

Disseny i avaluació d'un programa de flexibilització de la musculatura isquiosural en jugadors juvenils d'handbol.

Efectes sobre el posicionament i l'activació muscular de la regió lumbo-pelviana

Laia Monné i Guasch

Dipòsit Legal: B 18064-2015

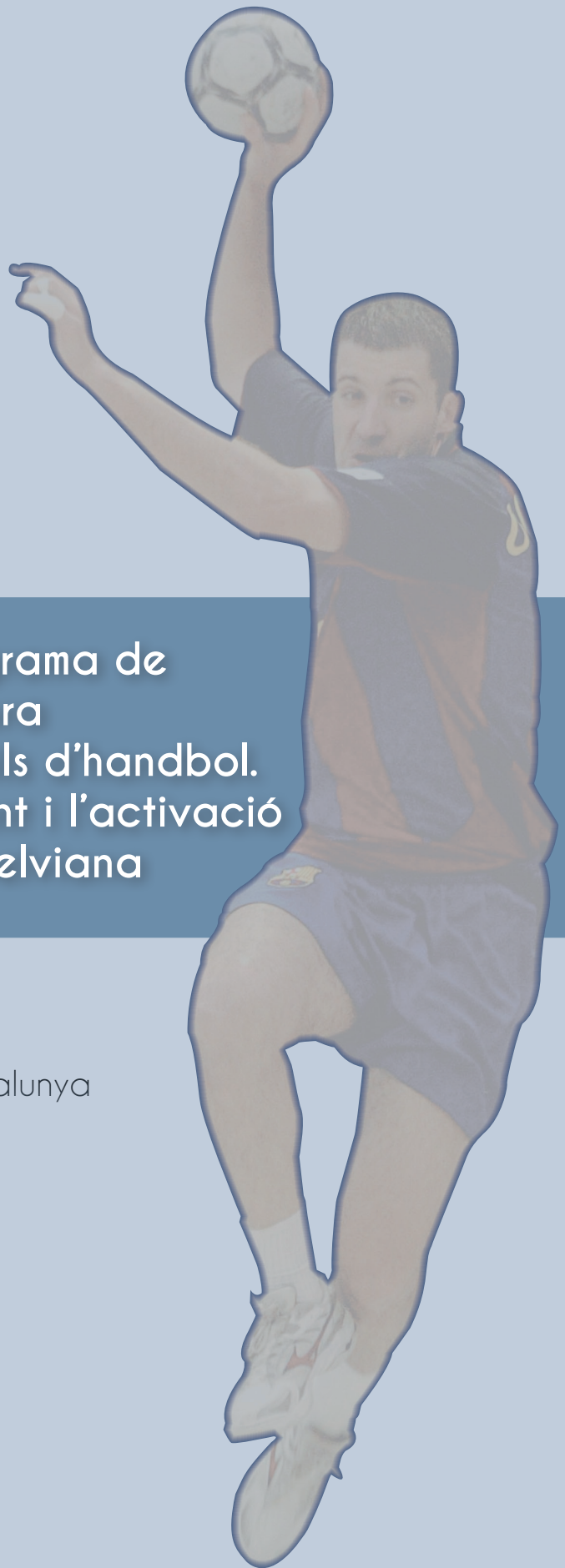
ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

Disseny i avaluació d'un programa de flexibilització de la musculatura isquiosural en jugadors juvenils d'handbol. Efectes sobre el posicionament i l'activació muscular de la regió lumbo-pelviana

Laia Monné i Guasch
Universitat Internacional de Catalunya





Disseny i avaluació d'un programa de flexibilització de la musculatura isquiosural en jugadors juvenils d'handbol. Efectes sobre el posicionament i l'activació muscular de la regió lumbo-pelviana

Tesi doctoral per optar al grau de Doctor en el programa de Doctorat en Fisioteràpia

Doctoranda:
Laia Monné i Guasch

Directors de tesi:
Dr. Xavier Gironès García
Dr. Ramon Olivé Vilàs

2015

*“Besades de sol,
frescor de mar,
matinades d’arena,
història de ses pedres,
abraçades de vent,
nits i música a la fresca...
inspiren ses nostres
recerques.”*

Ciutadella, maig de 2014

AGRAÏMENTS

Aquest treball d'investigació m'ha enriquit en molts aspectes. Principalment m'ha aportat nous coneixements en la temàtica escollida però també m'ha fet créixer com a persona, apreciament intensament els petits moments de la vida. En aquest feixuc camí són moltes les amistats i persones que vull valorar per tota la dedicació, consells i estima que m'heu donat.

En primer lloc, agrair als meus directors de tesi, al Dr. Xavier Gironès i al Dr. Ramon Olivé per acceptar la meva proposta. Moltes gràcies per guiar-me en aquest procés d'aprenentatge, pels vostres comentaris, revisions i pel temps dedicat.

A la institució del Futbol Club Barcelona i al Dr. Ramon Canal que m'han donat la possibilitat de fer aquest estudi. A l'equip juvenil de la secció d'handbol del FCB per la paciència i la seva col·laboració en la meva tasca. Al Dr. Mauricio Mónaco pel seu suport rebut. Al Guillem Molné i al Lorenzo Rueda per la seva perseverança. Al Xavier Pascual pel seu recolzament. I sobretot moltíssimes gràcies al Dr. Josep Antón Gutiérrez i al Toni Gerona, per tenir-vos sempre al meu costat en tot allò que he necessitat.

Als meus companys del Departament de Fisioteràpia de la Universitat Internacional de Catalunya; Ernesto Herrera, Montserrat Girabent, Pere Rodríguez, Jordi Calvo, Rosa Cabanas, Ana Germán, Luciana Moizé, Juanjo García, Pol Serra, Xavi Gironès i Caritat Bagur, les persones amb qui comparteixo diàriament moments de feina però també d'amistat i d'alegries. La vostra cohesió de treball, els ànims i el vostre camí han guiat les meves petjades cap a la meva fita. Moltes gràcies pel caliu, pels consells i pel recolzament en els moments difícils. Agrair a l'Ernesto, a la Cari i a la Luciana per les petites empentes que m'han donat quan les he necessitat. A la Montse i a l'Ana, mil gràcies per les vostres aportacions, idees, revisions, suport constant i hores de dedicació rebudes, on la vostra generositat i la vostra força m'ha fet creure en la meva capacitat per assolir aquest repte.

Al Víctor Zurita, Josetxo Retegui, Oriol Fernández, Pierre Mangenot i en especial al Cristian Mújica. La seva ajuda incondicional m'ha facilitat la meva tasca de recollida de dades.

A la Universitat Internacional de Catalunya, al seu professorat, alumnes, a la resta de persones en qui he tingut l'oportunitat de treballar en aquest món de la docència i la investigació, amb una menció especial pel Lluís Álvarez.

A la Pepi Gili, la Maialen Araolaza i la Joana Galaso i a la resta dels meus companys del Club Natació Sabadell per sentir-vos a prop meu durant aquest procés. Gràcies per facilitar-me la feina. I a l'Elvira Mallafré, on les estones compartides m'han fet descobrir una nova amistat.

A la Diana Riba, en Raül Romeva, la Gemma Jurado i en Xavi Martínez pels seus ànims constants i la seva ajuda logística que m'ha aplanat el camí.

Als meus pares d'Austràlia Mark Adamson i Julie Adamson que tot i ser tant lluny sempre ens tenen present. El seu encoratjament ha sigut constant durant aquest repte. *Love a lot!*

A la meva família de l'esquí Ana Galindo, Mònica Bosch, Ainhoa Ibarra, M^a José Rienda, Anna Geli, Carolina Ruiz, Raquel Rienda, Mauricio Marcacci, Carlos Álvarez, Marco Zambelli, Andrea Vianello, Andrés García, Iñaki Garralda i Dani Brotons. Amb vosaltres vaig començar a endinsar-me en el món de la fisioteràpia esportiva. Vam compartir el dia a dia de l'esport d'elit: viatges, sacrificis, moments de superació, vivències i competicions de la Copa del Món, Mundial de Sestiere, Jocs Olímpics de Nagano i Mundial de Vail. Les anècdotes viscudes, la vostra amistat i la vostra estima són la medalla de bronze, plata i or que més brillen i que guardo amb mi.

A la Sara Olivella, la Judit Garrido, la María Alberto, l'Evelyn Roca, la Mari Carmen Gilabert, la Rosi Hierro, la Marta Martínez i la resta d'amistats que heu acceptat la meva absència durant aquest període. Moltes gràcies per tenir-vos sempre!

Al Ricard Torquemada, a la Gemma Castanyer, en Xavi Rafí, en Josep Gorgues i a la Bàrbara Bender que tants camins hem explorat junts. La vostra valuosa amistat és i serà un pilar en les nostres vides i en els nostres reptes, també d'aquest!

A la Betsi per la seva ajuda constant i la seva estima a tots nosaltres.

Als meus sogres que m'han donat el recolzament necessari per aplanar el camí i tirar endavant el meu propòsit. Anna Ferrer i Josep Ramon Lorente que tan ens cuiden i ens estimen a tots. A David, Yoli, Gina, Alba i a la resta de la meva família O'Callaghan-Ferrer per la vostra estima i suport constant.

A les meves germanes “*Monneretes*” Marga, Muns, Mercè i Roser que heu estat a l'expectativa durant aquest procés i que sempre us he tingut al meu costat. Moltes gràcies per la vostra ajuda i el vostre amor incondicional. Als meus cunyats Jesús Rodríguez, Xavi Espelta i Miquel Àngel Rofes, i als meus nebots Guillem, Mar, Miquel i Laura.

Als meus pares Enric i Mercè que m'heu ensenyat a ser com sóc. M'heu guiat, m'heu recolzat sempre en els meus propòsits i m'heu donat les ales per volar. La vostra estima sempre ha estat present en mi.

I finalment, el meu últim agraïment al Xavi O'Callaghan, en Pau i la Noa.

En Xavi ens ha fet gaudir de l'handbol a casa. Les seves vivències esportives i els valors adquirits amb l'esport ens han enriquit a tots. Ens ha fet estimar l'handbol; d'aquí la temàtica d'aquesta tesi. El repte de cada dia, el teu amor, la teva paciència, el teu recolzament ha sigut constant en aquest camí. Moltes gràcies per creure en mi i encoratjar-me sense fi.

En Pau i la Noa, que sou llum de la nostra vida i l'alegria de viure! Els meus tresors que més heu patit la meva absència. Ja sabeu que us estimo amb bogeria... fins a l'infinit!

“... fosca nit, mirant al cel ple d'estels que brillaven i simplement pensant qui més en aquell instant estava contemplant els mateixos estels que jo...”

Petits moments de la vida”

SUMARI DE LES SIGLES, ABREVIATURES I ACRÒNIMS

En la present memòria s'han utilitzat les següents sigles, abreviatures i

acrònims que s'especifiquen seguint l'ordre alfabètic:

AC	Angle de Cobb
ACLS	Angle de cifosi lumbo-sacra
ADM	Amplitud de moviment
AINES	Antiinflamatori no esteroide
AKE	Angle popliti
ALL	Angle de lordosi lumbar
ALS	Angle lumbo-sacre
ASH	Angle sacre-horitzontal
ASV	Angle sacre-vertical
BF	Bíceps femoral
BFpc	Bíceps femoral porció curta
BFpl	Bíceps femoral de la porció llarga
C	Control (grup d'estudi)
CAFE	Ciències de l'Activitat Física i l'Esport
CC	Component contràctil
CEE	Cicle estirament-escurçament
CEP	Component elàstic en paral·lel
CES	Component elàstic en sèrie
CI	Crestes ilíaques
CRE	Contracció-relaxació-estirament
CVIM	Contracció voluntària isomètrica màxima
D / d	Dret
DDP	Distància dits-peus
DDP pe	Distància dits-peus protegint esquena
DDP unilat	Distància dits-peus unilateral
DDPV	Distància dits-peus en "V"
DDS	Distància dits-sòl
DOMS	Delayed Onset Muscular Soreness
E / e	Esquerra
ECR	Elevació de la cama recta
EE	Erector espinal
E.E.	Error estàndard

