal de la mà, llisquen de forma unitària respecte les seves estructures adjacents (òssies, sinovials...) i que, a la vegada, són les causants de la dependència en el moviment diferencial d'un dit respecte dels altres, generant certa resistència quan tendons adjacents volen lliscar en direccions oposades.<sup>24,25</sup>

L'estudi de les lesions del lumbrical, significa una nova aportació en el coneixement de l'anatomia i biomecànica del sistema flexor profund, donat que els lumbricals quart i cinquè, de morfologia bipenniforme, són clarament estructures d'unió entre dos tendons adjacents del FDP. Wehbé va descriure que, durant el tancament de la mà, els diferents tendons del FDP poden lliscar uns 32mm cap a proximal<sup>18</sup>, quan ho fan de forma conjunta. En el present estudi, en la simulació *in vitro* dels lliscaments tendinosos, tan sols 9,23mm (SD 3,55) de lliscament tendinós van ser possibles en intentar provocar només el lliscament del FDP del cinquè dit de forma aïllada, mantenint els FDP de tercer i quart dits en extensió. És a dir que, aproximadament, tan sols una quarta part del lliscament tendinós és possible quan aquest es vol obtenir en un sol tendó de forma aïllada. Més enllà dels 9,23mm, es va provocar de forma sobtada una lesió en el sistema d'unions entre els dos tendons, aconseguint un lliscament diferencial màxim. Aquesta es va produir quan, de mitjana, s'havien aplicat 11kg de força.

La posada en tensió del sistema es va fer afegint càrrega d'1kg en 1kg de forma progressiva, amb un temps d'espera de 10 segons, de manera que el sistema va anar cedint gradualment, aconseguint augmentar els mm de lliscament a poc a poc. Al llarg de l'experiment, en alguns dels espècimens, es van poder escoltar petits cruixits, previs al cruixit final molt més sonor en el moment del col·lapse. Probablement, aquests petits cruixits correspondrien a microruptures en aquests teixits d'unió que anaven cedint mica en mica, presentant una corba tensió-lliscament de forma lineal, excepte en el col·lapse final (Gràfica 2).



Gràfica 2. S'expressa la relació entre la tensió o càrrega aplicada amb el dinamòmetre i el lliscament tendinós proximal del FDP del cinquè dit.

Cal destacar que, en l'estudi, es va observar una gran variabilitat entre espècimens en la dissecció prèvia a la intervenció. En primer lloc, en alguns espècimens va ser especialment difícil diferenciar i dissecar per separat els diferents tendons del FDP, podent presentar una gran quantitat de diferents bandes tendinoses al terç distal de l'avantbraç. Aquests espècimens eren homes i es va detectar que la ruptura era més difícil de produir-se i necessitava més càrrega. Per contra, en espècimens en què la dissecció va ser més fàcil i les articulacions eren més laxes, la ruptura es va produir abans. Aquests casos, eren totes dones.

Per altra banda, en la macrodissecció posterior, es van veure canvis suggestius de lesió en el múscul quart lumbrical, tant a nivell del ventre muscular, amb pèrdua de continuïtat i de substància en les fibres musculars,

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

com en el seu origen en els tendons del FDP. Les troballes van ser variables entre espècimens i, malgrat que no van ser específicament registrades i quantificades com a variable d'estudi, les lesions al voltant de l'origen muscular al tendó del FDP del quart dit van ser les més predominants, podent ser aquestes desinsercions parcials o totals.

En la literatura consultada, diferents autors van destacar les troballes en el diagnòstic per la imatge en l'ecografia i la ressonància magnètica en pacients amb lesió del lumbrical. La troballa amb més consens va ser el signe Theta, consistent en una imatge hipoeoica al voltant del tendó del FDP corresponent a una tenosinovitis del flexor al palmell de la mà.<sup>41,42</sup> Aquest signe és gairebé sempre present en el tendó del FDP del quart dit en pacients amb lesió del múscul quart lumbrical. En alguns casos més greus, Lutter<sup>41</sup> va descriure evidència de lesió musculotendinosa, visible només en ressonància magnètica, en les lesions que va classificar de grau III.

Segons els resultats d'aquest estudi, en la patomecànica de la lesió del quart lumbrical, sembla ser que la topografia que absorbeix un moment de forces major cap a la cisalla i, per tant, la zona que més es lesiona, seria justament la porció més distal de l'origen del lumbrical al FDP del quart dit (Figura 42). Malgrat que caldrien estudis més específics que contrastessin aquesta hipòtesi de forma analítica, aquests resultats concordarien amb les troballes en el diagnòstic per la imatge descrits en la literatura: en casos més lleus es pot observar la tenosinovitis al FDP, en casos més greus es pot observar la desinserció de fibres musculars respecte el seu origen. En tot cas, caldria concloure doncs, que no es tractaria de signes indirectes suggestius de lesió del lumbrical, sinó de la pròpia lesió en el sistema FDP-lumbrical.

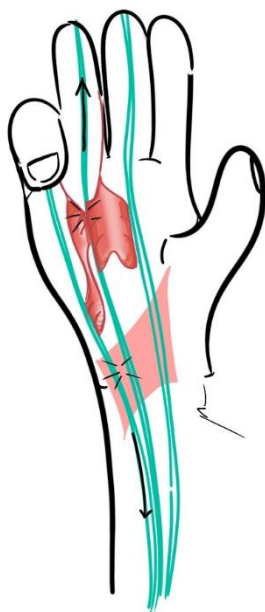


Figura 42. Il·lustració esquema de la lesió del múscul quart lumbrical durant una presa en tridit, on s'il·lustra la lesió del quart múscul lumbrical en la part més distal del seu origen radial al tendó del quart FDP, i on també s'il·lustra el trencament en el teixit connectiu i sinovial al canell i terç distal de l'avantbraç. Il·lustració de Nicolás Tarazona i Núria Carnicero

Per últim, si ve l'entramat d'unions en el sistema flexor profund és tan extens com el van descriure Leijnse i altres autors<sup>1,12,22-29</sup>, es fa difícil pensar que el múscul lumbrical i el seu origen en el FDP siguin l'única estructura lesionada durant el mecanisme de la quadriga. Davant de la sospita i havent escoltat els petits cruixits previs durant l'experiment, així va ser que en la dissecció posterior, a més de les troballes en la lesió en el múscul lumbrical, també es va poder apreciar una pèrdua de substància en la sinovial i el teixit connectiu areolar que embolcalla els tendons al terç distal de l'avantbraç (Figura 42). Un cop finalitzat l'experiment, el moviment entre uns tendons i els altres era molt més fàcil a simple vista i havien perdut part del recobriment que sí que es veia en les imatges pre-intervenció. Es tractaria doncs, d'altres lesions associades, que afectarien aquestes estructures sinovials i col·laginoses que conformen les unions intertendinoses del sistema flexor profund al canell i a l'avantbraç, topografies on podrien doncs aparèixer símptomes.

Cal tenir en compte que el present estudi es va realitzar *in vitro* amb teixits inerts i els seus resultats no són extrapolables al mecanisme de lesió en individus escaladors vius on les estructures musculars i del teixit connectiu són sanes, ofereixen major resistència i tenen capacitat reactiva i contràctil real. Tot i així, aquest estudi vol recalcar la importància que pren tot el sistema flexor profund en el conjunt d'estructures involucrades en aquesta lesió, inicialment descrita com a lesió únicament del múscul lumbrical per diversos autors. Futurs estudis són necessaris per contrastar aquestes troballes de laboratori amb possibles troballes en el diagnòstic per la imatge amb pacients reals.

### 6.2.3 Efecte relative motion en el mecanisme de lesió

Seguint amb el primer experiment, es van comparar els resultats obtinguts amb un segon grup d'espècimens, als quals se'ls aplicava el mateix procediment però sota els efectes d'una fèrula *relative motion* d'extensió del cinquè dit, que evitava el moviment cap a la flexió de l'articulació MCF del cinquè durant el mecanisme.

La fèrula *relative motion* tan sols va evitar la ruptura en 2 dels espècimens, en els quals el sistema va romandre estable més enllà dels 20kg aplicats. En els 8 espècimens restants, sí que es va produir la lesió, malgrat romandre l'articulació MCF en posició neutra.

No es van trobar diferències significatives entre els dos grups (control o amb *relative motion*), en matèria del moment en què es va produir la lesió: ni amb la quantitat de càrrega aplicada, ni amb la quantitat de lliscament tendinós diferencial necessari per provocar la ruptura ( $t = -1,358$ ;  $p \text{ valor} = 0,196$ ).

Un cop produïda la ruptura del sistema FDP – lumbrical, en canvi, sí que es van poder veure diferències significatives entre els dos grups. El lliscament proximal del tendó del FDP del cinquè dit havia augmentat de forma brusca i sense resistència un cop s'havia produït la ruptura. Aquest augment va ser significativament menor en els espècimens que utilitzaven una fèrula *relative motion*, respecte el grup control, essent la diferència de 17,43mm ( $U = 12$ ;  $p \text{ valor} = 0,003$ ). En aquests casos, malgrat que la fèrula no va poder evitar la ruptura, la inestabilitat generada entre els tendons del sistema flexor profund va ser menor.

Així doncs, l'aplicació del concepte *relative motion* en el control de la posició de l'articulació MCF no tindria un paper clar en prevenir la lesió en els individus sans, donat que la lesió en el sistema es va poder produir igualment en la majoria dels espècimens. Tot i així, un cop provocada la lesió, es va poder veure com el resultat final era el d'una lesió de més gravetat en els espècimens que no portaven la fèrula. En aquests,



Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

l'augment bruscat i sense resistència del lliscament tendinós i de la flexió de l'articulació MCF, eren majors i haurien acabat produint una lesió de més gran abast, respecte al grup amb fèrula *relative motion*.

Aquestes diferències entre grups en les dues variables estudiades, es van poder contrastar amb els resultats en la inspecció visual posterior dels teixits lesionats. Malgrat que les observacions no van ser estrictament registrades i quantificades en el present estudi, es van relacionar ruptures majors, amb més desestructuració del ventre muscular i desinsercions completes de l'origen del lumbrical, en els espècimens del grup control, respecte als espècimens del grup *Relative motion*. De la mateixa manera, el cruixit audible durant l'experiment en el moment de la ruptura, també va ser major en els espècimens del grup control.

De nou, cal tenir en compte que els resultats del present estudi són en situació de simulació *in vitro* i és difícil la seva extrapolació a la població escaladora sana.

#### 6.2.4 Efectes de la fèrula *relative motion* en el sistema lesionat

En el segon experiment, es va treballar amb 10 dels espècimens lesionats en l'experiment 1, amb l'objectiu de veure quins efectes biomecànics produïa la fèrula *relative motion*, respecte a una situació control sense fèrula i respecte a un embenatge en sindactília.