EEII	Extremitats inferiors
EESS	Extremitats superiors
EI	Extremitat inferior
ETAS	Espina ilíaca antero-superior
EMGS	Electromiografia de superfície
ES	Extremitat superior
EVA	Escala variable analògica
FCB	Futbol Club Barcelona
FFT	Transformada Ràpida de Fourier
FIFA	Federació Internacional de Futbol Associació
FM	Freqüència mediana
FNM	Fusos neuromusculars
GM	Gluti major
h	Hores
HAT	Head-Arms-Trunk
ICC	Coeficients de correlació intraclasse
IMC	Índex de massa corporal
JOO	Jocs Olímpics
LHfx	Angle lumbo-horitzontal en flexió
Lv	Angle lumbo-vertical
Md	Multífid dret
Me	Multífid esquerre
MT	Matí i Tarda (grup d'estudi)
OTG	Òrgans tendinosos de Golgi
P	Pregunta
PCSA	Àrea de secció transversal
PNF	Facilitació Neuromuscular Propioceptiva
PV	Paravertebrals
Q1	Qüestionari 1
Q2	Qüestionari 2
Q3	Qüestionari 3
Q4	Qüestionari 4
RMS	Root Mean Square
ROM	Range of movement
SENIAM	Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles
SM	Semimembranós
SIRC	Sport Information Resource Centre
ST	Semitendinós
T	Tarda (grup d'estudi)

TCE	Teixit connectiu elàstic
TCF	Teixit connectiu fibrós
UEFA	Unió de Federacions de Fútbol Europees
UIC	Universitat Internacional de Catalunya
UMT	Unió miotendinosa o músculo-tendinosa

ÍNDEX DE CONTINGUTS:

AGRAÏMENTS	iii
SUMARI DE LES SIGLES, ABREVIATURES I ACRÒNIMS	vii
ÍNDEX DE CONTINGUTS:	xi
ÍNDEX DE FIGURES:	xvii
ÍNDEX DE TAULES:	xxvii
ÍNDEX D'EQUACIONS:	xxxii
RESUM.....	xxxiii
1. INTRODUCCIÓ	1
1.1. Recordatori anatòmic i biomecànic de la musculatura isquiosural	3
1.1.1. Descripció anatòmica de la musculatura isquiosural	4
1.1.1.1. <i>Bíceps femoral porció llarga</i>	5
1.1.1.2. <i>Bíceps femoral porció curta</i>	8
1.1.1.3. <i>Semitendínós</i>	10
1.1.1.4. <i>Semimembranós</i>	12
1.1.2. Biomecànica dels isquiosurals i la seva relació amb altres músculs adjacents.	14
1.2. Anatomofisiologia del múscul estriat	18
1.2.1. Components sensitius del múscul	18
1.2.2. Components mecànics del múscul	21
1.2.3. Límits d'elongació de la fibra muscular	27
1.2.4. Límits d'elongació del teixit connectiu	27
1.3. Fisiopatologia de les lesions esportives	29
1.3.1. Lesions musculars intrínseques	30
1.3.2. Lesions musculars extrínseques	31
1.4. Etiologia de les lesions esportives i la seva especificitat en la musculatura isquiosural	32
1.4.1. Factors de risc en la lesió esportiva	33
1.4.2. Factors de risc propis de la musculatura isquiosural	36
1.5. Les lesions en la pràctica esportiva de l'handbol	40
1.6. L'estirament muscular	48
1.6.1. Les qualitats físiques	48

1.6.1.1.	<i>Les qualitats físiques bàsiques o condicionals</i>	49
1.6.1.2.	<i>Les qualitats físiques complementàries o facilitadores</i>	50
1.6.2.	La flexibilitat muscular	50
1.6.3.	Tipus d'estiraments	54
1.6.3.1.	<i>Estiraments dinàmics</i>	55
1.6.3.2.	<i>Estiraments estàtics passius</i>	57
1.6.3.3.	<i>Tècniques neuromusculars de contracció-relaxació-estirament</i>	57
1.6.3.4.	<i>Stretching</i>	58
1.6.3.5.	<i>Estiraments estàtics passius en tensió passiva</i>	59
1.6.3.6.	<i>Estiraments estàtics actius en tensió activa</i>	60
1.6.4.	L'estirament i els isquiosurals	62
1.7.	Repercussió de l'escurçament de la musculatura isquiosural en el raquis	64
1.8.	Test de valoració de l'extensibilitat de la musculatura isquiosural	66
1.8.1.	Els tests angulars	66
1)	<i>Elevació de la cama recta</i>	66
2)	<i>Angle popliti</i>	68
3)	<i>Angle lumbo-horitzontal en flexió</i>	70
4)	<i>Angle lumbo-vertical</i>	71
1.8.2.	Els tests lineals.....	72
1)	<i>Distància dits-peus</i>	72
2)	<i>Distància dits-sòl</i>	73
3)	<i>Distància dits-peus unilateral</i>	73
4)	<i>Distància dits-peus protegint esquena</i>	74
5)	<i>Distància dits-peus en "V"</i>	74
1.9.	Test de mobilitat en el pla sagital de la columna lumbar.....	79
1.9.1.	Test de Schöber	79
1.9.2.	Test d'extensió lumbar.....	80
1.10.	Mesures mitjançant radiografia de les repercussions de la rigidesa de la musculatura isquiosural a nivell de la columna lumbar i la pelvis.....	80
1.11.	Mesures mitjançant electromiografia de superfície per valorar les compensacions de la musculatura lumbar i glútia en el test de fatiga de Sorensen	82
1.11.1.	Utilització de l'Electromiografia de Superfície	83

1.11.1.1.	<i>Amplitud del senyal EMG</i>	85
1.11.1.2.	<i>Espectre de freqüències del senyal EMG</i>	86
1.11.2.	Electromiografia de Superfície i dolor lumbar	90
1.12.	Test de Biering-Sorensen	92
1.13.	Valoració de la discapacitat que produeix una lumbàlgia inespecífica mitjançant el qüestionari de Roland-Morris	94
2.	JUSTIFICACIÓ	97
3.	HIPÒTESI I OBJECTIUS	105
3.1.	Hipòtesis	107
3.2.	Objectius	107
3.2.1.	Objectius principals	107
3.2.2.	Objectius secundaris	107
4.	MATERIAL I MÈTODES	109
4.1.	Disseny d'un programa de millora de la flexibilitat de la musculatura isquiosural en jugadors d'handbol	111
4.1.1.	Recerca bibliogràfica dels estiraments musculars	112
4.1.2.	Validació per experts a través del mètode Delphi del programa de flexibilització de la musculatura isquiosural	114
4.1.2.1.	<i>Descripció del mètode Delphi</i>	115
4.1.2.2.	<i>Etaques del mètode Delphi</i>	116
4.1.2.2.1.	<i>Primera etapa: Formulació del problema</i>	116
4.1.2.2.2.	<i>Segona etapa: Elecció dels experts</i>	116
4.1.2.2.3.	<i>Tercera etapa: Elaboració i presentació dels qüestionaris</i>	118
4.1.2.2.4.	<i>Quarta etapa: Desenvolupament pràctic i deducció dels resultats</i>	118
4.2.	Avaluació del programa d'estiraments d'isquiosurals en jugadors d'handbol	120
4.2.1.	Tipus d'estudi	120
4.2.2.	Població	120
4.2.3.	Criteris d'inclusió, exclusió i de sortida de l'estudi	120
4.2.4.	Mostra	121
4.2.5.	Grups d'estudi	121
4.2.6.	Variables d'estudi	122
4.2.7.	Procediment de mesura	124
A.	Mesures antropomètriques	124
B.	Valoració de la flexibilitat de la musculatura isquiosural	126

C. Mesura de la mobilitat de la columna lumbar	129
D. Exploració radiològica	131
E. Registre electromiogràfic.....	135
(1) Protocol de registre.....	135
(2) Etapes d'una sessió de registre d'electromiografia	137
(3) Ubicació dels elèctrodes	138
(4) Protocols de les proves electromiogràfiques	144
(5) Processat dels registres electromiogràfics	148
(5). 1. Registres CVM o CVIM.....	149
(5). 1.1. Obtenció de l'amplitud mitjana de RMS d'activació dels diferents músculs en CVIM per a cada individu i sessió	149
(5). 1. 2. Obtenció de l'activitat basal mitjana i de la desviació estàndard dels diferents músculs per a cada individu i sessió	150
(5). 2. Registre Test de Sorensen	151
(5). 2. 1. Obtenció del temps d'activació-inactivació (on-off) i de la durada del test Sorensen per a cada individu i sessió	151
(5). 2. 2. Obtenció de l'amplitud mitjana absoluta de RMS d'activació dels diferents músculs durant l'execució del test per a cada individu i sessió	153
(5). 2. 3. Obtenció de l'amplitud mitjana normalitzada de RMS d'activació dels diferents músculs durant l'execució del test per a cada individu i sessió	154
(5). 2. 4. Obtenció del pendent de la línia de regressió de la freqüència mediana normalitzada respecte a la intersecció.	154
F. Valoració de la discapacitat física	156
G. Valoració del dolor	157
4.2.8. Descripció de la intervenció i seguiment.....	157
4.2.8.1. <i>Primera fase de l'estudi</i>	158
4.2.8.2. <i>Segona fase de l'estudi</i>	159
4.2.8.3. <i>Tercera fase de l'estudi</i>	160
4.2.9. Anàlisi estadístic.....	160
4.2.10. Consideracions ètiques	162
5. RESULTATS.....	163
5.1. Resultats del disseny d'un programa de flexibilització de la musculatura isquiosural.....	165
5.1.1. Descripció del programa d'estiraments inicial.....	165

5.1.2.	Valoració pel Comitè d'Experts mitjançant el mètode Delphi del programa d'estiraments.....	166
5.1.3.	Descripció del programa d'estiraments definitiu	181
5.2.	Resultats de l'avaluació del programa de flexibilització de la musculatura isquiosural	186
5.2.1.	Característiques socio-demogràfiques i antropomètriques dels individus d'estudi	192
5.2.2.	Tests angulars i lineal de flexibilitat	201
5.2.3.	Test de mobilitat vertebral en el pla sagital	219
5.2.4.	Resultats radiològics	227
5.2.5.	Test Roland-Morris	247
5.2.6.	Escala analògica del dolor	252
5.2.7.	Electromiografia de superfície	256
5.2.7.1.	<i>Paràmetres d'activació de l'Electromiografia de Superfície (EMGS)</i>	<i>256</i>
5.2.7.2.	<i>Paràmetres de fatiga de l'Electromiografia de Superfície (EMGS)</i>	<i>277</i>
5.2.7.3.	<i>Paràmetres de duració del test de Sorensen.....</i>	<i>310</i>
6.	DISCUSSIÓ.....	315
6.1.	Disseny del programa de flexibilització de la musculatura isquiosural	317
6.2.	Avaluació del programa de flexibilització de la musculatura isquitibial.....	320
6.2.1.	Modificació de la flexibilització dels isquiosurals	320
6.2.2.	Incidència en la mobilitat lumbar en el pla sagital.....	324
6.2.3.	Repercussió sobre la posició lumbo-pelviana valorada a través dels angles radiològics	325
6.2.4.	Influència sobre la discapacitat i la percepció de dolor.....	328
6.2.5.	Repercussió sobre l'activació i fatiga muscular	328
6.2.6.	Acompliment del programa de flexibilització.....	332
7.	CONCLUSIONS	335
8.	LIMITACIONS DE L'ESTUDI I LÍNIES DE FUTUR.	339
7.1.	Augment de la mostra d'estudi	341
7.2.	Comparativa de poblacions d'esportistes.....	342
7.3.	Altres poblacions d'estudi	342
7.4.	Prevenició lesional amb l'objectiu de millora en el rendiment esportiu.....	343
7.5.	Profunditzar en els diferents tipus d'entrenament i posició de joc	343

7.6.	Ampliació del rang temporal i tipus d'anàlisi radiològic	343
7.7.	Noves visions electromiogràfiques	344
9.	BIBLIOGRAFIA	347
10.	ANNEXOS	373
1.	Protocol radiològic seguit	375
2.	Programa de flexibilització de la musculatura isquiosural (versió inicial).....	378
3.	Carta de presentació del Qüestionari 1	382
4.	Qüestionari 1.....	384
5.	Carta de presentació del Qüestionari 2	386
6.	Qüestionari 2.....	387
7.	Carta de presentació del Qüestionari 3	390
8.	Qüestionari 3.....	391
9.	Carta de presentació del Qüestionari 4	393
10.	Qüestionari 4.....	394
11.	Qüestionari Roland-Morris i Escala Analògica del Dolor.....	396
12.	Carta de sol·licitud per a l'avaluació del projecte de tesi al Comitè d'Ètica d'Investigacions Clíniques de l'Administració Esportiva de Catalunya.....	397
13.	Certificat de Col·laboració amb el Futbol Club Barcelona.....	398
14.	Consentiment informat pels pares o tutors	399
15.	Assentiment del menor.....	401
16.	Carta d'aprovació del Comitè d'Ètica d'Investigacions Clíniques de l'Administració Esportiva de Catalunya	402
17.	Full de control de seguiment del programa d'estiraments.....	404
18.	Algoritme de càlcul del temps d'activació i de les amplituds mitjanes RMS normalitzades.....	405