La fèrula *relative motion* es va mostrar eficaç en impedir el lliscament tendinós proximal del FDP del cinquè dit respecte a la situació control ( $U=0,0001$ ;  $p$  valor=  $0,0001$ ). Mentre que en situació control el distanciament entre els dos tendons va ser de 25,86mm (SD 13,76), la fèrula només va permetre una cinquena part d'aquest distanciament, essent de 5,56mm (SD 3,58). Valors que van ser interessants de contrastar amb el lliscament tendinós pràcticament nul que permetia l'embenatge en sindactília, de 0,83mm (SD 0,48); els efectes dels dos mètodes de tractament van ser diferents de forma significativa ( $U=0,5$ ;  $p$  valor=  $0,0001$ ).

Si bé els diferents autors havien classificat la lesió del lumbrical com una lesió muscular i van destacar entre els principis terapèutics la importància de la mobilització precoç, la seva proposta terapèutica era la sindactília dels dits.<sup>40-42</sup> Segons els resultats del present estudi, la fèrula *relative motion* seria una bona opció en el tractament d'aquestes lesions. La fèrula va mostrar efectivitat en evitar el mecanisme de lesió, alhora que els seus efectes terapèutics eren diferents als de la sindactília, proporcionant al sistema una possible mobilització precoç i una exposició lleu i controlada cap al mecanisme de la quadriga.

#### 6.2.5 El test d'estrès en el sistema lesionat

Com ja s'ha dit amb anterioritat, Schweizer va descriure el test d'estrès del lumbrical com a signe clínic principal en el diagnòstic dels pacients amb lesió del múscul lumbrical.<sup>40</sup> Aquest segon experiment va voler simular el test d'estrès en els espècimens ja lesionats, tot aplicant una mínima quantitat de càrrega cap al lliscament proximal, que seria la suficient en els pacients lesionats per provocar el símptoma.

I així va ser que, en els espècimens lesionats, una mínima càrrega de 200g en situació control era capaç de generar un gran lliscament tendinós cap a la cisalla. El lliscament tendinós proximal en aquesta situació va

ser de 25,86mm (SD 13,76). L'aplicació d'aquesta mateixa quantitat de força en espècimens sans havia resultat en un lliscament tendinós pràcticament nul en l'experiment 1.

Aquestes diferències en el lliscament tendinós entre els espècimens en situació sana versus els espècimens lesionats, va fer de nou evident la presència de lesió d'estructures en el sistema flexor profund durant el mecanisme. En els espècimens lesionats, la resistència que oferien les estructures tendinoses cap al lliscament diferencial era clarament menor. Per últim, si s'extrapolava la mateixa situació en els pacients reals, es va poder entendre l'efectivitat que té el test d'estrès en la pràctica clínica per a la provocació dels símptomes en els pacients lesionats, en els quals el dolor apareix de forma precoç durant el moviment sense necessitat d'aplicar grans quantitats de força.

Per últim, Wang va donar importància en com el moviment de flexió de l'articulació MCF de forma aïllada, en aquest cas del cinquè dit, afegia més força de cisalla al sistema.<sup>42</sup> És a dir, que un test d'estrès amb més flexió de la MCF en els pacients lesionats seria més dolorós, o també que el risc de lesió o de recaiguda augmentaria en aquests gestos.

En aquest segon experiment, es van de nou analitzar els resultats prenent com a variable la flexió de l'articulació MCF. Així com en l'experiment 1 en els espècimens sans per sota d'1kg el moviment a l'articulació MCF havia estat pràcticament nul (mitjana de 2,35°; SD 9,15), en l'experiment 2 en els espècimens lesionats en situació de control el moviment de l'articulació MCF sota els efectes de 200g de força va ser de 58,11° (SD 24,84). En aquest cas, sota els efectes tant de la fèrula *relative motion* com també de l'embenatge en sindactília, la flexió de l'articulació MCF era nul·la.

Si bé aquests resultats són fruit d'un estudi *in vitro* i els seus resultats són difícilment extrapolables a éssers humans vius, es pot concloure que a més lliscament tendinós diferencial d'un tendó FDP respecte l'altre, més graus de flexió de l'articulació MCF. Costa entendre en aquest model cadavèric quin paper jugaria en el mecanisme de la quadriga i la flexió de l'articulació MCF la contracció del múscul lumbrical, que probablement es troba actiu durant el mecanisme.

## 6.3 DISCUSSIÓ GENERAL

Els estudis presentats van analitzar diferents aspectes en la lesió del múscul lumbrical en escaladors, una patologia que es mantenia fins al moment poc estudiada. Era considerada com a poc prevalent, si no infradiagnosticada per gran part dels professionals de la salut, tant en la població escaladora, com en d'altres escenaris de lesió relacionats amb tasques manuals.

Els resultats d'aquest treball de tesi han suposat evidències noves en l'estudi de la lesió, aportant un nou abordatge terapèutic, basat en una anàlisi profunda del mecanisme de lesió, des del punt de vista clínic i biomecànic.

### 6.3.1 Efecte quadriga i mecanisme de lesió

50 escaladors amb una lesió del múscul quart lumbrical van ser inclosos a l'estudi clínic del present manuscrit. Tots ells van relatar haver-se lesionat durant la pràctica d'escalada, quan de forma sobtada van sentir un cruixit, en alguns casos audible, mentre la mà agafava preses com bidits o tridits, per exemple, en les quals els dits trifalàngics treballen de forma asimètrica.

Aquest relat coincidia amb la hipòtesi de Schweizer, quan l'any 2003 va descriure la lesió del tercer lumbrical per primera vegada en la literatura. Va descriure com, en preses de monodit, els seus dos orígens d'arquitectura bipenniforme eren susceptibles de lesió entre els dos tendons del FDP que lliscaven de forma sobtada en direccions oposades.<sup>40</sup> L'efecte quadriga del sistema flexor profund, descrit per Verdan l'any 1960, era un concepte clau per entendre el mecanisme.<sup>21</sup>

Per aprofundir en l'anàlisi d'aquest, es va realitzar un segon estudi, aquest cop al laboratori de biomecànica, simulant en espècimens cadavèrics el mecanisme de lesió del múscul quart lumbrical. Els resultats de l'estudi van de nou corroborar la hipòtesi de Schweizer, podent provocar la lesió en el model cadavèric a tots els espècimens que van conformar la mostra. En tots ells es va produir un cruixit audible, coincident amb el relat dels pacients de l'estudi clínic, i les troballes en l'observació i dissecció posterior van confirmar la lesió.

Així doncs, els estudis confirmen que l'efecte quadriga del sistema flexor profund és el mecanisme de lesió dels lumbricals bipenniformes, quan grans forces de cisalla actuen sobre el seu ventre muscular en un mecanisme dissociatiu entre els dos tendons del FDP.

### 6.3.2 Principis de tractament sota el concepte *relative motion*

L'objectiu principal de la tesi va ser estudiar l'eficàcia del tractament de la lesió del lumbrical sota el concepte *relative motion*, donat que, tant en estudis pilots previs, com en l'experiència clínic dels autors, havia mostrat ser eficaç.

Els resultats en l'estudi clínic, van confirmar la hipòtesi inicial: tots els participants van obtenir efectes beneficiosos en seguir el tractament amb la fèrula *relative motion*, mostrant una evolució positiva en les diferents variables analitzades i una clara disminució, sinó remissió completa, de la simptomatologia.

L'aposta pel concepte *relative motion* en l'abordatge terapèutic de la lesió era clara: des del punt de vista de la teràpia de mà, ja havia mostrat eficàcia en la literatura per al tractament de lesions de la mà similars,<sup>57,58</sup> i des del punt de vista biomecànic, semblava una bona eina per al control del mecanisme dissociatiu, alhora que promovia la mobilitat precoç.<sup>60</sup> Per altra banda, però, la literatura només havia descrit l'embenatge en sindactília, entre els dos dits afectats, com a forma d'immobilització vàlida en el seu abordatge.<sup>40-42</sup>

Les limitacions en el disseny del present estudi clínic eren clares. Malgrat que els seus resultats van mostrar una evolució positiva en els pacients sota els efectes del protocol amb fèrula *relative motion*, aquests resultats no van ser contrastats amb els de cap grup control ni amb els dels protocols proposats en la literatura.

Tot i així, la revisió literària i l'anàlisi dels coneixements que es tenien de l'anatomia i de la biomecànica, i també dels principis de tractament que s'havien descrit per a l'abordatge de la lesió, feien evident la hipòtesi dels avantatges d'utilitzar les fèrules *relative motion* amb aquests pacients.

Així doncs, el disseny de l'estudi biomecànic va pretendre analitzar els efectes de la fèrula en els espècimens lesionats i, aquest cop, sí que va contemplar la comparativa de les diferents opcions terapèutiques.

Els resultats obtinguts en aquest segon estudi van mostrar com, en situació *in vitro*, la fèrula era eficaç en la prevenció del mecanisme de lesió en els espècimens lesionats, així com també ho era l'embenatge en sindactília. Només la fèrula, però, permetia a la vegada certa exposició al mecanisme dissociatiu, podent doncs promoure en els pacients la mobilització precoç i l'exposició gradual al mecanisme de lesió.

En conclusió, els resultats dels dos estudis suposen l'aportació del concepte *relative motion* com a una nova opció d'abordatge terapèutic d'aquestes lesions, amb avantatges inclús respecte les propostes prèvies descrites en la literatura, a l'espera d'estudis clínics amb grup control que corroborin els resultats dels estudis biomecànics.

Les fèrules *relative motion* són un tractament efectiu en les lesions del lumbrical, provocant una millora immediata dels símptomes i la funció de la mà. Seguint els principis de la "curació guiada pel dolor" i prevenint l'excessiva creació de teixit de cicatriu a través de la mobilització precoç, el concepte *relative motion* evitaria immobilitzacions més conservadores o períodes de repòs, promovent la qualitat de vida dels pacients durant les seves activitats de la vida diària i esportives durant el procés de curació.

### 6.3.3 Lesió dissociativa en el sistema flexor profund

Per altra banda, diversos incidents i troballes en els resultats d'aquests dos estudis fan pensar en la necessitat de considerar la lesió dels lumbricals dins la globalitat del sistema flexor profund, que Leijnse anomenava el sistema FDP-FPL-lumbrical en el seus estudis.<sup>24,25</sup>

En l'estudi clínic, el 78% de la mostra estudiada presentava simptomatologia associada a altres topografies que no fossin el palmell de la mà. El dolor a la cara anterior del quart dit va ser característic, fàcilment associable amb les troballes en el diagnòstic per la imatge descrites per Wang en el seu estudi, on va veure una alta prevalença de tenosinovitis amb el que ell va anomenar signe Theta.<sup>42</sup> També va ser característic el dolor a la cara anterior-cubital del canell, que inclús es podia presentar de forma aïllada, i que en alguns casos es mantenia al llarg del temps inclús més que el dolor al palmell de la mà. I un individu va haver de ser descartat per formar part de l'estudi donat que havia desenvolupat de forma associada una síndrome del túnel carpià. Per altra banda, el 74% de la mostra també presentava dolor o incomoditat, no només en el test d'estrès, sinó també de forma més lleu durant el tancament de la mà cap al puny complet, quan el lliscament proximal del FDP és màxim.