ÍNDIX DE FIGURES:

Figura 1.	Bíceps Femoral porció dreta.....	6
Figura 2.	Bíceps Femoral porció curta dreta.....	8
Figura 3.	Nervi ciàtic.	10
Figura 4.	Semitendinós	12
Figura 5.	Semimembranós dret.....	14
Figura 6.	Articulació coxo-femoral de perfil.....	16
Figura 7.	Inclinació anterior de la pelvis.....	17
Figura 8.	Inclinació posterior de la pelvis.....	17
Figura 9.	Components sensitius del múscul.	19
Figura 10.	Reflex miotàtic.	20
Figura 11.	Reflex miotàtic invers.....	21
Figura 12.	Ultraestructura del sarcòmer.	22
Figura 13.	Proteïnes estructurals del sarcòmer.	23
Figura 14.	Model mecànic de Hill.....	24
Figura 15.	Corva de tracció/deformació d'un cos homogeni.	29
Figura 16.	Classificació segons Esnault i Cahors.....	55
Figura 17.	Comportament miotendinós.....	60
Figura 18.	Lumbosant.	67
Figura 19.	Test d'Elevació de la Cama Recta.....	68
Figura 20.	Mesura de l'angle popliti.	69
Figura 21.	Mesura de l'angle de flexió lumbo-horitzontal	71
Figura 22.	Distància dits-peus unilateral.....	73
Figura 23.	Distància dits-peus protegint esquena.....	74
Figura 24.	Distància dits-peus en "V".....	75
Figura 25.	Factors del senyal EMG.....	84
Figura 26.	Paràmetres del senyal EMG.....	85
Figura 27.	Esquema explicatiu de les modificacions de l'espectre de freqüències del senyal EMG durant una contracció sostinguda.	88
Figura 28.	Característiques de la recta de regressió de la freqüència mediana: pendent i intersecció.	89
Figura 29.	Planificació seguida segons el mètode Delphi.	119

Figura 30.	Grups d'estudi del projecte i la seva relació amb l'entrenament específic de tecnificació i el programa de flexibilització de la musculatura isquiosural.	122
Figura 31.	Mesura de l'angle d'ECR	127
Figura 32.	Mesura de l'AKE	128
Figura 33.	Obtenció de l'angle lumbo-horitzontal en flexió	128
Figura 34.	Test distància-dits-peus clàssic	129
Figura 35.	Test de Schöber modificat-modificat.	130
Figura 36.	Test d'extensió del segment lumbar	131
Figura 37.	Mesura de l'angle de Cobb lumbar (AC) frontal.	132
Figura 38.	Mesura de l'angle d'inclinació sacra horitzontal (ASH).....	132
Figura 39.	Mesura de l'angle d'inclinació sacra vertical (ASV).	133
Figura 40.	Mesura de l'angle lumbo-sacre (ALS).....	133
Figura 41.	Mesura de l'angle de lordosi lumbar (ALL).	134
Figura 42.	Mesura de l'angle de cifosi lumbo-sacra (ACLS).....	134
Figura 43.	Localització Erector Spinae.	139
Figura 44.	Col·locació dels elèctrodes per l'Erector Spinae.	139
Figura 45.	Localització Multifídis.	140
Figura 46.	Localització del Gluteus Maximus.....	142
Figura 47.	Col·locació dels elèctrodes per Gluteus Maximus.	142
Figura 48.	Localització Semitendinosus.....	143
Figura 49.	Col·locació dels elèctrodes pel Semitendinosus	143
Figura 50.	Col·locació dels elèctrodes en el pacient pel semitendinós.	143
Figura 51.	Col·locació dels elèctrodes en el pacient d'erectors, multífids i gluti major....	143
Figura 52.	Col·locació dels elèctrodes pels 8 canals de l'electromiògraf de superfície.....	144
Figura 53.	Test de Biering-Sorensen	147
Figura 54.	Diagrama del procés d'obtenció de l'amplitud mitjana de RMS de les CVIM	150
Figura 55.	Diagrama del procés d'obtenció del valor llindar d'activació	151
Figura 56.	Diagrama del procés d'obtenció del temps d'activació-inactivació (on-off) i de la durada del test Biering-Sorensen	152
Figura 57.	Diagrama del procés d'obtenció de l'amplitud mitjana absoluta d'activació d'un múscul durant el test de Biering-Sorensen	153

Figura 58.	Diagrama del procés d'obtenció del pendent de la freqüència mediana normalitzada respecte a la intersecció durant l'execució del test de Biering-Sorensen	156
Figura 59.	Gràfic de línies del qüestionari 1 segons experts.....	167
Figura 60.	Freqüències de resposta dels experts, qüestionari 1	169
Figura 61.	Gràfic de línies del qüestionari 3 segons experts.....	171
Figura 62.	Freqüències de resposta dels experts, qüestionari 3	173
Figura 63.	Gràfics de quartils dels qüestionaris 1 i 3 de les preguntes P1 a P8	177
Figura 64.	Gràfics de quartils dels qüestionaris 1 i 3 de les preguntes P9 a P16	178
Figura 65.	Gràfics de quartils dels qüestionaris 1 i 3 de les preguntes P17 a P24	179
Figura 66.	Gràfics de quartils dels qüestionaris 1 i 3 de les preguntes P25 a P32	180
Figura 67.	Gràfics de quartils dels qüestionaris 1 i 3 de les preguntes P33 a P34	181
Figura 68.	“Escalfament” de la versió definitiva del programa de flexibilitat de la musculatura isquiosural	184
Figura 69.	“Tornada a la calma” de la versió definitiva del programa de flexibilitat de la musculatura isquiosural	185
Figura 70.	Perfil de la mostra	187
Figura 71.	Representació del percentatge del tipus d'entrenament realitzat pel grup de tecnificació.	188
Figura 72.	Representació del percentatge del tipus d'entrenament realitzat pel grup de tarda.....	189
Figura 73.	Percentatge de més d'entrenament dels grups C i MT vs T	189
Figura 74.	Distribució del 82% de més d'entrenaments del grup de tecnificació.	190
Figura 75.	Percentatge d'assistència a les sessions d'entrenament del grup C	190
Figura 76.	Percentatge d'assistència a les sessions d'entrenament del grup T.....	191
Figura 77.	Percentatge d'assistència a les sessions d'entrenament del grup MT.....	191
Figura 78.	Gràfic de la mitjana \pm E.E. del pes (kg) segons grup d'estudi.....	196
Figura 79.	Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment d'alçada (m) segons grup d'estudi.....	196
Figura 80.	Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment d'IMC (kg/m ²) segons grup d'estudi.....	197
Figura 81.	Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment d'envergadura (cm) segons grup d'estudi.....	197
Figura 82.	Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de longitud real de tronc (cm) segons grup d'estudi.....	198

Figura 83.	Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'extremitat superior dreta (cm) segons grup d'estudi.....	198
Figura 84.	Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'extremitat superior esquerra (cm) segons grup d'estudi	199
Figura 85	Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'extremitat superior dreta; EIASd vs mal·lèol intern dret (cm) segons grup d'estudi.....	199
Figura 86.	Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'extremitat superior esquerra; EIASE vs mal·lèol intern esquerre (cm) segons grup d'estudi	200
Figura 87.	Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'extremitat superior dreta; trocànter dret vs mal·lèol extern dret (cm) segons grup d'estudi	200
Figura 88.	Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'extremitat superior esquerra; trocànter esquerre vs mal·lèol extern esquerre (cm) segons grup d'estudi.....	201
Figura 89.	Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment del test d'Elevació de la Cama Recta (ECR) dreta ($^{\circ}$) segons grup d'estudi	205
Figura 90.	Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment del test d'Elevació de la Cama Recta (ECR) esquerra ($^{\circ}$) segons grup d'estudi	206
Figura 91.	Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'angle popliti (AKE) dret ($^{\circ}$) segons grup d'estudi.....	206
Figura 92.	Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'angle popliti (AKE) esquerre ($^{\circ}$) segons grup d'estudi.....	207
Figura 93.	Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'angle lumbo-horitzontal en flexió (LHfx) ($^{\circ}$) segons grup d'estudi.....	207
Figura 94.	Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de la Distància Dits-Peus (DDP) (cm) segons grup d'estudi.....	208
Figura 95.	Valors individuals ECR ($^{\circ}$) del grup C; basal vs final.	208
Figura 96.	Valors individuals ECR ($^{\circ}$) del grup T; basal vs final.	209
Figura 97.	Valors individuals ECR ($^{\circ}$) del grup MT; basal vs final.	209
Figura 98.	Valors individuals AKE ($^{\circ}$) del grup C; basal vs final.	210
Figura 99.	Valors individuals AKE ($^{\circ}$) del grup T; basal vs final.....	211
Figura 100.	Valors individuals AKE($^{\circ}$) del grup MT; basal vs final.....	211
Figura 101.	Valors individuals LHfx ($^{\circ}$) del grup C; basal vs final.	212
Figura 102.	Valors individuals LHfx ($^{\circ}$) del grup T; basal vs final.....	212
Figura 103.	Valors individuals LHfx ($^{\circ}$) del grup MT; basal vs final.....	213
Figura 104.	Valors individuals DDP (cm) del grup C; basal vs final.	213
Figura 105.	Valors individuals DDP (cm) del grup T; basal vs final.....	214

Figura 106. Valors individuals DDP (cm) del grup MT; basal vs final	214
Figura 107. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment del test Schöber (cm) segons grup d'estudi	222
Figura 108. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment del test d'extensió (cm) segons grup d'estudi	222
Figura 109. Valors individuals del test de Schöber (cm) del grup C; basal vs final.....	223
Figura 110. Valors individuals del test de Schöber (cm) del grup T; basal vs final.	224
Figura 111. Valors individuals del test de Schöber (cm) del grup MT; basal vs final.	224
Figura 112. Valors individuals del test d'extensió (cm) del grup C; basal vs final.	225
Figura 113. Valors individuals del test d'extensió (cm) del grup T; basal vs final.	225
Figura 114. Valors individuals del test d'extensió (cm) del grup MT; basal vs final.	226
Figura 115. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment d'angle de Cobb (AC) ($^{\circ}$) segons grup d'estudi.....	231
Figura 116. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'angle lumbo-sacre (ALS) ($^{\circ}$) segons grup d'estudi.....	231
Figura 117. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'angle d'inclinació sacre-horitzontal (ASH) ($^{\circ}$) segons grup d'estudi	232
Figura 118. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'angle d'inclinació sacre-vertical (ASV) ($^{\circ}$) segons grup d'estudi.....	232
Figura 119. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'angle de cifosi lumbo-sacra (ACLS) ($^{\circ}$) segons grup d'estudi.....	233
Figura 120. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'angle de lordosi lumbar (ALL) ($^{\circ}$) segons grup d'estudi	233
Figura 121. Valors individuals AC frontal ($^{\circ}$) del grup C; basal vs final.	234
Figura 122. Valors individuals AC frontal ($^{\circ}$) del grup T; basal vs final.	234
Figura 123. Valors individuals AC frontal ($^{\circ}$) del grup MT; basal vs final.	235
Figura 124. Valors individuals ALS frontal ($^{\circ}$) del grup C; basal vs final.....	235
Figura 125. Valors individuals ALS frontal ($^{\circ}$) del grup T; basal vs final.	236
Figura 126. Valors individuals ALS frontal ($^{\circ}$) del grup MT; basal vs final.	236
Figura 127. Valors individuals ASH frontal ($^{\circ}$) del grup C; basal vs final.	237
Figura 128. Valors individuals ASH frontal ($^{\circ}$) del grup T; basal vs final.	237
Figura 129. Valors individuals ASH frontal ($^{\circ}$) del grup MT; basal vs final.	238
Figura 130. Valors individuals ASV frontal ($^{\circ}$) del grup C; basal vs final.	238
Figura 131. Valors individuals ASV frontal ($^{\circ}$) del grup T; basal vs final.....	239
Figura 132. Valors individuals ASV frontal ($^{\circ}$) del grup MT; basal vs final.....	239
Figura 133. Valors individuals ACLS frontal ($^{\circ}$) del grup C; basal vs final.	240

Figura 134. Valors individuals ACLS frontal (°) del grup T; basal vs final.....	240
Figura 135. Valors individuals ACLS frontal (°) del grup MT; basal vs final.	241
Figura 136. Valors individuals ALL frontal (°) del grup C; basal vs final.	241
Figura 137. Valors individuals ALL frontal (°) del grup T; basal vs final.....	242
Figura 138. Valors individuals ALL frontal (°) del grup MT; basal vs final.....	242
Figura 139. Gràfic de la mitjana ± E.E. de l'increment del test de Roland-Morris segons grup d'estudi.....	249
Figura 140. Valors individuals RM del grup C; basal vs final.	250
Figura 141. Valors individuals RM del grup T; basal vs final.	250
Figura 142. Valors individuals RM del grup MT; basal vs final.	251
Figura 143. Gràfic de la mitjana ± E.E. de l'increment de l'escala analògica del dolor (EVA) segons grup d'estudi (cm).	253
Figura 144. Valors individuals EVA (cm) del grup C; basal vs final.	254
Figura 145. Valors individuals EVA (cm) del grup T; basal vs final	255
Figura 146. Valors individuals EVA (cm) del grup MT; basal vs final.	255
Figura 147. Gràfic de la mitjana ± E.E. de l'increment d'activació del múscul Erector Espilal dret segons grup d'estudi (%CVIM).	260
Figura 148. Gràfic de la mitjana ± E.E. de l'increment d'activació del múscul Erector Espinal esquerre segons grup d'estudi (%CVIM).	261
Figura 149. Gràfic de la mitjana ± E.E. de l'increment d'activació del múscul Multifid dret segons grup d'estudi (%CVIM).	261
Figura 150. Gràfic de la mitjana ± E.E. de l'increment d'activació del múscul Multifid esquerre segons grup d'estudi (%CVIM).	262
Figura 151. Gràfic de la mitjana ± E.E. de l'increment d'activació del múscul Gluti Major dret segons grup d'estudi (%CVIM).	262
Figura 152. Gràfic de la mitjana ± E.E. de l'increment d'activació del múscul Gluti Major esquerre segons grup d'estudi (%CVIM).	263
Figura 153. Gràfic de la mitjana ± E.E. de l'increment d'activació del múscul Semitendinós dret segons grup d'estudi (%CVIM).	263
Figura 154. Gràfic de la mitjana ± E.E. de l'increment d'activació del múscul Semitendinós esquerre segons grup d'estudi (%CVIM).	264
Figura 155. Valors individuals EEd del grup C; basal vs final (%CVIM).	265
Figura 156. Valors individuals EEd del grup T; basal vs final (%CVIM).	265
Figura 157. Valors individuals EEd del grup MT; basal vs final (%CVIM).	266
Figura 158. Valors individuals EEe del grup C; basal vs final (%CVIM).	266
Figura 159. Valors individuals EEe del grup T; basal vs final (%CVIM).	267

Figura 160. Valors individuals EEe del grup MT; basal vs final (%CVIM).	267
Figura 161. Valors individuals Md del grup C; basal vs final (%CVIM).	268
Figura 162. Valors individuals Md del grup T; basal vs final (%CVIM).	268
Figura 163. Valors individuals Md del grup MT; basal vs final (%CVIM).	269
Figura 164. Valors individuals Me del grup C; basal vs final (%CVIM).	269
Figura 165. Valors individuals Me del grup T; basal vs final (%CVIM).	270
Figura 166. Valors individuals Me del grup MT; basal vs final (%CVIM).	270
Figura 167. Valors individuals GMd del grup C; basal vs final (%CVIM).	271
Figura 168. Valors individuals GMd del grup T ; basal vs final (%CVIM).	271
Figura 169. Valors individuals GMd del grup MT; basal vs final (%CVIM).	272
Figura 170. Valors individuals GMe del grup C; basal vs final (%CVIM).	272
Figura 171. Valors individuals GMe del grup T; basal vs final (%CVIM).	273
Figura 172. Valors individuals GMe del grup MT; basal vs final (%CVIM).	273
Figura 173. Valors individuals STd del grup C; basal vs final (%CVIM).	274
Figura 174. Valors individuals STd del grup T; basal vs final (%CVIM).	274
Figura 175. Valors individuals STd del grup MT; basal vs final (%CVIM).	275
Figura 176. Valors individuals STe del grup C; basal vs final (%CVIM).	275
Figura 177. Valors individuals STe del grup T; basal vs final (%CVIM).	276
Figura 178. Valors individuals STe del grup MT; basal vs final (%CVIM).	276
Figura 179. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de fatiga del múscul Erector Espinal dret segons grup d'estudi (% FM inicial).	281
Figura 180. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de fatiga del múscul Erector Espinal esquerre segons grup d'estudi (% FM inicial).	281
Figura 181. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de fatiga del múscul Multifid dret segons grup d'estudi (% FM inicial).	282
Figura 182. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de fatiga del múscul Multifid esquerre segons grup d'estudi (% FM inicial).	282
Figura 183. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de fatiga del múscul Gluti Major dret segons grup d'estudi (% FM inicial).	283
Figura 184. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de fatiga del múscul Gluti Major esquerre segons grup d'estudi (% FM inicial).	283
Figura 185. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de fatiga del múscul Semitendinós dret segons grup d'estudi (% FM inicial).	284
Figura 186. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de fatiga del múscul Semitendinós esquerre segons grup d'estudi (% FM inicial).	284

Figura 187. Gràfics individuals de la freqüència mediana de l'Erector Espinal dret (EEd) segons temps del grup C; basal vs final.	286
Figura 188. Gràfics individuals de la freqüència mediana de l'Erector Espinal dret (EEd) segons temps del grup T; basal vs final.	287
Figura 189. Gràfics individuals de la freqüència mediana de l'Erector Espinal dret (EEd) segons temps del grup MT; basal vs final.	288
Figura 190. Gràfics individuals de la freqüència mediana de l'Erector Espinal esquerre (EEe) segons temps del grup C; basal vs final.	289
Figura 191. Gràfics individuals de la freqüència mediana de l'Erector Espinal esquerre (EEe) segons temps del grup T; basal vs final.	290
Figura 192. Gràfics individuals de la freqüència mediana de l'Erector Espinal esquerre (EEe) segons temps del grup MT; basal vs final.	291
Figura 193. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Mutífid dret (Md) segons temps del grup C; basal vs final.	292
Figura 194. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Mutífid dret (Md) segons temps del grup T; basal vs final.	293
Figura 195. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Mutífid esquerre (Me) segons temps del grup MT; basal vs final.	294
Figura 196. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Mutífid esquerre (Me) segons temps del grup C; basal vs final.	295
Figura 197. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Mutífid esquerre (Me) segons temps del grup T; basal vs final.	296
Figura 198. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Mutífid esquerre (Me) segons temps del grup MT; basal vs final.	297
Figura 199. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Gluti Major dret (GMd) segons temps del grup C; basal vs final.	298
Figura 200. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Gluti Major dret (GMd) segons temps del grup T; basal vs final.	299
Figura 201. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Gluti Major dret (GMd) segons temps del grup MT; basal vs final.	300
Figura 202. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Gluti Major esquerre (GMe) segons temps del grup C; basal vs final.	301
Figura 203. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Gluti Major esquerre (GMe) segons temps del grup T; basal vs final.	302
Figura 204. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Gluti Major esquerre (GMe) segons temps del grup MT; basal vs final.	303

Figura 205. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Semitendinós dret (STd) segons temps del grup C; basal vs final.	304
Figura 206. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Semitendinós dret (STd) segons temps del grup T; basal vs final.	305
Figura 207. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Semitendinós dret (STd) segons temps del grup MT; basal vs final.	306
Figura 208. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Semitendinós esquerre (STe) segons temps del grup C; basal vs final.	307
Figura 209. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Semitendinós esquerre (STe) segons temps del grup T; basal vs final.	308
Figura 210. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Semitendinós esquerre (STe) segons temps del grup MT; basal vs final.	309
Figura 211. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de temps del test Sorensen segons grup d'estudi (s).	311
Figura 212. Valors individuals de la duració del test de fatiga Biering-Sorensen (s) del grup C; basal vs final.	312
Figura 213. Valors individuals de la duració del test de fatiga Biering-Sorensen (s) del grup T; basal vs final.	312
Figura 214. Valors individuals de la duració del test de fatiga Biering-Sorensen (s) del grup MT ; basal vs final.	313

ÍNDEX DE TAULES:

Taula 1.	Classificació de les lesions musculars.	32
Taula 2.	Incidència lesional segons localització.	43
Taula 3.	Incidència lesional segons estructures afectades.	43
Taula 4.	Incidència lesional dels grups musculars de les EEII.	43
Taula 5.	Gravetat de la lesió segons els dies de baixa.	44
Taula 6.	Estudis que defineixen la incidència lesional i els patrons lesionals en jugadors d'handbol.	47
Taula 7.	Classificació dels esports segons la seva repercussió vertebral.	46
Taula 8.	Temps de les tècniques neuromusculars CRE.	58
Taula 9.	Avantatges i inconvenients dels estiraments.	61
Taula 10.	Valors de referència de l'extensibilitat isquiosural d'ECR, DDP i DDS.	68
Taula 11.	Intervals de normalitat i escurçament d'AKE, LHfx i Lv.	70
Taula 12.	Avantatges i inconvenients d'ECR, AKE, LHfx i Lv.	77
Taula 13.	Relació d'identificació del canal EMGS amb el múscul enregistrar.	136
Taula 14.	Proves d'electromiografia de superfície per individu en una sessió de registre.	137
Taula 15.	Col·locació dels elèctrodes pels Erector Spinae.	139
Taula 16.	Col·locació dels elèctrodes pel Multifidus.	140
Taula 17.	Col·locació dels elèctrodes pel Gluteus Maximus.	141
Taula 18.	Col·locació dels elèctrodes pel Semitendinosus.	142
Taula 19.	Protocol del registre de la CVIM dels paravertebrals.	144
Taula 20.	Protocol del registre de la CVIM dels glutis majors.	145
Taula 21.	Protocol del registre de la CVIM dels semitendinosos.	146
Taula 22.	Protocol del registre del Test de Biering-Sorensen.	147
Taula 23.	Freqüències de resposta dels experts, qüestionari 1.	168
Taula 24.	Freqüències de resposta dels experts, qüestionari 3.	172
Taula 25.	Estadístics descriptius del qüestionari 1 i 3.	174
Taula 26.	Estadístics descriptius de les variables socio-demogràfiques i antropomètriques en la mesura basal.	192
Taula 27.	Comparació entre els grups d'intervenció de les variables socio-demogràfiques i antropomètriques en la mesura basal.	193

Taula 28. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal de les variables antropomètriques.....	194
Taula 29. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal de les variables antropomètriques.	195
Taula 30. Estadístics descriptius de les variables de flexibilitat en la mesura basal.	202
Taula 31. Comparació entre els grups d'intervenció de les variables de flexibilitat en la mesura basal.	202
Taula 32. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal de les variables de flexibilitat.	204
Taula 33. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal de les variables de flexibilitat.	204
Taula 34. δ -Cohen de l'increment de les variables flexibilitat.	204
Taula 35. ANCOVA de l'increment de les variables de flexibilitat amb covariables antropomètriques.....	215
Taula 36. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment d'Elevació de la Cama Recta (ECR) dreta (⁰) i increment de les variables de flexibilitat.....	217
Taula 37. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment d'Elevació de la Cama Recta (ECR) esquerra (⁰) i increment de les variables de flexibilitat.....	218
Taula 38. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment de l'angle popliti (AKE) dret (⁰) i increment de les variables de flexibilitat	218
Taula 39. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment de l'anlge popliti (AKE) esquerra (⁰) i increment de les variables de flexibilitat	218
Taula 40. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment de la Distància Dits-Peus (DDP) (⁰) i increment de les variables de flexibilitat.....	219
Taula 41. Estadístics descriptius de les variables de mobilitat vertebral en el pla sagital en la mesura basal.....	219
Taula 42. Comparació entre els grups d'intervenció de les variables de mobilitat vertebral en el pla sagital en la mesura basal.	220
Taula 43. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal de les variables de mobilitat vertebral en el pla sagital.	221
Taula 44. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal de les variables de mobilitat vertebral en el pla sagital.	221
Taula 45. δ -Cohen de l'increment de les variables de mobilitat vertebral en el pla sagital.	221
Taula 46. ANCOVA de l'increment de les variables de mobilitat vertebral en el pla sagital amb covariables antropomètriques.....	226