En l'estudi biomecànic, també es van descriure troballes suggestives de lesió del sistema flexor profund. En primer lloc, va semblar que la lesió del quart lumbrical es produïa a la zona distal del seu origen al tendó del FDP del quart dit, coincidint amb els signes descrits en el primer estudi i en la literatura. Per altra banda, altres troballes en la dissecció prèvia a la ruptura, també van fer pensar que no era només el quart lumbrical bipenniforme l'única estructura que impedia la dissociació del quart i el cinquè dit durant la posició en tridit, sinó que també les unions entre els dos tendons del FDP al canell i avantbraç hi estaven compromeses, donat que la seva diferenciació durant la dissecció en aquestes topografies era difícil. A més, en la dissecció posterior, també es van veure canvis amb pèrdua de substància en aquestes unions, que s'haurien lesionat durant el mecanisme, inclús podent-se sentir alguns cruixits de teixit durant l'experiment, previs a la ruptura del lumbrical. De fet seria de certa lògica pensar que, si bé el lumbrical és una estructura de característiques elàstiques i que suporta llargues excursions, previ a la seva ruptura s'haurien de primer lesionar altres estructures, de característiques menys elàstiques, com les del teixit connectiu.

Així doncs, els dos estudis suposen l'evidència que la lesió dels lumbricals, inicialment així descrita per Schweizer l'any 2003<sup>40</sup>, hauria de ser considerada realment una lesió englobada dins el sistema flexor profund, i suposen una nova aportació en el coneixement de l'anatomia i la biomecànica del sistema.

Altres casos de síndromes dissociatives d'aquest mateix sistema flexor profund havien estat descrites en la literatura abans del primer treball sobre la lesió dels lumbricals. Leijnse havia estudiat certes síndromes en relació a les diferents unions del sistema FDP-FPL-lumbrical, fent especial èmfasi en la gestualitat de la mà del músic i la seva relació amb les distonies.<sup>27</sup> Per altra banda, la variació de Linburg-Comstock havia estat descrita com la presència d'una anastomosi entre el tendó del FDP del segon dit i del FPL, que podia causar dolor a la cara anterior-radial del canell en alguns pacients.<sup>29</sup> Diferents autors li van donar importància en la pràctica clínica, de nou entre els músics, però també en altres pacients en certs gestos concrets o activitats manuals amb moviments repetitius o que requerissin de certa independència entre els diferents dits de la mà. Els autors també van relacionar la presència de la variació anatòmica en certs individus, amb una coexistència amb altres lesions com les tenosinovitis i la síndrome del túnel carpià.<sup>29</sup>

La present proposta suposaria un canvi de paradigma en l'abordatge de les lesions del lumbrical, respecte el que havia plantejat la literatura fins ara. En primer lloc, perquè no tan sols els dos lumbricals bipenniformes serien les possibles estructures de lesió possibles i, per tant, caldria tenir en compte en el diagnòstic també

la presència de símptomes en relació a altres estructures d'unió del sistema i, per tant, en altres topografies, que podrien aparèixer en el mateix mecanisme, bé fos juntament amb la lesió del lumbrical, o bé de forma aïllada.

Per altra banda, els principis de reparació del teixit muscular van ser els considerats inicialment com a pilars bàsics en el tractament d'aquestes lesions. Si altres estructures com el teixit connectiu per exemple, de reparació més lenta que el teixit muscular, també es troben involucrades, caldria tenir en compte la seva histologia i comportament durant els processos de reparació tissular. Un altre exemple seria l'estreta relació entre els tendons flexors i els lumbricals amb les beines sinovials, unes estructures especialment conegudes per la seva alta irritabilitat i reactivitat. La beina digitocarpiana cubital, així com les beines sinovials digitals, podrien ser les causants de gran part de la simptomatologia o, inclús, de la perpetuació i cronificació dels símptomes en alguns casos.

Si bé el teixit muscular lesionat requereix de mobilització immediata per evitar l'excés de formació de teixit de cicatriu i garantir que el teixit reparat resultant sigui elàstic, altres estructures com la sinovial requeririen de postures més conservadores en l'abordatge terapèutic. Probablement un punt de vista més global que tingui en compte el símptoma del pacient, com el proposat en els presents estudis a través del concepte *relative motion* i els principis del *pain-guided healing* o la curació guiada pel dolor, donaria millor resposta a les necessitats terapèutiques de cada cas.

Caldria tenir en compte per estudis futurs, contrastar aquestes troballes *in vitro* amb el diagnòstic per la imatge amb pacients reals. Per altra banda, seria interessant estudiar quin paper juga el sistema d'unions en el sistema flexor profund en els escaladors, un col·lectiu amb altes demandes de treball en postures que demanen una alta independència entre els diferents dits de la mà. Un sistema d'unions que, probablement, juga un paper important en el sistema flexor perquè les càrregues no passin de forma aïllada per un sol tendó d'un dit, sinó que quedin distribuïdes i siguin absorbides també pels seus adjacents, tal i com es descriu en l'efecte quadriga. Tot i així, la repetició de moviments dissociatius entre els diferents dits, podria comportar certes adaptacions en la mà dels escaladors, que al llarg dels anys de pràctica de l'esport podrien guanyar certa independència entre els dits, a través de l'elastificació progressiva de certes estructures dins el sistema FDP-FPL-lumbrical. Caldria inclús plantejar si la lesió dels lumbricals podria, en realitat, formar part d'aquest procés adaptatiu.



## **7. CONCLUSIONS**





*Primera:* La lesió dels lumbricals bipenniformes es produeix degut a la cisalla sobtada dels seus dos orígens en els tendons del FDP quan aquests es desplacen en direccions oposades.

*Segona:* Durant aquest mecanisme es produeix una lesió en relació al sistema flexor profund FDP-FPL-lumbrical, resultant com a lesionades altres estructures del teixit connectiu i les beines sinovials i podent provocar simptomatologia en altres topografies, com la vora anterior-cubital del canell i el terç proximal de la cara anterior de l'avantbraç.

*Tercera:* L'abordatge terapèutic amb fèrules *relative motion* d'extensió és eficaç, donat que evita el mecanisme de lesió en els individus lesionats, provocant una desaparició immediata del símptoma, i promovent la mobilització precoç i l'exposició gradual al mecanisme de lesió.

*Quarta:* Es recomana l'ús de la goniometria en el test d'estrès per monitoritzar els resultats durant el tractament i per disminuir els casos infradiagnosticats, podent detectar els casos més lleus que poden passar desapercibuts.

*Cinquena:* Es recomana el tractament amb *relative motion* inclús en els casos de menys gravetat, donat que permet un control constant del mecanisme, en una lesió que ha mostrat una tendència a les recaigudes i a la cronificació dels símptomes.



## **8. LÍNIES DE FUTUR**



Tant les limitacions presents en el disseny dels estudis d'aquest manuscrit, com certs factors que encara es troben pendents de resposta, fan pensar amb noves línies d'investigació futures.

En primer lloc, són necessàries futures investigacions a través d'un estudi clínic que contrasti els resultats obtinguts amb el protocol en *relative motion*, amb els d'un grup control en sindactília.

Per altra banda, seguir amb l'estudi anatòmic i biomecànic del sistema flexor profund és interessant per entendre quin paper juga cadascuna de les estructures en la lesió dels lumbricals en escaladors; així com estudis *in vivo* que estudiïn el paper de la flexió de l'articulació MCF en l'efecte quadriga, sobre quins efectes té en l'aparició del símptoma i també en la capacitat d'aplicació de força en les preses de monodit, bidit i tridit.

Per últim, per tal de confirmar que realment estem davant d'una síndrome dissociativa del sistema flexor FDP-FPL-lumbrical, són necessaris futurs estudis de diagnòstic per la imatge que en confirmin les troballes.



## **9. BIBLIOGRAFIA**





1. Standring S. Wrist and hand. In: Gray's anatomy: The anatomical basis of clinical practice [Internet]. 42nd ed. Edinburgh: Elsevier; 2020. p. 955–85. Available from: <https://www.clinicalkey.com/#!/content/book/3-s2.0-B9780702077050000513>
2. Wynter S, Dissabandara L. A comprehensive review of motor innervation of the hand: variations and clinical significance. *Surg Radiol Anat.* 2018;40(3):259–69.
3. Belbl M, Kachlik D, Benes M, Kunc V, Kunc V. Variations of the lumbrical muscles of the hand: Systematic review and meta-analysis. *Ann Anat.* 2023 Apr;247:152065.
4. Gonzalez M, Netscher D. Hand Intrinsic Muscles. In: Bergman's Comprehensive Encyclopedia of Human Anatomic Variation. John Wiley & Sons; 2016. p. 315–34.
5. Orts Llorca F. Anatomía humana, Volumen 1. 6th ed. Barcelona: Editorial Científico Médica; 1977.
6. Wang K, McGlenn EP, Chung KC. A biomechanical and evolutionary perspective on the function of the lumbrical muscle. *J Hand Surg Am.* 2014;39(1):149–55.
7. Jacobson MD, Raab R, Fazeli BM, Abrams RA, Botte MJ, Lieber RL. Architectural design of the human intrinsic hand muscles. *J Hand Surg Am.* 1992 Sep;17(5):804–9.
8. Backhouse K, Catton W. An experimental study of the functions of the lumbrical muscles in the human hand. *J Anat.* 1954;133–41.
9. Ranney D, Wells R. Lumbrical muscle function as revealed by a new and physiological approach. *Anat Rec.* 1988;222(1):110–4.
10. Schreuders TAR, Stam HJ. Strength Measurements of the Lumbrical Muscles. *J Hand Ther.* 1996 Oct;9(4):303–5.
11. Buford WL, Koh S, Andersen CR, Viegas SF. Analysis of intrinsic-extrinsic muscle function through interactive 3-dimensional kinematic simulation and cadaver studies. *J Hand Surg Am.* 2005;30(6):1267–75.
12. Leijnse JNAL, Kalker JJ. A two-dimensional kinematic model of the lumbrical in the human finger. *J Biomech.* 1995 Mar 1;28(3):237–49.
13. Winckler G, Foroglou C. Comparative study on the neuromuscular spindles of the lumbrical muscles in certain mammals and in man. *Arch Anat Histol Embryol.* 1965;48(1):1–17.
14. Morro Martí MR, Llusá Pérez M, Carrera Burgaya A, Forcada Calvet P, Mustafa Gondolbeu A. Anatomía aplicada a la cirugía de los tendones flexores. *Rev Iberoam Cirugía la Mano.* 2015 Nov 11;43(02):128–34.
15. Doyle JR. Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system. *J Hand Surg Am.* 1988 Jul;13(4):473–84.
16. An KN. Tendon excursion and gliding: Clinical impacts from humble concepts. *J Biomech.* 2007;40(4):713–8.
17. An KN, Chao EY, Cooney WP, Linscheid RL. Normative model of human hand for biomechanical analysis. *J Biomech.* 1979;12(10):775–88.
18. Wehbé MA, Hunter JM. Flexor tendon gliding in the hand. Part I. In vivo excursions. *J Hand Surg Am.* 1985;10(4):570–4.
19. Wehbé MA, Hunter JM. Flexor tendon gliding in the hand. Part II. Differential gliding. *J Hand Surg Am.*