Taula 47. Estadístics descriptius de les variables radiològiques (⁰) en la mesura basal.	227
Taula 48. Comparació entre els grups d'intervenció de les variables radiològiques (⁰) en la mesura basal.	228
Taula 49. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal de les variables radiològiques (⁰).	229
Taula 50. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal de les variables radiològiques (⁰).	230
Taula 51. δ -Cohen de l'increment de les variables radiològiques (⁰).	230
Taula 52. ANCOVA de l'increment de les variables radiològiques (⁰) amb covariables antropomètriques.	243
Taula 53. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment de l'angle de Cobb (AC) i increment de les variables radiològiques (⁰).	245
Taula 54. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment de l'angle lumbo-sacre (ALS) i increment de les variables radiològiques (⁰).	246
Taula 55. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment de l'angle d'inclinació sacre-horitzontal (ASH) i increment de les variables radiològiques (⁰).	246
Taula 56. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment de l'angle d'inclinació sacre-vertical (ASV) i increment de les variables radiològiques (⁰).	247
Taula 57. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment de l'angle de cifosi lumbo-sacre (ACLS) i increment de les variables radiològiques (⁰).	247
Taula 58. Estadístics descriptius de les variables del test de Roland-Morris en la mesura basal.	248
Taula 59. Comparació entre els grups d'intervenció de les variables del test de Roland-Morris en la mesura basal.	248
Taula 60. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal de les variables del test de Roland-Morris.	248
Taula 61. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal de les variables del test de Roland-Morris.	249
Taula 62. δ -Cohen de l'increment del test Roland-Morris.	249
Taula 63. ANCOVA de l'increment del test Roland-Morris amb covariables antropomètriques.	251
Taula 64. Estadístics descriptius del dolor percebut en la mesura basal (cm).	252
Taula 65. Comparació entre els grups d'intervenció del dolor percebut en la mesura basal (cm).	252

Taula 66. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal de les variables del dolor percebut (cm).	253
Taula 67. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal del dolor percebut (cm).....	253
Taula 68. δ -Cohen de l'increment del dolor percebut (cm).	253
Taula 69. ANCOVA de l'increment del dolor percebut (cm) amb covariables antropomètriques.....	256
Taula 70. Estadístics descriptius de les variables d'activació d'EMGS (%CVIM) en la mesura basal durant l'execució del test Sorensen.....	257
Taula 71. Comparació entre els grups d'intervenció de les variables d'activació de l'EMGS (%CVIM) en la mesura basal durant l'execució del test Sorensen.....	258
Taula 72. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal de les variables d'activació de l'EMGS (%CVIM) durant el test de Sorensen.	259
Taula 73. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal de les variables d'activació de l'EMGS (%CVIM) durant el test Sorensen.	259
Taula 74. δ -Cohen de l'increment de les variables d'activació de l'EMGS (%CVIM) durant el test Sorensen.	260
Taula 75. Estadístics descriptius de les variables de fatiga de l'EMGS en la mesura basal (% FM inicial).	278
Taula 76. Comparació entre els grups d'intervenció de les variables de fatiga de l'EMGS en la mesura basal (% FM inicial).	279
Taula 77. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal de les variables de fatiga de l'EMGS (% FM inicial).	279
Taula 78. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal de les variables de fatiga de l'EMGS (% FM inicial).	280
Taula 79. δ -Cohen de l'increment de les variables de fatiga de l'EMGS (% FM inicial). ...	280
Taula 80. Estadístics descriptius del temps de duració del test Sorensen en la mesura basal	310
Taula 81. Comparació entre els grups d'intervenció del temps de duració del test Sorensen en la mesura basal	310
Taula 82. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal del temps de duració del test Sorensen.....	310
Taula 83. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal del temps de duració del test Sorensen	311
Taula 84. δ -Cohen de l'increment de duració entre final i basal del test de Sorensen.	311

ÍNDEX D'EQUACIONS:

Equació 1. Root Mean Square.....	149
Equació 2. Càlcul del valor llindar.....	151
Equació 3. Root Mean Square suavitzat	152
Equació 4. Càlcul de l'amplitud mitjana normalitzada (an) respecte a la CVIM	154
Equació 5. Transformada Ràpida de Fourier.....	154
Equació 6. Càlcul de la freqüència mediana	155
Equació 7. Recta de regressió de la freqüència mediana	155

RESUM

La pràctica esportiva de l'handbol pot tenir com a conseqüència directa l'escurçament de la musculatura isquiosural. Aquest efecte, de retruc, pot afectar a l'estructura osteo-muscular de la zona lumbo-pelviana del jugador esdevenint un factor de risc de diferents situacions patològiques: l'encunyament anterior dels cossos vertebrals, l'espondilòlisi, l'espondilolistesi, hèrnies discals lumbar i l'aparició del dolor.

Un possible tractament preventiu d'aquest problema pot ser l'aplicació d'un programa de flexibilització isquiosural diari durant l'escalfament i en l'etapa final de l'entrenament que aconseguixi normalitzar la regió lumbo-pelviana. És per això que es planteja el disseny d'un programa d'estiraments adaptat a l'handbol, basat en la tècnica d'estirament actiu en tensió activa en l'escalfament i d'*Stretching* en la tornada a la calma.

Pel disseny d'aquest programa de treball s'ha realitzat una revisió bibliogràfica sobre l'aplicació de diferents programes de flexibilització en el món de l'esport per, a posteriori, consultar a un comitè d'experts mitjançant el mètode Delphi per fer-ne la seva avaluació.

Aquest programa s'aplicà durant la temporada 2013-14 en l'equip juvenil de tecnificació del Futbol Club Barcelona (12 jugadors), al que s'han afegit 6 jugadors més de la mateixa categoria. El disseny de l'estudi, basat en un assaig clínic aleatori, es va estructurar en tres grups: un grup d'aplicació del programa de flexibilització proposat; format per 6 individus amb tecnificació (grup MT) i 6 individus que el complementaven de la mateixa categoria (grup T), i un grup control; format per 6 individus del programa de tecnificació (grup C), sense aplicació del programa de flexibilització.

Es van avaluar: variables antropomètriques, d'exploració de la flexibilitat de la musculatura isquiosural, de mobilitat del tronc, discapacitat física, presència de dolor lumbar, paràmetres radiològics i electromiogràfics per determinar l'efecte de l'aplicació del programa d'estiraments sobre la regió lumbo-pelviana.

Es van mesurar les diferències entre els tres grups mitjançant l'increment de les mitjanes de les variables estudiades amb la prova d'*U de Mann-Whitney* i, per avaluar la magnitud de l'efecte, calculant la δ de *Cohen*.

Després de 6 mesos d'intervenció s'ha pogut observar una tendència cap a una millora, encara que no estadísticament significativa, de la majoria dels paràmetres relacionats amb l'estabilitat i la flexibilitat de la regió d'estudi, que apunten com a futures línies d'investigació a ampliar el temps d'estudi per recavar més dades, i a recomanar la prescripció d'aquests estiraments com a eina preventiva de patologies lumbo-pèlviques en el món de l'handbol.

1. INTRODUCCIÓ

Practicar activitat esportiva du implícit el risc que es produeixin lesions. Els professionals que vetllem per la salut dels esportistes i/o el seu rendiment, trebalem per tal de disminuir aquest risc de lesions fent prevenció o bé que la seva evolució es desenvolupi el més favorablement possible amb el menor temps necessari. D'aquesta manera actuarem sobre la problemàtica que generen les lesions en les constants interrupcions que alteren el seu rendiment durant el procés d'entrenament i de la competició.

Existeixen diversos estudis que parlen de la pràctica esportiva de l'handbol. Una gran quantitat d'aquests aporten coneixements referents a l'entrenament, la tècnica i la tàctica del seu joc. Una altra part fan referència a les afectacions lesionals de la seva pràctica esportiva. Són menys els autors que analitzen la incidència lesional a l'handbol, però entre aquests no resulta una homogeneïtat en els seus dissenys. Aquesta situació dificulta la comparativa de les seves variables d'estudi sense concretar la recollida d'hores d'exposició a l'activitat esportiva, les categories d'estudi i les edats dels participants (1-7). També presta importància per ubicar aquest estudi tots aquells articles que la seva temàtica es basi en la incidència de la patologia lumbar, principalment si està relacionada amb l'escurçament de la musculatura isquiosural i la seva repercussió a nivell de la posició lumbo-pelviana, sobretot en edat de creixement i durant la pràctica esportiva de l'handbol (8-11).

1.1. Recordatori anatòmic i biomecànic de la musculatura isquiosural

L'estudi anatòmic és bàsic en el món de la fisioteràpia per tal d'identificar les estructures que es palpen, per entendre la funció que generen, per visualitzar l'estructura que cal identificar a l'hora de tractar una patologia o prevenir lesions. És d'aquesta manera que podrem realitzar un curat examen clínic obtenint part de la informació necessària per realitzar un bon diagnòstic de fisioteràpia. Els avenços científics ens han permès estudiar els músculs en el seu mínim detall i avui en dia ens adonem que el teixit muscular i conjuntiu estan íntimament lligats per formar una estructura amb capacitats biofísiques excepcionals. Aquest teixit conjuntiu

representa l'esquelet fibrós indispensable per la inserció de les fibres musculars per tal de garantir la seva funcionalitat.

1.1.1. Descripció anatòmica de la musculatura isquiosural

La musculatura isquiosural s'ubica a la cara posterior de la cuixa. Els seus components són: semitendinos (m. *semitendinosus*), semimembranos (m. *semimembranosus*) i bíceps femoral (m. *bíceps femoris*) resultant de la unió del cap curt (*caput brevis*) i el cap llarg (*caput longum*). El bíceps femoral (BF) s'ubica al cantell lateral de la cuixa, mentre que el semitendinos (ST) és medial i el semimembranos (SM) es situa més profundament a aquests dos. Tenen un origen comú a la tuberositat isquiàtica (excepte el bíceps curt), seguint un trajecte descendent i cadascú té la seva pròpia inserció a nivell del genoll. El SM, el ST i el BF de la porció llarga (BFpl) són biarticulats i el BF de la porció curta (BFpc) és monoarticular (12-16).

Aquest potent tendó proximal conjunt té una secció ovalada just en el seu origen de la tuberositat isquiàtica. Més de tres quartes parts d'aquest provenen del ST i la resta del BF. En canvi, el SM té un origen més lateral, amb forma de lluna amb una concavitat medial. El nervi ciàtic transcorre de medial a lateralment creuant per davant del BF (14).

Existeixen diversos autors que en els seus estudis descriuen l'anatomia de la musculatura isquiosural per després endinsar-se en temàtiques diverses que relacionen patologies amb aquest grup muscular en estudi. Majoritàriament especifiquen el seu origen, la seva inserció i la innervació (12-21). Cada múscul isquiosural té unes característiques específiques diferents. La descripció detallada de cada múscul ens serveix per entendre les funcions i les repercussions ossies-estructurals que es donaran quan aquest component muscul-aponeuròtic es trobi en escurçament. Woodley i Mercer consideren que el coneixement de l'organització anatòmica dels isquiosurals ens permet entendre les seves funcions i la seva biomecànica. Realitzen un estudi on examinen per dissecció sis cadàvers humans embalsamats, específicament les seves extremitats inferiors (EEII). Van concretar el seu patró d'innervació i paràmetres arquitectònics musculars com: la longitud

fascicular, el volum, l'àrea de secció transversal fisiològic i la longitud del seus tendons. Per tant, la descripció anatòmica del grup muscular d'estudi es detallarà segons aquests autors (22,23).

1.1.1.1. Bíceps femoral porció llarga

La inserció proximal i unio-mio-tendinosa (UMT) de la porció llarga del BF s'origina en la porció mitja de la meitat superior de la tuberositat isquiàtica a través d'un tendó gruixut i rodó. Com s'ha descrit anteriorment, el tendó proximal del bíceps femoral de la porció llarga (BFpl) ocupa el quart lateral de la porció medial i superior de la tuberositat isquiàtica, conjuntament amb els fascicles proximals del ST que s'originen en les tres quartes parts medials d'aquesta zona de la tuberositat. A nivell proximal s'hi observen algunes connexions amb el lligament sacretuberós (*Figura 1*).

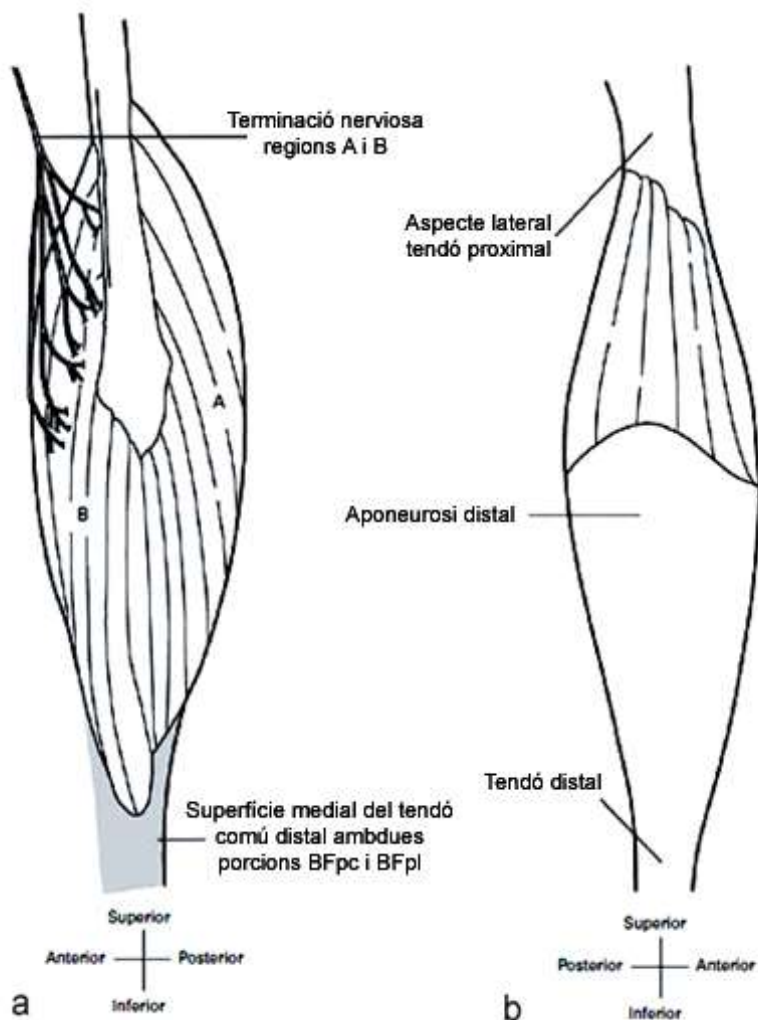


Figura 1. Bíceps Femoral porció dreta

a. Vista medial. b. Vista lateral. Adaptació de Woddley i Mercer (22).

Aquest tendó proximal de BFpl és relativament llarg. La seva longitud mitjana és de 27,1 cm (rang de 23,4 - 30,2 cm), això correspon a un 61,9% de la longitud total del múscul. La seva inserció és mitjançant un tendó petit reduint-se a un cordó completat amb una expansió aponeuròtica a la cara medial del múscul. Des de la cara lateral del tendó sorgeixen els primers fascicles musculars del BFpl. Tenen una longitud de 20,6 cm, i formen d'aquesta manera la UMT proximal que constitueix el 46,8% de la longitud del múscul.

El tendó distal i la seva UMT del BFpl és el tendó distal més llarg de tots els isquiosurals. Conformava una àmplia aponeurosis en forma de ventall (*Figura 1b*). Aquesta aponeurosis cobreix tota la cara lateral de la porció inferior del ventre muscular del BFpl i, en menor mesura, la del BFpc. La longitud del tendó distal del BFpl és variable (rang de 24,1 - 33,9 cm), amb una longitud mitjana de 27,5 cm que ocupa el 62,6% de la longitud del múscul. En canvi, la UMT del BFpl és de 18,3 cm ocupant 41,4% de la longitud del múscul .

Els fascicles del BFpc van a inserir-se a la part ventral del tendó distal del BFpl. Aquests fascicles adquireixen des del seu origen una direcció caudal i posterior definint un angle diferent a l'angle que dibuixen els fascicles del BFpl. Això dóna que els fascicles de totes dues porcions musculars s'insereixin a la superfície medial del tendó distal del BFpl conformant un angle d'uns 45°.

Aquesta distribució de fibres dóna una aparença bipinnada al BFpl, oferint dues regions diferenciades. La regió superficial (A) és lleugerament més gran i va a ocupar l'àrea lateral al tendó proximal. L'altre regió s'ubica en un pla més profund (B). Els fascicles més superficials d'aquesta regió profunda comencen més distals i es dirigeixen cap a la cara medial del tendó proximal (*Figura 1a*). Aquests fascicles van caudalment i en direcció obliqua (cap a posterior i lateral), per inserir-se al tendó distal i l'aponeurosi del BFpc, adjacent a les fibres distals de BFpl. Ambdós fascicles s'insereixen simultàniament en el tendó distal del BFpl començant a una distància mitjana de 27,7 cm des de la tuberositat isquiàtica. Realitzen aquest trajecte conjuntament durant els següents 7,1 cm en direcció caudal. A partir d'aquest punt, només continuen els fascicles del BFpc d'una longitud mitjana de 5,3 cm més de llargada fins a la seva inserció.

Aquesta descripció es complementa amb la morfometria del múscul. La longitud mitjana del BFpl exclouent els tendons, és de 28,1 cm (rang 23,6 - 35,5 cm). En canvi, tot el seu conjunt mesura 43,8 cm incloent els tendons. De mitjana el BFpl és compost per 22 fascicles (rang 11 - 40), amb una longitud fascicular mitjana de 7,0 cm. Igual que el ST, la mitjana de la longitud dels fascicles de cada regió del BFpl són molt similars. Per una altra banda, l'àrea fisiològica de secció transversal del BFpl té una mitjana total de 10,06 cm² PCSA (àrea de secció transversal), amb els fascicles de la regió A que

representen el 58% del PCSA, en comparació als de la regió B que representen el 42% .

1.1.1.2. *Bíceps femoral porció curta*

L'origen dels fascicles del bíceps femoral de la porció curta (BFpc) s'ubica per sota de la inserció distal del múscul gluti major (GM), iniciant-se a una distància mitjana de 14,9 cm (rang 12,7 a 16,2 cm) de la tuberositat isquiàtica. Aquests fascicles tenen tres punts d'origen: a la línia aspra del fèmur, als dos terços superiors de la línia supracondílea lateral i al septe intermuscular lateral (separant el BFpc del múscul vast lateral) (*Figura 2*). Sense la presència d'un tendó proximal, els 3 fascicles tenen una longitud mitjana de 15,7 cm (rang 14,5 a 17,8 cm).

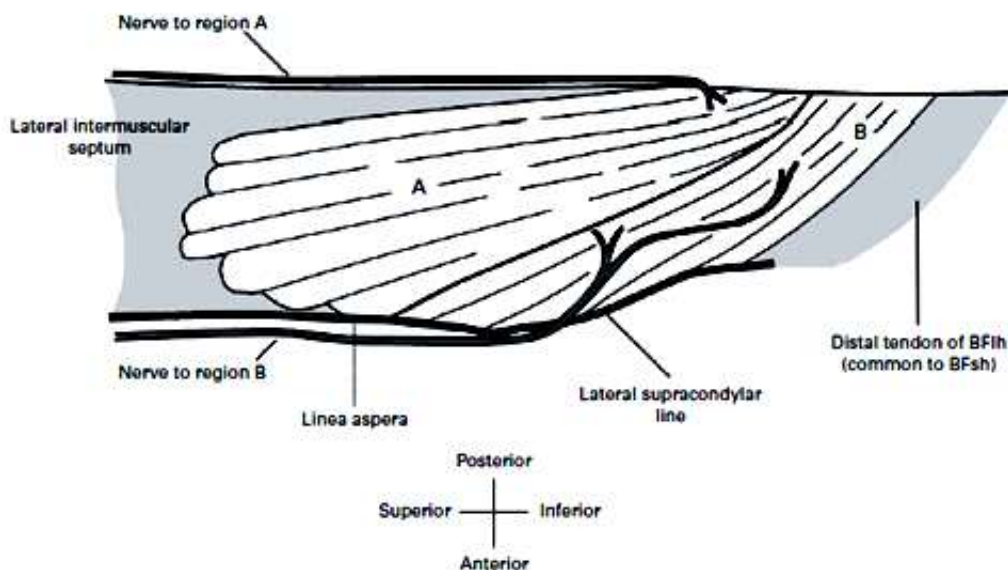


Figura 2. Bíceps Femoral porció curta dreta
Vista medial (22).

Visualment és indistingible el tendó distal del BFpc al del BFpl (*Figura 1a* i *Figura 2*). La UMT distal del BFpc (formada per fascicles inserits en el tendó distal del BFpl) fa 10,7 cm (rang 9,2 a 12,8 cm) ocupant el 36,5% de la longitud total del múscul.

El ventre muscular de BFpc és relativament prim, però ampli i llarg. Hi trobem dues regions anatòmiques (*Figura 2*). Les dues mostren la presència d'una capa de teixit connectiu que s'estén entre les dues regions que diferencia encara més aquesta divisió. La majoria dels fascicles que comprenen la regió A van del septe intermuscular lateral i passen longitudinal i caudalment per inserir-se en el tendó distal del BFpl. Uns fascicles d'aquesta regió també surten de la línia aspra, i segueixen un recorregut caudal i posterior. En canvi, els fascicles que constitueixen la regió B s'originen en el septe intermuscular lateral i la línia aspra. Aquests fascicles de la regió B s'orienten formant un angle agut, seguint una direcció cap a posterior, caudal i lleugerament lateral fins la seva inserció distal (*Figura 2*).

Amb la seva morfometria es complementa la seva descripció. Sense els tendons, el BFpc té una longitud mitjana de 25,8 cm (rang de 24,4 a 28,6 cm). Amb els tendons té una longitud mitjana de 29,1 cm (rang de 26,7 a 32,8 cm). El BFpc es compon d'una mitjana de 12 fascicles (rang 7 - 19), el quals tenen la longitud mitjana més llarga de tots els fascicles que constitueixen els isquiosurals (12,4 cm). No obstant això, té l'àrea de secció transversal més petita (2,98 cm²). La regió A constitueix el 57% de la mitja total de PCSA, i la regió B el 43%.

L'acció del BFpl i BFpc és conjunta i té una funció estàtica de mantenir el maluc durant la inclinació anterior de tronc i donar estabilitat a l'articulació femoro-tibial, i una acció dinàmica de l'extensió del maluc (només per l'acció del BFpl). També fa la flexió i rotació lateral del genoll.

Les dues porcions de BF són innervades per dues branques diferents del nervi ciàtic: la BFpl està innervada per la porció tibial i la BFpc de la rama peroneal comú (*Figura 3*).

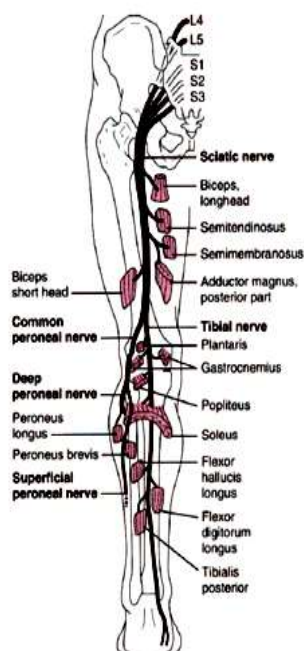


Figura 3. Nervi ciàtic.

Trajecte del nervi ciàtic i músculs que innerva (24).

1.1.1.3. Semitendinos

Els fascicles proximals del ST surten de tres zones diferents: de la cara posteromedial de la porció mitja de la meitat superior de la tuberositat isquiàtica, del cantell medial del tendó proximal del BFpl, i de l'aponeurosi proximal amb localització anterior que sembla ser una extensió medial del tendó proximal del BFpl. Per tant, comparteix origen amb el BFpl.

En el primer lloc d'origen, els fascicles musculars neixen de la tuberositat isquiàtica mitjançant un teixit connectiu gruixut que recobreix les tres quartes parts medials de la porció medial de la tuberositat. El segon lloc, proporciona un major nombre de fascicles i conflueix en una porció del cantell medial del tendó proximal del BFpl. Aquests fascicles tenen una distància mitjana de 8,4 cm (rang de 5,9 a 11,5 cm). El tercer lloc té origen a l'aponeurosi que sembla ser una continuïtat anterior del tendó del BFpl. S'estén medialment per cobrir la cara anterior proximal del ST, amb continuïtat amb el teixit connectiu gruixut de la

tuberositat isquiàtica proximal, i es dirigeix distalment fins uns 16,5 cm (rang 5,3 a 16,5 cm) de la tuberositat isquiàtica.

La longitud d'aquest tendó proximal es determina mitjançant un càlcul de la distància entre la tuberositat isquiàtica proximalment i els fascicles musculars més distals que deriven del tendó proximal del BFpl o de l'aponeurosi anterior. En general aquest tendó és relativament curt, tenint una longitud mitjana de 12,9 cm (rang de 8,5 a 17,7 cm) i per tant, ocupa el 29,4% de la longitud del múscul.