- 1985;10(4):575–9.
20. Bunnell S. Reconstructive surgery of the hand. *Surgery*. 1946 Jun;19:867.
  21. Verdan C. Syndrome of the Quadriga. *Surg Clin North Am*. 1960 Apr;40(2):425–6.
  22. Schreuders TAR. The quadriga phenomenon: a review and clinical relevance. *J Hand Surg (European Vol)*. 2012 Jul 14;37(6):513–22.
  23. Brand P, Hollister A. *Clinical Mechanics of the Hand*, Mosby-Year Book. Inc, St Louis. 1999;
  24. Leijnse JNAL, Walbeehm E, Sonneveld G, Hovius SER, Kauer JMG. Connections between the Tendons of the Musculus flexor digitorum profundus Involving the Synovial Sheaths in the Carpal Tunnel. *Cells Tissues Organs*. 1997;160(2):112–22.
  25. Leijnse JNAL. A Generic Morphological Model of the Anatomic Variability in the M. flexor digitorum profundus, M. flexor pollicis longus and Mm. lumbricales complex. *Cells Tissues Organs*. 1997;160(1):62–74.
  26. Leijnse JNAL. Anatomical factors predisposing to focal dystonia in the musician's hand—Principles, theoretical examples, clinical significance. *J Biomech*. 1997 Jul;30(7):659–69.
  27. Leijnse JNAL, Bonte JE, Landsmeer JMF, Kalker JJ, Van Der Meulen JC, Snijders CJ. Biomechanics of the finger with anatomical restrictions—The significance for the exercising hand of the musician. *J Biomech*. 1992 Nov;25(11):1253–64.
  28. Linburg RM, Comstock BE. Anomalous tendon slips from the flexor pollicis longus to the flexor digitorum profundus. *J Hand Surg Am*. 1979 Jan;4(1):79–83.
  29. Yammine K, Erić M. Linburg–Comstock variation and syndrome. A meta-analysis. *Surg Radiol Anat*. 2018 Mar 7;40(3):289–96.
  30. Grønhaug G. Self-reported chronic injuries in climbing: Who gets injured when? *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2018;4(1):3–5.
  31. Lion A, van der Zwaard BC, Remillieux S, Perrin PP, Buatois S. Risk factors of hand climbing-related injuries. *Scand J Med Sci Sports*. 2016 Jul;26(7):739–44.
  32. Schöffl V, Popp D, Küpper T, Schöffl I. Injury trends in rock climbers: Evaluation of a case series of 911 injuries between 2009 and 2012. *Wilderness Environ Med*. 2015;26(1):62–7.
  33. Jones G, Schöffl V, Johnson MI. Incidence, Diagnosis, and Management of Injury in Sport Climbing and Bouldering. *Curr Sports Med Rep*. 2018 Nov;17(11):396–401.
  34. Van Middelkoop M, Bruens ML, Coert JH, Selles RW, Verhagen E, Bierma-Zeinstra SMA, et al. Incidence and Risk Factors for Upper Extremity Climbing Injuries in Indoor Climbers. *Int J Sports Med*. 2015;36(10):837–42.
  35. Chang CY, Torriani M, Huang AJ. Rock Climbing Injuries: Acute and Chronic Repetitive Trauma. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2016 May;45(3):205–14.
  36. Jones G, Johnson MI. A Critical Review of the Incidence and Risk Factors for Finger Injuries in Rock Climbing. *Curr Sports Med Rep*. 2016;15(6):400–9.
  37. Lutter C, Tischer T, Hotfiel T, Frank L, Enz A, Simon M, et al. Current trends in sport climbing injuries after the inclusion into the olympic program. Analysis of 633 injuries within the years 2017/18. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2020;10(2):201–10.
  38. Vigouroux L, Quaine F, Labarre-Vila A, Moutet F. Estimation of finger muscle tendon tensions and

- pulley forces during specific sport-climbing grip techniques. *J Biomech.* 2006;39(14):2583–92.
39. Schweizer A, Hudek R. Kinetics of crimp and slope grip in rock climbing. *J Appl Biomech.* 2011;27(2):116–21.
  40. Schweizer A. Lumbrical tears in rock climbers. *J Hand Surg Am.* 2003;28(2):187–9.
  41. Lutter C, Schweizer A, Schöffl V, Römer F, Bayer T. Lumbrical muscle tear: clinical presentation, imaging findings and outcome. *J Hand Surg (European Vol.* 2018 Sep 28;43(7):767–75.
  42. Wang EH, Loftus WK, Bird SJ, Sampson MJ. Ring finger lumbrical origin strain: a case series with imaging findings. *Skeletal Radiol.* 2016 Dec 7;45(12):1729–34.
  43. Lapegue F, Andre A, Brun C, Bakouche S, Chiavassa H, Sans N, et al. Traumatic flexor tendon injuries. *Diagn Interv Imaging.* 2015 Dec;96(12):1279–92.
  44. Barrera CM, Damodar D, Henry S, Dong F, Jose J. Lumbrical Tear in Major League Baseball Player Throwing 4-Seam Fastballs: A Case Report. *JBSJ case Connect.* 2019;9(2):e0115.
  45. Bouyer M, Forli A, Semere A, Chedal Bornu BJ, Corcella D, Moutet F. Recovery of rock climbing performance after surgical reconstruction of finger pulleys. *J Hand Surg Eur Vol.* 2016;41(4):406–12.
  46. Iruretagoiena-Urbieta X, de la Fuente-Ortiz de Zarate J, Blasi M, Obradó-Carriedo F, Ormazabal-Aristegi A, Rodríguez-López ES. Grip force measurement as a complement to high-resolution ultrasound in the diagnosis and follow-up of A2 and A4 finger pulley injuries. *Diagnostics.* 2020;10(4).
  47. Amca AM, Vigouroux L, Aritan S, Berton E. Effect of hold depth and grip technique on maximal finger forces in rock climbing. *J Sports Sci.* 2012;30(7):669–77.
  48. Schneeberger M, Schweizer A. Pulley Ruptures in Rock Climbers: Outcome of Conservative Treatment With the Pulley-Protection Splint—A Series of 47 Cases. *Wilderness Environ Med.* 2016 Jun;27(2):211–8.
  49. Teresa Hervás M, Navarro Collado MJ, Peiró S, Rodrigo Pérez JL, López Matéu P, Martínez Tello I. Versión española del cuestionario DASH. Adaptación transcultural, fiabilidad, validez y sensibilidad a los cambios. *Med Clin (Barc).* 2006 Sep;127(12):441–7.
  50. Stack HG. Muscle Function in the Fingers. *J Bone Joint Surg Br.* 1962;44-B(4):899–909.
  51. Liss FE. The interosseous muscles: The foundation of hand function. *Hand Clin.* 2012;28(1):9–12.
  52. Laumonier T, Menetrey J. Muscle injuries and strategies for improving their repair. Vol. 3, *Journal of Experimental Orthopaedics.* 2016. p. 15.
  53. Pedret C, Balius R. Lesions musculars a l'esport. Actualització d'un article del Dr. Cabot publicat a la revista *Apuntes de Medicina Deportiva* el 1965. Vol. 50, *Apuntes Med Esport.* 2015.
  54. Dueweke JJ, Awan TM, Mendias CL, Arbor A, Physiology I. Regeneration of skeletal muscle after eccentric injury. *J Sport Rehabil.* 2017;26(2):171–9.
  55. Baker NA, Moehling KK, Rubinstein EN, Wollstein R, Gustafson NP, Baratz M. The Comparative Effectiveness of Combined Lumbrical Muscle Splints and Stretches on Symptoms and Function in Carpal Tunnel Syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012 Jan;93(1):1–10.
  56. Colditz J. Lumbrical tightness: testing and stretching. *FESSH 8 th EFSHT 7 th Congr 2002 Amsterdam Churchill Livingstone,* 2002;64.
  57. Hirth MJ, Howell JW, O'Brien L. Relative motion orthoses in the management of various hand conditions: A scoping review. *J Hand Ther.* 2016 Oct;29(4):405–32.

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

58. Lalonde DH, Flewelling LA. Solving Hand/Finger Pain Problems with the Pencil Test and Relative Motion Splinting. *Plast Reconstr Surg - Glob Open*. 2017 Oct;5(10):e1537.
59. Howell JW, Ewald SG, Schwartz DA. Exercise relative motion orthoses: Use of the pencil test and variations of its use for assessing and managing different finger conditions. *J Hand Ther* [Internet]. 2023 Mar;S0894-1130(22)00100-4. Available from: [https://www.jhandtherapy.org/article/S0894-1130\(22\)00100-4/fulltext](https://www.jhandtherapy.org/article/S0894-1130(22)00100-4/fulltext)
60. Merritt W, Robinson S, Hardy M. A commentary from the pioneers on the innovation of the relative motion concept: History, biologic considerations, and anatomic rationale. *J Hand Ther*. 2023 Apr;7:21–31.
61. Merritt WH, Howell J, Tune R, Saunders S, Hardy M. Achieving immediate active motion by using relative motion splinting after long extensor repair and sagittal band ruptures with tendon subluxation. *Oper Tech Plast Reconstr Surg*. 2000;7(1):31–7.
62. Carnicero N, Ferreres À, Del Valle M, Rodríguez-Baeza A. Concepto relative motion en el abordaje de las lesiones del músculo lumbrical en escaladores: estudio piloto. In: *Scientific Medical Data* [Internet]. 2022. Available from: <https://www.scientificmedicaldata.com/article.php?f1Rhydpq+jOX5Y9Ik9FVjlls/mQpojHjt+LCe3ivuK4=>





## **10. ANNEXOS**





## 10.1 ANNEX 1: Consideracions ètiques de l'estudi clínic






### Aprovació del comitè d'ètica de l'estudi clínic



#### Comisión de Ética en la Experimentación Animal y Humana (CEEAH)

Universitat Autònoma de Barcelona  
08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès)

La Comisión de Ética en la Experimentación Animal y Humana (CEEAH) de la Universitat Autònoma de Barcelona, reunida el día **22-04-2022**, acuerda informar favorablemente el proyecto con número de referencia **CEEAH 5964** y que tiene por título "**CA64 Estudi de la fèrula relative motionen el tractament de lesions del múscul lumbrical en escaladors**" presentado por **Jorge Ramón Esquirol Causa**

<p><b>Elaborado:</b></p> <p>Nombre: Nuria Perez Pastor Cargo: Secretària de la CEEA de la UAB Fecha:  2022.04.27  09:02:40 <small>Universitat Autònoma de Barcelona Signat digitalment per: Nuria Perez Pastor Secretària de la CEEAH Comissió d'Ètica en Experimentació Animal i Humana</small> +02'00'</p>	<p><b>Aprovado:</b></p> <p>Nombre: José Luis Molina González Cargo: President de la CEEAH de la UAB Fecha:   Fecha: 2022.04.27  14:34:32 +02'00' <small>Universitat Autònoma de Barcelona Signat digitalment per: José Luis Molina President de la CEEAH www.uab.cat/etica-recerca</small></p>
--	---

## 10.2 ANNEX 2: Consentiment informat als participants

### Consentiment informat de l'estudi clínic



#### CONSENTIMIENTO INFORMADO Y HOJA DE INFORMACIÓN GENERAL AL/A LA PARTICIPANTE

##### 1. HOJA DE INFORMACIÓN AL/A LA PARTICIPANTE

Título del proyecto de investigación

ESTUDIO DE LA FÉRULA *RELATIVE MOTION* EN EL TRATAMIENTO DE LESIONES DEL MÚSCULO LUMBRICAL EN ESCALADORES

**Por favor, lea atentamente este documento de consentimiento antes de decidirse a participar en este estudio.**

##### Objetivo de la investigación

El propósito de esta investigación es analizar la eficacia del tratamiento en fisioterapia con la férula *relative motion* en personas escaladoras con lesiones del músculo cuarto lumbrical.

Este estudio, por el cual pedimos su colaboración, tiene como objetivo principal:

- Analizar los cambios en la fuerza durante el test de estrés del lumbrical a lo largo del tratamiento.

Así mismo, tiene la intención de analizar los datos para unos objetivos secundarios:

- Analizar los cambios en el arco de movimiento de flexión de la articulación metacarpo-falángica del quinto dedo que es libre de dolor, a lo largo del tratamiento.
- Evaluar la funcionalidad de la extremidad superior a través del cuestionario QuickDASH en los escaladores lesionados.

##### METODOLOGÍA UTILIZADA

Los sujetos de estudio serán reclutados en la clínica Hand Therapy BCN. Serán valorados en una primera visita y si cumplen todos los requisitos establecidos serán informados de los objetivos y la metodología del estudio.

El período de intervención tendrá una duración de 6 semanas, durante las que se realizarán 3 sesiones de recogida de datos. La primera coincidirá con la primera visita en la que se recogerá la información demográfica y legal del paciente, se realizará la anamnesis, historia clínica y se recogerá información sobre su práctica deportiva. Además, se realizará la recogida de datos para cada una de las variables para los valores previos a la intervención.

Se realizarán dos sesiones más de recogida de datos: la 3a y la 6a semana.

Cada una de las sesiones tendrá una duración de una hora. Se evaluarán los cambios producidos a lo largo del protocolo de tratamiento para las variables de estudio: fuerza y rango de movimiento libre de dolor. Se utilizará el cuestionario de autoevaluación "QuickDASH versión española" que responderá el escalador de forma autónoma en las sesiones de recogida de datos.

A cada participante, le corresponderá un código numérico que se le asignará de forma aleatoria el primer día, con el objetivo de mantener la confidencialidad y el anonimato de los datos.

## PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO

La participación en este estudio es totalmente voluntaria y si, durante el transcurso del estudio, una participante decide retirarse, puede hacerlo libremente en el momento que lo considere oportuno, sin necesidad de dar explicaciones y sin que por este hecho se tenga que ver alterada su relación con el/la investigador/a principal y los/las investigadores/as colaboradores/as.

### Qué se solicitará

Se solicitarán algunos datos demográficos básicos (edad, sexo) así como en relación a su práctica habitual del deporte (cuántos años lleva escalando, modalidad deportiva, regularidad de entrenamiento).

Responsable	Jorge Ramon Esquirol Causa
Finalidad	Analizar la eficacia del tratamiento en fisioterapia con la férula <i>relative motion</i> en personas escaladoras con lesiones del músculo cuarto lumbrical.
Legitimación	Consentimiento del interesado
Destinatarios	No se cederán datos a terceros, salvo obligación legal
Derechos	Tiene derecho a acceder, rectificar y suprimir los datos, así como otros derechos, como se explica en la información adicional expuesta en la Hoja de Información al Participante
Procedencia	Datos facilitados por el propio participante y recogidos durante el estudio.
Información adicional	<i>Puede consultar la información adicional y detallada sobre protección de datos en la Hoja de Información al Participante</i>

### Tiempo requerido

Los participantes deberán acudir a las sesiones de seguimiento y toma de datos cada tres semanas, durante 6 semanas.

### Riesgos y beneficios

En los estudios previos no se ha detectado ningún riesgo para la salud.

### Compensación

En este estudio no está prevista ninguna compensación por participar.

## CONFIDENCIALIDAD DE DATOS

Los resultados de las diferentes pruebas realizadas, así como toda la documentación referente a las personas, serán totalmente confidenciales y únicamente estarán a disposición de la investigador/a principal, los/las colaboradores/as y las autoridades sanitarias competentes, si es el caso.

**Recomendaciones de Buena Práctica Clínica:** este estudio se acoge a las recomendaciones de Buena Práctica Clínica, a la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (enmendada en la 64ª Asamblea General, Fortaleza, Brasil, octubre 2013) y a la normativa legal

aplicables. Por tanto, todos los investigadores involucrados firmarán un certificado de haber leído y entendido esta declaración (Compromiso del investigador, que debe constar en los anexos). En caso necesario, se incorporará a los anexos un formulario de notificación de eventos adversos. Es necesario mantener un control riguroso y continuo de la calidad, que pueda garantizar la exactitud y el rigor científico de los datos obtenidos, manteniendo las condiciones de homogeneidad durante el proceso de recogida de la información. En caso necesario, la creación de un comité logístico permitirá la coordinación adecuada de todos los grupos de estudio y trabajo para contrastar la coordinación científica, el asesoramiento metodológico y la calidad de la información obtenida.

**Confidencialidad:** en todo momento se deben mantener las normas más estrictas de conducta profesional y confidencialidad, y el cumplimiento de Reglamento 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas (RGPD) y Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales (LOPD-GDD). El derecho del participante a la confidencialidad es primordial. La identidad del participante en los documentos del estudio debe ser codificada, y únicamente las personas autorizadas tendrán acceso a detalles personales identificables en el caso en que los procedimientos de verificación de datos exijan la inspección de estos detalles. Los detalles personales identificables se deberán mantener siempre confidenciales y únicamente tendrán acceso a ellos el investigador principal y las personas autorizadas por éste y las Autoridades Sanitarias correspondientes.

La identidad de todas las participantes se mantendrá confidencial i únicamente los miembros del equipo de investigación tendrán acceso a los datos del proyecto.

Este consentimiento informado se mantendrá en lugar seguro por parte de los investigadores principales y se destruirá al cabo de 5 años tras finalizar la investigación. Cuando el estudio se haya completado y analizado los datos, toda la base de datos será anonimizada y puesta a disposición del resto de investigadores/as interesados/das.

### Participación voluntaria

La participación en este estudio es completamente voluntaria. No hay ninguna penalización por no participar.

### Hallazgos incidentales

Durante un estudio, el investigador puede descubrir algo que no estaba buscando. Esto se conoce como un "hallazgo incidental". Estos hallazgos inesperados no están relacionados directamente con la investigación, pero pueden revelar información importante sobre la salud de un participante voluntario.

La decisión de compartir los resultados y hallazgos inesperados de la investigación depende del tipo de información y de sus preferencias como participante voluntario. Los investigadores podrían informar a la participante en cuestión de todos los resultados o una parte, durante o al finalizar el estudio. También es posible que los investigadores no informen de ningún resultado o hallazgo incidental, si es voluntad de la participante.

En el caso de aparecer algún hallazgo incidental en el proceso de la presente investigación, éste será en todo momento tratado de modo confidencial y únicamente la persona que lo haya detectado y los investigadores del proyecto serán concedores de esta circunstancia.



Si la participante desea ser informada sobre los posibles hallazgos incidentales que puedan aparecer puede marcar la casilla del párrafo siguiente; de lo contrario, estos hallazgos serán custodiados de manera que no puedan ser relacionados con su persona.

### Derecho a retirarse del estudio

Los participantes tienen el derecho a retirarse del estudio en cualquier momento sin dar explicaciones y sin consecuencias negativas, únicamente lo debe comunicar por cualquier medio a cualquiera de los investigadores del estudio, que inmediatamente remitirán su solicitud al Investigador Principal y su retirada del estudio será atendida inmediatamente.

Aparte de eso, las participantes pueden ejercer sus derechos reconocidos por el Reglamento Europeo de Protección de Datos Personales. Estos derechos son los de acceso, rectificación, supresión, oposición y portabilidad de datos personales. Si se desea ejercer estos derechos puede solicitarse a cualquiera de los investigadores el "Formulario de acceso, rectificación, supresión, oposición y portabilidad de datos personales", disponible para todos los participantes en el estudio y entregarlo cumplimentado a cualquiera de los investigadores del estudio, que inmediatamente remitirán su solicitud al Investigador Principal para tramitar su solicitud en el plazo indicado en el propio formulario.

Asimismo, puede presentar reclamaciones ante la Autoritat Catalana de de Protecció de Dades ([apdcat.gencat.cat/ca/inici/](http://apdcat.gencat.cat/ca/inici/)).

### Eventual publicación / reutilización / otros procesos de los datos básicos y período de retención

Los resultados de la investigación podrán ser publicados de forma anonimizada.

Los identificadores personales serán destruidos al finalizar la investigación, es decir, sus datos no podrán ser vinculados con su persona de forma permanente al acabar la investigación.

Los investigadores están dispuestos a publicar los resultados en una revista, publicación o reunión científica a determinar en el momento oportuno. Si usted lo desea, el investigador responsable del estudio podrá informarle de los resultados, así como de cualquier otro dato relevante que se conozca durante el estudio.

### Grabaciones y uso de testimonios

Estoy de acuerdo que se grabe (audio/vídeo) o se capten imágenes de la recogida de datos con objetivos de investigación.

Autorizo que se hagan citas literales de mis intervenciones sin mencionar mi nombre / reproduzcan en audio/vídeo intervenciones mías sin mencionar mi nombre.

Autorizo el uso de mis intervenciones de audio y vídeo para finalidades de divulgación científica, siempre y cuando se articulen mecanismos para preservar mi privacidad.

### Investigador/a responsable del estudio:

El Dr. Jorge R. Esquirol Causa, responsable del estudio, o uno/a de los/as investigadores/as por él delegados/as es la persona que le ha informado sobre los diferentes aspectos del estudio. Si usted desea formular cualquier pregunta sobre lo que se le ha expuesto o si desea alguna aclaración de cualquier duda sobre el estudio, puede manifestárselo en cualquier momento.