La UMT proximal del ST es forma seguint l'aponeurosi anterior i el tendó proximal del BFpl. Respecte a la longitud del tendó proximal, aquesta UMT és relativament curta amb una longitud de 11,7 cm, ocupant el 26,7% de la longitud total del múscul.

En canvi, el tendó distal insercional travessa tota la cara medial de l'articulació del genoll. És llarg i prim, amb una longitud mitjana de 25 cm (rang de 22,1 a 30 cm). Si l'estudiem de forma aïllada, és a dir, la porció del tendó sense les insercions dels fascicles musculars, el tendó distal del ST és el tendó més llarg dels isquiosurals, amb una longitud mitjana de 11 cm (rang de 9 a 13,1 cm). El tendó proximalment forma una petita aponeurosis en la part anterior del múscul (*Figura 4b*) amb una UMT distal que té una longitud mitjana de 13,9 cm i ocupa un 31,6% de la longitud del ST.

El múscul es divideix en una regió superior (A) i una regió inferior (B) (*Figura 4*). Aquesta divisió presenta una forma de "V" invertida, amb els braços que s'estenen obliquament i caudalment des del vèrtex de la "V" (*Figura 4a*).

Aquesta descripció es completa amb la seva morfometria. La longitud mitjana del ST (excloent els tendons) és la més llarga de tots els músculs del isquiosural, fent 31,6 cm (rang 28,4 a 37,3 cm). El ST té una mitjana de 27 fascicles (rang de 13 a 43), amb una longitud fascicular de 9 cm. Té una mitja de 8,02 cm² de PCSA total del múscul. La regió A contribueix el 53% i la regió B el 45%. El 2% restant està constituït per ponts de fascicles.

El ST té una acció estàtica de mantenir el maluc durant la inclinació anterior de tronc. I té una acció dinàmica de flexió i rotació medial de genoll.

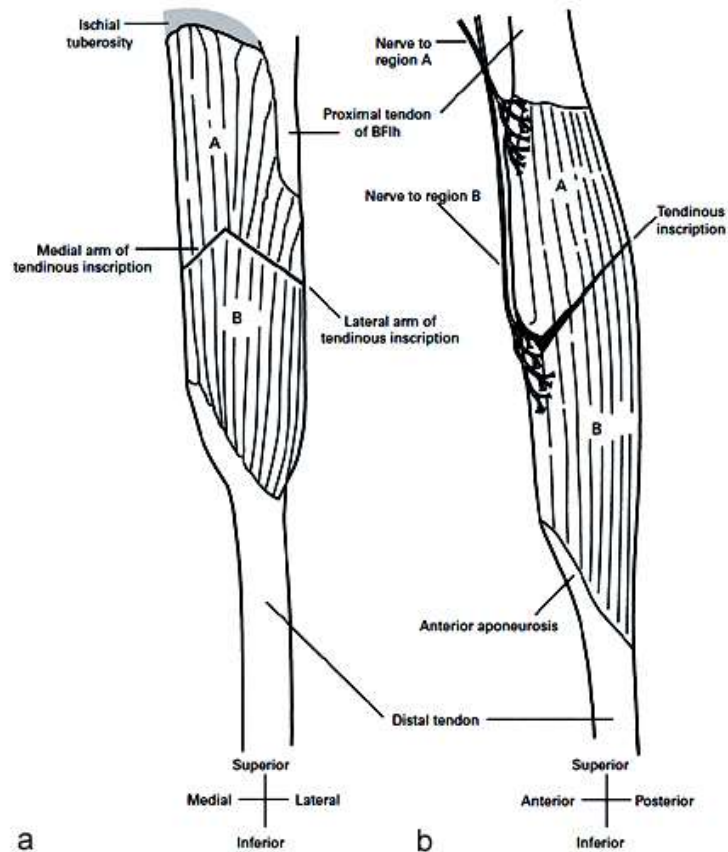


Figura 4. Semitendinós

a. Vista posterior dreta b. Vista lateral esquerra (22).

Està innervat per la divisió del tibial del nervi ciàtic (*Figura 3*).

1.1.1.4. Semimembranós

El tendó proximal del SM segueix una direcció lateral i més profunda en comparació als tendons del ST i BFpl. S'originen a la part lateral de la meitat superior de la tuberositat isquiàtica. Des d'aquest punt insercional, el tendó adquireix una forma ampla i aponeuròtica, és gruixut i rodó en el seu cantell lateral i aplanat conformant una membrana molt fina en sentit medial. Durant el seu trajecte, el tendó no queda pla sinó que es va corbant gradualment segons va en direcció posterior i de lateral a medial. Degut a això, la porció medial del tendó està col·locada en direcció antero-posterior dins del pla sagital. El SM té el tendó proximal més llarg de tots els isquiosurals. Aquest tendó proximal

mesura 31,9 cm de mitjana, i per tant ocupa el 72,7% de la longitud del múscul. La UMT proximal està constituïda per fascicles musculars inserits en el tendó proximal, amb una longitud mitjana de 20,8 cm, similar a la longitud del BFpl. Ocupa el 47,1% de la longitud del múscul.

El tendó distal del SM, en el seu extrem distal és més gruixut i més curt respecte al tendó distal del ST. En canvi, és més ample en el seu extrem proximal, formant una aponeurosis gran i gruixuda. La longitud mitjana d'aquest tendó distal és de 26,1 cm, ocupant el 59,4% de la longitud del múscul. Distalment, els fascicles musculars s'insereixen a la part lateral del tendó, amb la UMT distal que ocupa el 44% de la longitud del múscul. El SM té un ventre muscular voluminós, amb els primers fascicles musculars que comencen a una distància mitjana de 11,1 cm (rang 8,6-14,5 cm) de la tuberositat isquiàtica. Té tres orientacions de regions diferents (*Figura 5*; regions A-C). Els fascicles més superiors s'originen des de la superfície medial i prima del tendó proximal (*Figura 5b*, la regió A). Aquests fascicles passen caudalment per unir-se a la superfície lateral del tendó distal (*Figura 5b*).

Els fascicles que comprenen la regió B s'originen des de la superfície medial i lateral del tendó proximal, es dirigeixen caudal i posteriorment per inserir en el cantell lateral del tendó distal (*Figura 5*). La regió distal és gruixuda i bipinnada (*Figura 5b*; regió C). Per la cara posterior, aquests fascicles surten des de la vora lateral i es dirigeixen caudalment per inserir-se en el tendó distal.

Amb la seva morfometria es complementa la seva descripció. La longitud mitjana del SM excloent els seus tendons és de 26,4 cm (rang 22-32,6 cm). En comparació a la longitud mitjana total del múscul (és a dir, amb els tendons inclosos) mesura 43,8 cm. El SM té un mitjana de 28 fascicles (rang 14-37), amb una longitud fascicular mitja de 5 cm. Té 15,75 cm² de PCSA sent l'extensió mitja total major de tots els músculs isquiosurals. Si s'analitza el PCSA regional, la regió C (que és la més distal) és la més gran ocupant el 45% de la mitja de la PCSA, el 27% de l'àrea de secció transversal és atribuïble a la regió A, i el 28% a la regió B.

El SM té una acció estàtica de mantenir el maluc durant la inclinació anterior de tronc. I té una acció dinàmica de flexió i rotació medial del genoll.

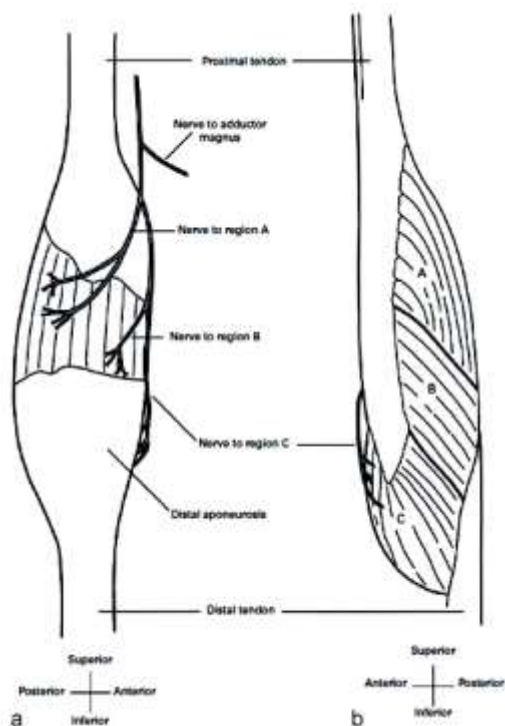


Figura 5. Semimembranós dret

a. Vista lateral. b. Vista medial (22).

Està innervat pel nervi ciàtic (*Figura 3*).

1.1.2. Biomecànica dels isquiosurals i la seva relació amb altres músculs adjacents.

Els isquiosurals són músculs poliarticulars. Quan treballen en cadena cinètica oberta, realitzen una extensió de la cuixa sobre el tronc (extensió de maluc) i de flexió de la cama sobre la cuixa (flexió de genoll) degut a la seva característica biarticular (12,13,16,17,17,22,24,25) i limiten l'extensió de genoll quan el maluc està flexionat (14).

Ubicats a la pelvis, els isquiosurals conjuntament amb el GM i la porció posterior de l'adductor major són els principals extensors de maluc. Quan el maluc es troba en una posició d'uns 75° de flexió i s'inicia un moviment d'extensió, en aquest moment extensor els isquiosurals i l'adductor major produeixen una palanca de

força similar entre ells, al voltant del 90% del moment total. La resta del component de força ho genera principalment el GM (24).

Aquests moviments d'extensió de maluc i flexió de genoll es poden realitzar de manera simultània repercutint sobre la pelvis i per tant, poden desencadenar efectes oposats, produint una incidència de fortes traccions sobre els isquiosurals. Adquireixen major longitud quan el maluc està en flexió i el genoll en extensió, sobretot durant una cursa de velocitat o durant una puntada de peu (xut). És en aquesta posició que la musculatura pot accedir als seus límits mecànics i produir microlesions. De fet, la tensió en estirament que pot arribar a suportar la musculatura isquiosural és efecte de la seva característica biarticular, condicionat per la seva morfologia i determinat per la posició que queda fixada la pelvis degut a la suma de tensions que hi conflueixen (17). Per tant, el to muscular basal de tota la musculatura que conforma les EEII i que participen en la posició bípeda, fixa la posició de la pelvis i, en conseqüència s'adopta una curvatura lumbar. La balança del to muscular basal entre el quàdriceps i els isquiosural es decanta favorablement cap a la musculatura de la cara anterior de la cuixa. Aquest treball tònic constant de les fibres musculars del quàdriceps garanteix permanentment el bloqueig del genoll en extensió i és també el causant de la posició de la pelvis en lleugera anteverció (*Figura 6*), sent els fèmurs el punt fix i el coxal el punt mòbil (12). Per tant, qualsevol inclinació anterior o posterior de la pelvis es genera sobre l'eix de moviment ubicat als caps femorals, producte de la suma dels vectors de força que s'activen no només entre els músculs de la cara anterior i posterior del maluc sinó també en conseqüència dels vectors de força que provenen del tronc (*Figura 7*) donant l'estabilitat de la pelvis en el pla sagital. La inclinació anterior del tronc en posició de bipedestació és suportada per tracció muscular dels isquiosurals i del gluti major. Aquesta posició del tronc suposa una elongació significativa d'aquests grups musculars incidint en les articulacions coxofemorals i els genolls d'ambdós costats. L'elongació augmenta la força passiva dels isquiosurals fent que sigui possible mantenir aquesta posició bípeda en flexió anterior de tronc, és a dir, sustentant els malucs flexionats. En canvi, la inclinació posterior de la pelvis suposa una extensió de malucs i una disminució de la lordosis lumbar (24) (*Figura 8*). Finalment, l'estabilitat lumbar també està condicionada per l'activació del transvers abdominal i els abdominals oblics conjuntament amb la co-contracció del multifíds i

erectors espinals (26). Aquest dos grups musculars de la cara posterior del tronc (multífids i erectors espinals) proporcionen l'estabilitat de la columna vertebral (27-30). Quan la columna vertebral obté una actuació biomecànica deficient de la seva musculatura, aquesta estructura vertebral perd la capacitat de transmetre les càrregues fisiològiques rebudes. En conseqüència, els seus segments ossis es comporten com una estructura altament inestable (27,30). L'escassa resistència a la fatiga dels músculs erectors espinals s'ha considerat com un signe de pronòstic de dolor lumbar (31). Tanmateix, no està clar quin és la causa primària; l'excessiva fatiga dels erectors espinals o el dolor lumbar. S'ha descrit que existeix una atrofia muscular dels erectors espinals i una disminució de la seva àrea de secció transversal en pacients amb dolor lumbar subagut i crònic que podria estar relacionat amb una escassa resistència a la fatiga d'aquest grup muscular. Hi ha una sospita que aquesta fatiga dels erectors espinals pot ser la causa de la inestabilitat vertebral i en conseqüència, del dolor lumbar (32,33).