### Con quién contactar si tiene alguna pregunta sobre el estudio

PROGRAMA DE DOCTORAT DE CIRURGIA I CIENCIES MORFOLOGIQUES  
<http://doctoratcirurgia.uab.cat/>



En caso de duda o consulta puede contactar con:

- Jorge R. Esquirol Causa, Tel3fono: 935893727 E-mail: jordi.esquirol@eug.es
- N3ria Carnicero Campmany, Tel3fono: 933013929 E-mail: nu.carnicero@gmail.com

Si usted decide participar en este estudio, debe hacerlo otorgando su consentimiento con total libertad.

El/la investigador/a principal agradecen su inestimable colaboraci3n.

### Consentimiento

- He le3do la informaci3n sobre el proyecto de investigaci3n y he tenido la oportunidad de hacer preguntas, las cuales se me han respondido satisfactoriamente.
- Entiendo que la informaci3n ser3 confidencial durante el estudio y anonimizada (sin identificadores personales) una vez acabada la investigaci3n.
- Estoy de acuerdo en participar y he recibido una copia de este consentimiento.
- Conozco que est3 a mi disposici3n un formulario de acceso, rectificaci3n, supresi3n, oposici3n y portabilidad de datos personales para ejercer eventualmente mi derecho a la protecci3n de los datos personales.

\_\_\_ Estoy de acuerdo en recibir los resultados generales de la investigaci3n al finalizar 3sta.

Nombre Apellidos del participante \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Investigador/a:

Firma \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_



## FORMULARIO DE ACCESO, RECTIFICACIÓN, SUPRESIÓN, OPOSICIÓN Y PORTABILIDAD DE DATOS PERSONALES (ARSOPOL)

Usted participa en una investigación que lleva por título:

ESTUDIO DE LA FÉRULA *RELATIVE MOTION* EN EL TRATAMIENTO DE LESIONES DEL MÚSCULO LUMBRICAL EN ESCALADORES

De conformidad, por una parte, con el Reglamento de la UE 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016 (*relativo a la Protección de las personas físicas en lo que atañe al tratamiento de datos personales y su libre circulación*) (RGPD), y también de acuerdo con lo que dispone la Ley orgánica estatal 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales, le informamos que los datos personales recogidos en el marco de este estudio pasarán a formar parte de un fichero de datos de carácter personal, con la única finalidad de llevar a término la investigación citada.

**Para ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación, oposición y control de portabilidad ante el responsable del fichero, rellene este formulario y entréguelo a cualquiera de los investigadores responsables del estudio.**

**A estos efectos, debe aportar una fotocopia de su carnet de identidad (*También es válido el pasaporte, u otro documento válido que le identifique*).**

### DATOS DEL RESPONSABLE DEL FICHERO

Persona responsable: Dr. Jorge R. Esquirol Causa

Razón social: Escoles Universitàries Gimbernat (adscrites a la UAB)

### DATOS DEL INTERESSADO/A O REPRESENTANTE LEGAL.

Yo, \_\_\_\_\_, mayor de edad y con domicilio en \_\_\_\_\_

Localidad \_\_\_\_\_ Provincia \_\_\_\_\_ Código Postal \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, por medio del presente escrito quiero ejercer mis derechos de protección de datos de carácter personal en referencia a los datos recogidos en el marco del estudio \_\_\_\_\_

, de conformidad con la Ley orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y la normativa que eventualmente la desarrolle.

en consecuencia,

**SOLICITO** (marque la opción u opciones que correspondan)

Que se me facilite el derecho de **acceso** a mis datos, en el término máximo de un mes a partir de la recogida de esta solicitud, i se me facilite la información relativa a mi persona en relación al estudio citado.

Que se proceda a acordar la **rectificación** de los datos personales sobre las cuales se ejercita el derecho, en el término de diez días a partir de la recepción de esta solicitud, y que se me



notifique por escrito el resultado de la rectificación practicada. Los datos sobre las que se solicita la rectificación son las siguientes:

- \_\_\_\_\_, y la corrección que se debe realizar es la siguiente:  
\_\_\_\_\_

Que se proceda a acordar la **supresión** de los datos personales sobre las cuales se ejercita el derecho, en el término de diez días a partir de la recepción de esta solicitud, y que se me notifique por escrito el resultado de la cancelación practicada. Los datos sobre los que se solicita la supresión son los siguientes:

- \_\_\_\_\_

Que se proceda a acordar la **oposición** a que mis datos personales sobre las cuales se ejercita el derecho figuren en el citado registro en el término de diez días a partir de la recepción de esta solicitud, y que se me notifique por escrito el resultado de la rectificación practicada. Los datos sobre los que se solicita la oposición son los siguientes:

- \_\_\_\_\_

Que se me facilite una copia de mis datos personales con el fin de ejercer mi derecho a la **portabilidad**.

Que se **limite el tratamiento** de mis datos mientras no se resuelvan las reclamaciones presentadas anteriormente.

Que se evite compartir mis datos personales con terceras personas, siempre y cuando estas no estén debidamente anonimizadas de forma total e irreversible.

**PUEDE ENTREGAR** el presente formulario ante cualquiera de los investigadores responsables del estudio o bien directamente a:

- Jorge R. Esquirol Causa, teléfono 935893727 E-mail: jordi.esquirol@eug.es

**Este formulario será entregado inmediatamente al Investigador principal que procederá a realizar las modificaciones solicitadas en el plazo previsto.**

A ....., a.....de.....de 20.....

Firmado

## COMPROMISO DEL INVESTIGADOR Y COLABORADORES/ACEPTACIÓN DE LOS SERVICIOS IMPLICADOS

Dr. Jorge R. Esquirol Causa

Servicio: Servei Universitari de Recerca i Innovació en Fisioteràpia

Centro: Escoles Universitàries Gimbernat (adscrites a la Universitat Autònoma de Barcelona)

Datos de contacto:

Email: jordi.esquirol@eug.es

Hago constar:

- Que toda la información proporcionada es veraz.

Que ha evaluado el protocolo del estudio post-autorización(EPA)/proyecto de investigación, titulado: ESTUDIO DE LA FÉRULA *RELATIVE MOTION* EN EL TRATAMIENTO DE LESIONES DEL MÚSCULO LUMBRICAL EN ESCALADORES con Código de ..... (si dispone).

- Que el estudio post-autorización (EPA)/proyecto de investigación respeta las normas éticas aplicables a este tipo de estudios.
- Que acepta participar como investigador principal en este estudio post-autorización (EPA)/proyecto de investigación.
- Que cuenta con los recursos materiales y humanos necesarios para llevar a cabo el estudio post-autorización (EPA)/proyecto de investigación, sin que esto interfiera en la realización de otros tipos de estudios ni en otras tareas que tenga habitualmente asignadas.
- Que no se iniciará el estudio hasta obtener el informe favorable por parte del Comité de Ética en Investigación médica (CEIm) (si procede).
- Que se compromete a que cada sujeto sea tratado y controlado siguiendo lo establecido en el protocolo con dictamen favorable por el Comité Ético de Investigación con Medicamentos (CEIm) y autorizado por la Agencia Española del Medicamento y Productos Sanitarios y/o la Comunidad Autónoma (según proceda).
- Que respetará las normas éticas y legales aplicables a este tipo de estudios y seguirá las normas de buena práctica clínica en su realización.
- Que los colaboradores que necesita para realizar el estudio post-autorización (EPA)/proyecto de investigación propuesto son idóneos y que en este documento manifiestan su aceptación a participar.
- Que no tiene ningún tipo de relación directa o indirecta con la fabricación industrial, la distribución o la comercialización de medicamentos, medicamentos en fase de investigación clínica o productos sanitarios.
- Que enviará al Comité una fotocopia de la autorización por parte de la Agencia Española del Medicamento y Productos Sanitarios y/o la Comunidad Autónoma (según proceda).

- Que comunicarà al CEIm la fecha de inici y si se cancela el estudio lo comunicará, especificando los motivos (si procede).
- Que de mantendrán, bajo mi directa supervisión, registros del proceso experimental a disposición de los miembros del Comité que así lo soliciten (si procede).
- Que colaborará para informar al CEIm de cualquier modificación relevante y del desarrollo del estudio mediante los informes pertinentes, comunicando todas las incidencias que surjan y en especial los efectos indeseables que se produzcan, y haciendo llegar un informe final cuando el estudio finalice (si procede).
- Si cualquiera de las anteriores condiciones se viese incumplida, entiendo que el Comité puede paralizar o modificar el proyecto en curso (si procede).

En ....., a ... de ..... de 20...

Firmado:

## COMPROMISO DEL INVESTIGADOR Y COLABORADORES/ACEPTACIÓN DE LOS SERVICIOS IMPLICADOS

Sra. Núria Carnicero Campmany (co-investigadora)

Servicio: Programa de doctorado en Cirugía y Ciencias Morfológicas

Centro: Universitat Autònoma de Barcelona

Datos de contacto:

Email: nu.carnicero@gmail.com

Hago constar:

- Que toda la información proporcionada es veraz.

Que ha evaluado el protocolo del estudio post-autorización(EPA)/proyecto de investigación, titulado: ESTUDIO DE LA FÉRULA *RELATIVE MOTION* EN EL TRATAMIENTO DE LESIONES DEL MÚSCULO LUMBRICAL EN ESCALADORES con Código de ..... (si dispone).

- Que el estudio post-autorización (EPA)/proyecto de investigación respeta las normas éticas aplicables a este tipo de estudios.
- Que acepta participar como investigador principal en este estudio post-autorización (EPA)/proyecto de investigación.
- Que cuenta con los recursos materiales y humanos necesarios para llevar a cabo el estudio post-autorización (EPA)/proyecto de investigación, sin que esto interfiera en la realización de otros tipos de estudios ni en otras tareas que tenga habitualmente asignadas.
- Que no se iniciará el estudio hasta obtener el informe favorable por parte del Comité de Ética en Investigación médica (CEIm) (si procede).
- Que se compromete a que cada sujeto sea tratado y controlado siguiendo lo establecido en el protocolo con dictamen favorable por el Comité Ético de Investigación con Medicamentos (CEIm) y autorizado por la Agencia Española del Medicamento y Productos Sanitarios y/o la Comunidad Autónoma (según proceda).
- Que respetará las normas éticas y legales aplicables a este tipo de estudios y seguirá las normas de buena práctica clínica en su realización.
- Que los colaboradores que necesita para realizar el estudio post-autorización (EPA)/proyecto de investigación propuesto son idóneos y que en este documento manifiestan su aceptación a participar.
- Que no tiene ningún tipo de relación directa o indirecta con la fabricación industrial, la distribución o la comercialización de medicamentos, medicamentos en fase de investigación clínica o productos sanitarios.
- Que enviará al Comité una fotocopia de la autorización por parte de la Agencia Española del Medicamento y Productos Sanitarios y/o la Comunidad Autónoma (según proceda).

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada



- Que comunicarà al CEIm la fecha de inici y si se cancela el estudio lo comunicará, especificando los motivos (si procede).
- Que de mantendrán, bajo mi directa supervisión, registros del proceso experimental a disposición de los miembros del Comité que así lo soliciten (si procede).
- Que colaborará para informar al CEIm de cualquier modificación relevante y del desarrollo del estudio mediante los informes pertinentes, comunicando todas las incidencias que surjan y en especial los efectos indeseables que se produzcan, y haciendo llegar un informe final cuando el estudio finalice (si procede).
- Si cualquiera de las anteriores condiciones se viese incumplida, entiendo que el Comité puede paralizar o modificar el proyecto en curso (si procede).

En ....., a ... de ..... de 20...

Firmado:

## 10.3 ANNEX 3: Registre al *Clinical Trials*

### Aprovació del registre d'estudi clínic al *Clinical Trials*

**ClinicalTrials.gov PRS**  
Protocol Registration and Results System

**ClinicalTrials.gov Protocol Registration and Results System (PRS) Receipt**  
Release Date: January 11, 2023

**ClinicalTrials.gov ID: NCT05694078**

#### Study Identification

Unique Protocol ID: Lumbrical  
Brief Title: Hand Therapy Approach on Lumbrical Muscle Tears in Sport Climbers  
Official Title: Hand Therapy Approach on Lumbrical Muscle Tears in Sport Climbers  
Secondary IDs: PhD University Program [Universitat Autònoma de Barcelona]

#### Study Status

Record Verification: January 2023  
Overall Status: Recruiting  
Study Start: December 23, 2022 [Actual]  
Primary Completion: February 28, 2023 [Anticipated]  
Study Completion: March 31, 2023 [Anticipated]

#### Sponsor/Collaborators

Sponsor: Hand Therapy Barcelona  
Responsible Party: Sponsor  
Collaborators:

#### Oversight

U.S. FDA-regulated Drug: No  
U.S. FDA-regulated Device: No  
U.S. FDA IND/IDE: No  
Human Subjects Review: Board Status: Approved  
Approval Number: CEEAH5964  
Board Name: Comisión de Ética en la Experimentación Animal y Humana  
Board Affiliation: Universitat Autònoma de Barcelona  
Phone: +34935813578  
Email: ceeah@uab.cat  
Address:  
Edifici A - Campus de la UAB - 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès) -  
Barcelona Spain  
Data Monitoring: No  
FDA Regulated Intervention: No

### Study Description

**Brief Summary:** This study aims to analyze the effectiveness of a Hand Therapy protocol in the management of patients who suffer from a tear of a lumbrical muscle, regarding on the symptoms during the clinical examination, the disability in their activities of daily living and the sports-specific function.

**Detailed Description:** A prospective intervention study is performed on 50 adult climbers suffering from an injury of the 4th lumbrical muscle. They wear during 3 weeks a 5th finger extension relative motion orthosis, while pain-free sport activities are permitted using a 4th and 5th fingers buddy-taping. After three weeks, patients are told to progressively remove the splint and, after six weeks, the splint is totally removed. Symptoms in the lumbrical stress test are evaluated during the 6 weeks period using dynamometry and goniometry, Finally, Quick-Disabilities of the arm shoulder and hand questionnaire is also analyzed.

### Conditions

**Conditions:** Muscle Tear  
Hand Injuries  
Splints

**Keywords:** Lumbrical  
Sport Climbing  
Hand Therapy  
Hand Injuries  
Relative Motion

### Study Design

**Study Type:** Interventional  
**Primary Purpose:** Treatment  
**Study Phase:** N/A  
**Interventional Study Model:** Single Group Assignment  
**Number of Arms:** 1  
**Masking:** None (Open Label)  
**Allocation:** N/A  
**Enrollment:** 50 [Anticipated]

### Arms and Interventions

Arms	Assigned Interventions
Experimental: Lumbrical Injured Climbers 6-weeks relative motion splinting protocol, while pain-free sport activities are permitted	Hand Therapy Splinting Protocol Relative motion splinting protocol <b>Other Names:</b> • Relative Motion

### Outcome Measures

**Primary Outcome Measure:**

1. Dinamometry in lumbrical stress test



Symptoms in the lumbrical stress test will be evaluated during the 6 weeks period using an adapted Jamar handgrip dynamometer on a climbing hold. The climber is told to pull on the hold until the pain starts.

[Time Frame: It will be evaluated at 6 weeks]

**Secondary Outcome Measure:**

2. Goniometry in lumbrical stress test

Finger flexion metacarpophalangeal joint goniometry of the 5th finger is measured during the lumbrical stress test when pain appears

[Time Frame: It will be evaluated at 6 weeks]

3. Quick-Disabilities of the arm shoulder and hand questionnaire

Participants will be asked to answer "Quick-Disabilities of the arm shoulder and hand" questionnaire before the clinical examination. In "Quick-Disabilities of the arm shoulder and hand" each item has response options and, from the item scores, scale scores are calculated, ranging from 0 (no disability) to 100 (most severe disability).

[Time Frame: It will be evaluated at 6 weeks]

## Eligibility

Minimum Age: 18 Years

Maximum Age:

Sex: All

Gender Based: No

Accepts Healthy Volunteers: No

Criteria: Inclusion Criteria:

- Adult climbers suffering from an injury of the 4th lumbrical muscle

Exclusion Criteria:

- Patients with previous treatments.
- Patients with concomitant injuries or illness

## Contacts/Locations

Central Contact Person: Núria Carnicero  
Telephone: +34659105330  
Email: nu.carnicero@gmail.com

Central Contact Backup:

Study Officials: Núria Carnicero  
Study Principal Investigator  
Hand Therapy Barcelona

Locations: **Spain**

Hand Therapy Barcelona  
[Recruiting]

Barcelona, Catalonia, Spain, 08010

Contact: Vicenç Punsola-Izard 34-933013929  
fisioterapia.punsola@gmail.com

Contact: Núria Carnicero nu.carnicero@gmail.com  
Principal Investigator: Núria Carnicero, PhD



### IPDSharing

Plan to Share IPD: No

### References

Citations: Lutter C, Schweizer A, Schoffl V, Romer F, Bayer T. Lumbrical muscle tear: clinical presentation, imaging findings and outcome. J Hand Surg Eur Vol. 2018 Sep;43(7):767-775. doi: 10.1177/1753193418765716. Epub 2018 Mar 28. PubMed 29591320

Schweizer A. Lumbrical tears in rock climbers. J Hand Surg Br. 2003 Apr;28(2):187-9. doi: 10.1016/s0266-7681(02)00250-4. PubMed 12631495

Links:

Available IPD/Information:

U.S. National Library of Medicine | U.S. National Institutes of Health | U.S. Department of Health & Human Services

## 10.4 ANNEX 4: Questionari QuickDASH

### Formulari d'autoavaluació escala validada Quick DASH

**QUANTIFICADOR FUNCIO EN EESS DASH Curt Concentrat ( [ ] , [ ] )**

Fecha: [ ]

Por favor puntúe su habilidad o capacidad para realizar las siguientes actividades durante la última semana. Para ello marque con un círculo el número apropiado para cada respuesta.

	Ninguna dificultad				Imposible realizar
1.- Abrir un bote de cristal nuevo	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>
2.- Realizar tareas duras de la casa ( p. ej fregar el piso, limpiar paredes, etc.	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>
3.- Cargar una bolsa del supermercado o un maletín.	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>
4.- Lavarse la espalda	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>
5.- Usar un cuchillo para cortar la comida	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>
6.- Actividades de entretenimiento que requieren algo de esfuerzo o impacto para su brazo, hombro o mano (p. ej. golf, martillar, tenis o a la petanca)	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>
	No, para nada				Mucho
7.- Durante la última semana, ¿su problema en el hombro, brazo o mano ha interferido con sus actividades sociales normales con la familia, sus amigos, vecinos o grupos?	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>
8.- Durante la última semana, ¿ha tenido usted dificultad para realizar su trabajo u otras actividades cotidianas debido a su problema en el brazo, hombro o mano?	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>

Por favor ponga puntuación a la gravedad o severidad de los siguientes síntomas.

	Ninguno				Muy grave
9.- Dolor en el brazo, hombro o mano	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>
10.- Sensación de calambres (hormigueos y alfilerazos) en su brazo hombro o mano	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>
	No				Dificultad extrema que me impedía dormir
11.- Durante la última semana, ¿Cuánta dificultad ha tenido para dormir debido a dolor en el brazo, hombro o mano?	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>

**ACTIVIDADES ESPECIALES DEPORTES/MÚSICOS (OPCIONAL)**

Las preguntas siguientes hacen referencia al impacto que tiene su problema en el brazo, hombro o mano para tocar su instrumento musical, practicar su deporte, o ambos. Si usted practica más de un deporte o toca más de un instrumento (o hace ambas cosas), por favor conteste con respecto a la actividad que sea más importante para usted. ¿Tuvo alguna dificultad...

	Ninguna dificultad				Imposible de realizar
F.- para usar su técnica habitual al tocar su instrumento o practicar su deporte?	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>
G.- para tocar su instrumento habitual o practicar su deporte debido a dolor en el brazo, hombro o mano ?	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>
H.- para tocar su instrumento o practicar su deporte tan bien como le gustaría?	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>
I.- para emplear la cantidad de tiempo habitual para tocar su instrumento o practicar su deporte?	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>

## 10.5 ANNEX 5: Consideracions ètiques de l'estudi biomecànic

### Aprovació del comitè d'ètica de l'estudi biomecànic



Vicerektorat de Recerca i de Transferència

Plaça Acadèmica  
Edifici A – Campus de la UAB  
08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès)  
Barcelona – Spain  
Tel. +34 93 581 35 78  
ceeah@uab.cat  
<http://www.uab.cat/etica-recerca/>

### COMISIÓN DE ÉTICA EN LA EXPERIMENTACIÓN ANIMAL Y HUMANA DE LA UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA (CEEAH)

La Comisión de ética en la Experimentación Animal y Humana (CEEAH) de la Universitat Autònoma de Barcelona, reunida el dia 27-03-2015, acuerda informar favorablemnete el proyecto **CEEAH 2904** titulado “**Documents donació cos Facultat de Medicina**” presentado por **Alfonso Rodríguez Baeza**

Bellaterra (Barcelona), 10 de maig de 2018

NURIA  
PEREZ  
PASTOR

Firmado digitalmente por NURIA  
PEREZ PASTOR  
Nombre de reconocimiento (DN):  
c=ES, ou=Vogou <https://www.aoc.cat/>  
CATCert/Regulacio, sn=PEREZ  
PASTOR, givenName=NURIA,  
serialNumber=3510963BT, cn=NURIA  
PEREZ PASTOR  
Fecha: 2018.05.10 16:21:39 +02'00'

Núria Pérez Pastor  
Secretària de la CEEA de la UAB

## 10.6 ANNEX 6: Resultats de l'estudi clínic

Resultats en cadascun dels participants en l'estudi clínic.

Taules per cadascuna de les variables, al llarg de les 6 setmanes.

Taula 9. Resultats de la dinamometria en el test d'estrès al llarg de les 6 setmanes.

	Dinamometria Test d'estrès (% força)		
	Inici	3a setmana	6a setmana
Individu 1	45,45	72,73	81,82
Individu 2	5,88	58,82	58,82
Individu 3	73,33	86,67	113,33
Individu 4	75,00	51,32	90,79
Individu 5	30,00	40,00	50,00
Individu 6	80,77	80,77	92,31
Individu 7	51,32	106,58	106,58
Individu 8	23,08	46,15	84,62
Individu 9	0,00	69,77	55,81
Individu 10	51,06	51,06	63,83
Individu 11	0,00	72,73	86,36
Individu 12	60,67	67,42	74,16
Individu 13	82,26	82,26	87,10
Individu 14	71,64	94,03	107,46
Individu 15	41,86	76,74	83,72
Individu 16	53,13	68,75	87,50
Individu 17	77,03	72,97	85,14
Individu 18	52,75	72,53	115,38
Individu 19	0,00	31,25	37,50
Individu 20	52,38	90,48	133,33
Individu 21	27,27	45,45	72,73
Individu 22	22,64	28,30	67,92
Individu 23	53,57	85,71	96,43
Individu 24	48,98	36,73	79,59
Individu 25	62,34	109,09	109,09
Individu 26	54,55	54,55	72,73
Individu 27	56,00	64,00	72,00
Individu 28	0,00	57,14	121,43
Individu 29	38,03	67,61	80,28
Individu 30	10,71	64,29	80,36
Individu 31	51,85	59,26	96,30
Individu 32	56,25	56,25	75,00
Individu 33	65,35	71,29	86,14
Individu 34	78,26	84,78	84,78
Individu 35	43,90	76,83	84,15
Individu 36	64,86	68,92	60,81

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

Individu 37	63,53	49,41	70,59
Individu 38	50,00	25,00	70,83
Individu 39	52,70	72,97	68,92
Individu 40	0,00	75,79	75,79
Individu 41	0,00	49,09	76,36
Individu 42	32,00	60,00	88,00
Individu 43	83,33	75,00	95,83
Individu 44	56,25	62,50	81,25
Individu 45	0,00	57,69	92,31
Individu 46	51,92	63,46	72,12
Individu 47	62,79	62,79	87,21
Individu 48	12,00	6,00	60,00
Individu 49	60,00	75,00	82,50
Individu 50	0,00	52,70	64,86
<b>Mitjana</b>	43,73	64,21	82,44
<b>SD</b>	26,18	19,76	18,25

**Taula 10. Resultats de la goniometria en el test d'estrès al llarg de les 6 setmanes.**

	<b>Goniometria Test d'estrès</b> (º flexió MCF)		
	<b>Inici</b>	<b>3a setmana</b>	<b>6a setmana</b>
Individu 1	90	95	95
Individu 2	35	40	90
Individu 3	0	30	90
Individu 4	70	90	95
Individu 5	15	60	90
Individu 6	90	95	90
Individu 7	80	90	95
Individu 8	0	20	90
Individu 9	0	30	60
Individu 10	25	50	90
Individu 11	0	30	90
Individu 12	15	50	95
Individu 13	30	60	95
Individu 14	80	90	95
Individu 15	60	60	95
Individu 16	50	80	90
Individu 17	80	90	90
Individu 18	10	90	95
Individu 19	50	50	90
Individu 20	60	70	95
Individu 21	50	70	90
Individu 22	30	30	70
Individu 23	50	55	95
Individu 24	60	50	90

Individu 25	70	80	95
Individu 26	40	30	60
Individu 27	75	85	90
Individu 28	55	55	90
Individu 29	80	85	90
Individu 30	30	50	90
Individu 31	60	90	95
Individu 32	30	10	90
Individu 33	40	90	95
Individu 34	65	80	90
Individu 35	60	90	95
Individu 36	0	60	60
Individu 37	30	60	75
Individu 38	50	60	90
Individu 39	20	90	90
Individu 40	0	70	95
Individu 41	30	25	90
Individu 42	55	60	95
Individu 43	10	65	90
Individu 44	60	60	95
Individu 45	10	70	80
Individu 46	80	80	90
Individu 47	20	90	90
Individu 48	30	70	90
Individu 49	30	90	90
Individu 50	80	80	80
<b>Mitjana</b>	<b>42,80</b>	<b>65</b>	<b>88,8</b>
<b>SD</b>	<b>27,33</b>	<b>22,88</b>	<b>8,9</b>

**Taula 11. Resultats del qüestionari QuickDASH al llarg de les 6 setmanes.**

	Discapacitat activitats de la vida diària i activitat esportiva Quick DASH (% discapacitat)					
	Inici		3a setmana		6a setmana	
	QuickDASH	Esports	QuickDASH	Esports	QuickDASH	Esports
Individu 1	20,45	43,75	6,82	6,25	0	6,25
Individu 2	13,64	43,75	0	18,75	0	18,75
Individu 3	13,64	75	6,82	62,5	0	18,75
Individu 4	20,45	37,5	0	6,25	0	0
Individu 5	11,36	31,25	9,09	12,5	2,27	6,25
Individu 6	27,27	87,5	2,27	12,5	0	0
Individu 7	20,45	43,75	0	0	0	0
Individu 8	47,73	100	22,73	43,75	6,82	12,5
Individu 9	11,36	81,25	13,64	31,25	0	0
Individu 10	18,18	81,25	9,09	12,5	2,27	6,25
Individu 11	43,18	100	29,55	100	2,27	12,5

Fèrula *relative motion* en el tractament de lesions del múscul lumbrical en l'escalada

Individu 12	12,5	62,5	11,36	50	0	0
Individu 13	43,18	50	15,91	50	2,27	6,25
Individu 14	43,18	87,5	25	62,5	13,64	25
Individu 15	15,91	43,75	4,55	25	0	0
Individu 16	25	100	18,18	62,5	36,36	62,5
Individu 17	29,55	10	22,73	100	22,73	56,25
Individu 18	9,09	43,75	6,82	50	2,27	25
Individu 19	57,5	93,75	57,5	93,75	29,55	68,75
Individu 20	38,64	75	11,36	43,75	4,55	18,75
Individu 21	27,27	62,5	27,27	62,5	25	37,5
Individu 22	38,64	81,25	31,82	75	11,36	50
Individu 23	22,73	43,75	11,36	12,5	0	6,25
Individu 24	20,45	68,75	20,45	68,75	13,64	25
Individu 25	0	100	0	75	0	62
Individu 26	22,55	100	11,36	43,75	7,5	12,5
Individu 27	13,64	43,75	6,82	25	2,5	12,5
Individu 28	72,73	100	20,45	50	9,09	37,5
Individu 29	13,64	75	11,36	31,25	4,55	6,25
Individu 30	25	62,5	15,91	43,75	4,55	12,55
Individu 31	20,45	75	18,18	81,25	4,55	31,25
Individu 32	25	75	20,45	43,75	15,91	18,5
Individu 33	10	75	10	56,25	0	18,75
Individu 34	13,64	56,25	9,09	18,75	6,82	0
Individu 35	31,82	37,5	4,55	31,25	2,27	12,5
Individu 36	0	25	2,27	25	4,55	25
Individu 37	12,5	62,5	9,09	50	4,55	18,75
Individu 38	38,64	37,5	36,36	43,75	13,64	18,75
Individu 39	18,18	75	9,09	62,5	9,09	25
Individu 40	25	50	18,18	31,25	6,82	18,75
Individu 41	20,45	100	20,45	25	2,27	12,5
Individu 42	22,55	68,75	11,36	43,75	7,5	18,75
Individu 43	18,18	62,5	9,09	18,75	11,36	25
Individu 44	12,5	56,5	0	31,25	4,55	6,25
Individu 45	45,45	81,25	29,55	75	52,27	93,75
Individu 46	18,18	62,5	4,55	25	0	0
Individu 47	38,64	75	29,55	43,75	0	6,25
Individu 48	27,27	62,5	11,36	43,75	2,27	12,5
Individu 49	15,91	56,25	15,91	56,25	6,82	12,5
Individu 50	56,82	100	13,64	50	13,64	25
<b>Mitjana</b>	25,00	66,46	14,26	43,75	7,44	20,11
<b>SD</b>	14,85	22,74	11,11	24,39	10,31	20,07

## 10.7 ANNEX 7: Resultats de l'estudi biomecànic

Resultats en cadascun dels espècimens en l'estudi biomecànic

Taules per cadascun dels experiments, resultats de les diferents variables d'estudi.

**Taula 12. Resultats obtinguts en el grup Control, en l'Experiment 1.**

Espècimen	Extremitat	Kg ruptura	LP previ a la ruptura (mm)	LP final (mm)	Flexió prèvia a la ruptura (°)	Flexió final (°)
Núm. 1	Dreta	11	7	26,5	96	96
Núm. 2	Esquerra	7	5	29	3	87
Núm. 3	Dreta	12	2,75	25,5	0	86
Núm. 4	Dreta	11	9,25	22,5	10	53
Núm. 5	Esquerra	2	12,5	25,75	41	88
Núm. 6	Dreta	9	10,5	46	7	100
Núm. 7	Esquerra	19	14	90	22	130
Núm. 8	Esquerra	18	12,25	20	14	74
Núm. 9	Esquerra	12	11	50,25	2	100
Núm. 10	Dreta	9	8	41,25	19	95

**Taula 13. Resultats obtinguts en el grup *Relative motion*, en l'Experiment 1. Expressats en vermell els valors obtinguts en els dos espècimens en què no va col·lapsar el sistema.**

Espècimen	Extremitat	Kg ruptura	LP previ a la ruptura (mm)	LP final (mm)	Flexió prèvia a la ruptura (°)	Flexió final (°)
Núm. 1	Esquerra	20	21	21	8	8
Núm. 2	Dreta	10	8	19,5	0	10
Núm. 3	Esquerra	8	4,5	15	0	0
Núm. 4	Esquerra	12	25	27	4	4
Núm. 5	Dreta	8	8,25	17,25	0	4
Núm. 6	Esquerra	9	12	24	0	8
Núm. 7	Dreta	11	8	21,5	0	8
Núm. 8	Dreta	20	12	12	0	0
Núm. 9	Dreta	7	8	21,25	0	0
Núm. 10	Esquerra	12	18	24	2	8



**Taula 14. Resultats obtinguts per cadascun dels grups en l'Experiment 2**

Espècimen	Situació 1 Control		Situació 2 <i>Relative motion</i>		Situació 3 Sindactília	
	Cisalla a 200g (mm)	Flexió MCF (°)	Cisalla a 200g (mm)	Flexió MCF (°)	Cisalla a 200g (mm)	Flexió MCF (°)
Núm. 1	22	64	2	0	1	0
Núm. 2	13	34	3,5	0	0,75	0
Núm. 3	60	110	6,5	0	0,75	0
Núm. 4	23	60	3	0	0,5	0
Núm. 5	29	40	12,5	0	0,5	0
Núm. 6	14,5	25	3,75	0	0,5	0
Núm. 7	25	65	5	0	2	0
Núm. 8	25	55	10,25	0	0,5	0
Núm. 9	21,25	70	3,5	0	1	0