Figura 6. Articulació coxo-femoral de perfil
Anteverció pelviana per tracció de la musculatura quadricipital (12).

Hi ha certa controvèrsia en la implicació del psoes ilíac (o iliopsoes) amb la lordosis lumbar, doncs el seu estudi es fa difícil d'investigar de manera no invasiva (34). Aquest múscul està format pel múscul psoes major, múscul ilíac i el psoes menor. Aquest últim s'absenta entre el 41 i el 50% dels individus. El recorregut del psoes ilíac va des de les apòfisis transverses i ambdós costats dels

cossos vertebrals de T12 a L5, en els seus corresponents discos intervertebrals i cresta ilíaca fins a la seva inserció al trocànter menor. El múscul psoes menor, quan existeix, s'ubica per davant del psoes major en la regió lumbar de T12 a L1-L2. S'insereix distalment en la línia pectínia, sobre la rama púbica inferior, en l'eminència iliopectínia i fàscia ilíaca (35-37). La funció principal del psoes ilíac és la flexió de maluc i la estabilització de la columna lumbar (34,34-36,38). Sempre s'ha relacionat el dolor lumbar i l'augment de la lordosis lumbar amb l'escurçament del psoes ilíac degut al recorregut que segueix aquest múscul. En canvi, els estudis més recents no han trobat cap associació entre la longitud del psoes ilíac, la lordosis lumbar i el dolor lumbar (39). Concretament, el psoes major és deslordosant per l'acció de les fibres superiors (de T12 a L2), i lordosant pel reclutament de les fibres inferiors (de L3 a L5). Si actua unilateralment provoca la inclinació homolateral i rotació contralateral. Si actua bilateralment és flexor de maluc o tronc, segons sigui el segment fix (40).

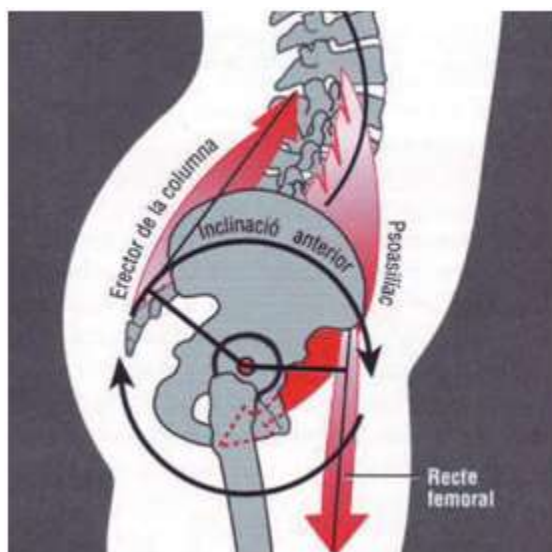


Figura 7. Inclinació anterior de la pelvis. Incidència dels vectors de força en l'anteversió de la pelvis. Traducció de Neumann (24).

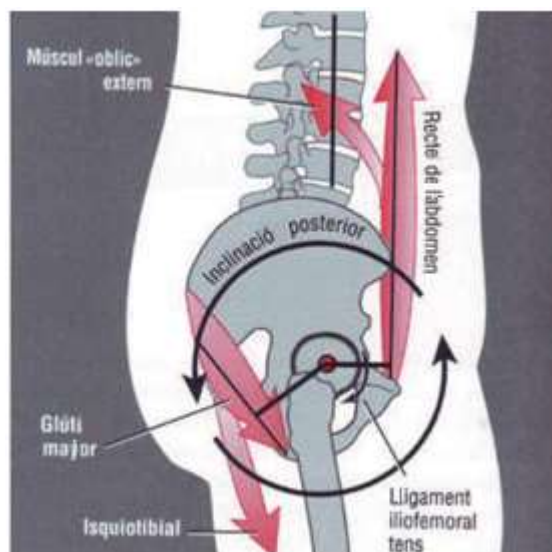


Figura 8. Inclinació posterior de la pelvis. Incidència dels vectors de força en la retroversió de la pelvis. Traducció de Neumann (24).

Ubicats a l'articulació del genoll, els isquiosurals, a més de realitzar la flexió d'aquesta articulació, també generen la rotació del segment de la cama sobre la cuixa. Això sempre i quan el genoll tingui uns graus de flexió. Si el genoll es troba

bloquejat en extensió, es produeix una posada en tensió de gran part dels elements estabilitzadors passius de l'articulació que ajuden a impedir la rotació tibial. A més, el braç de palanca dels isquiosurals va disminuint segons el genoll es mou cap a l'extensió (24). Analitzat de forma més específica, el BF fa un valgo de genoll i una rotació lateral de tibia. El SM i ST realitza un varo i una rotació medial de tibia. Mentre que en cadena cinètica tancada, els isquiosurals duen a terme una tracció cap a la retroversió de la pelvis degut a la tensió que realitza el tendó comú proximal. I les seves insercions distals permeten un control del calaix anterior del genoll i una rotació de tibia sobre el fèmur protegint el lligament encreuat anterior (17,22,25). Fan una acció de frenada en l'extensió potent del genoll. S'activen en la ubicació precisa dins dels tres plans de l'espai de les EEEI, en els canvis de direcció i en els girs sobre el peu (25).

1.2. Anatomofisiologia del múscul estriat

Les fibres musculars estriades que constitueixen el múscul li proporcionen la seva característica contràctil i els components no contràctils de sosté permeten l'estabilitat mioconjuntiva. Són components mecànics que estan relacionats amb els components sensitius, els fusos neuromusculars (FNM) i els òrgans tendinosos de Golgi (OTG). Aquestes estructures són sensibles a l'estirament i a la tensió muscular. Permeten l'adaptació ràpida de les fibres musculars davant d'una tensió excessiva del múscul (41).

1.2.1. Components sensitius del múscul

Dins de l'estructura muscular existeix un component sensitiu (**Figura 9**) format pels FNM i els OTG (42-45).

- Els FNM són fibres intrafusals que detecten els canvis de longitud d'un múscul i la seva velocitat de moviment (**Figura 9a**). Quan s'estira el múscul es produeix l'estimulació d'aquests receptors sensitius, paral·lels a les fibres

musculars extrafusals. La seva excitació transmet impulsos per les fibres aferents fins a la medul·la espinal, fent sinapsis excitatòries amb les motoneurons alfa homònimes, activant el reflex mitòtic o d'estirament (*Figura 10*). Aquests impulsos eferents provoquen com a resposta la contracció reflexa del múscul estirat. Fins i tot activa les motoneurons alfa dels músculs sinergistes mitjançant projeccions monosinàptiques. A més, les fibres aferents fan sinapsi col·laterals amb interneurons inhibidòries que connecten amb motoneurons alfa antagonistes. D'aquesta manera es produeix la relaxació del múscul antagonista, provocant la inhibició recíproca (42-47).

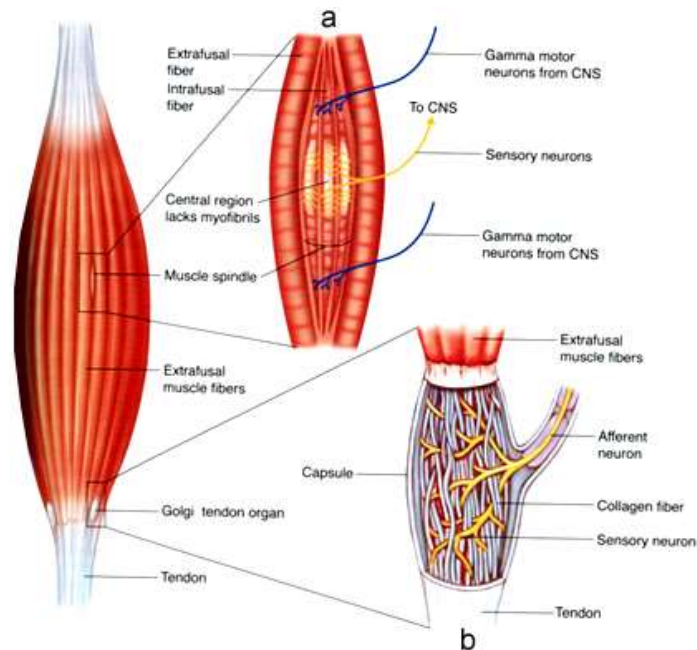


Figura 9. Components sensitius del múscul.
a. Fus neuromuscular; **b.** Òrgan tendinós de Golgi (292).

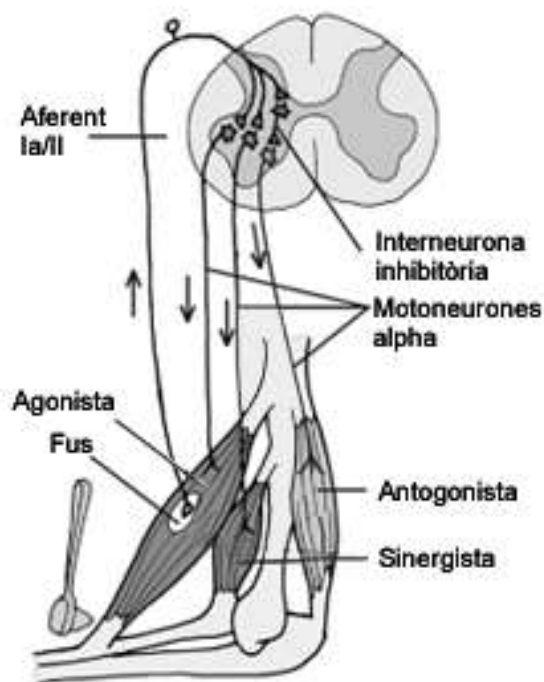


Figura 10. Reflex miotàtic.

S'estimulen les motoneurons homònimes i sinergistes. S'inhibeixen les antagonistes. Adaptació de Gal et al. (45).

- Entre les fibres de col·lagen del tendó es troba l'OTG (*Figura 9b*) que s'encarrega de regular l'augment de tensió a nivell muscular i tendinós. Els OTG perceben la tensió generada per contracció o per estirament intens. Els receptors excitats envien impulsos mitjançant les fibres aferents Ib cap a la medulla. És a nivell medullar que fan sinapsi amb interneurons Ib per inhibir les motoneurons alfa del múscul homònim. Aquest reflex tendinós disminueix la tensió muscular, relaxant o aturant la contracció muscular de l'agonista. S'anomena autoinhibició o inhibició autògena. Paral·lelament i per tal de col·laborar en aquesta acció, es produeix la contracció del múscul antagonista. Aquest reflex tendinós s'anomena reflex miotàtic invers (41,43-45) (*Figura 11*).

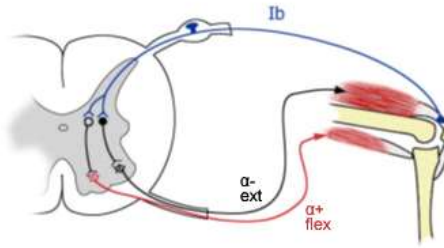


Figura 11. Reflex miotàtic invers.

Fibra aferent Ib excitada inhibeix la motoneurona α del múscul agonista i excita la motoneurona α del múscul antagonista (293).

La regulació del to muscular es produeix a la medulla espinal i també a nivell dels centres suprasedgmentaris, principalment del sistema reticular. La contracció desencadenada pels FNM provoquen estímuls positius a nivell medullar. En canvi, la inhibició del to per regulació de l'OTG és provocada per estímuls negatius a nivell medullar. Aquests aspectes influiran sobre la viscoelasticitat muscular per resistència passiva a l'estirament (48).

1.2.2. Components mecànics del múscul

La unitat múscul-tendinosa és una estructura heterogènia conformada per una part contràctil (fibres musculars) i una part no contràctil (teixit conjuntiu). La força es produeix en aquesta part contràctil. S'hi origina una força de tracció que es transmet fins al tendó, ubicat als extrems del múscul i que s'insereix a les palanques òsses articulades generant el moviment (49).

El teixit conjuntiu del múscul es diferencia en capes que embolcallen les estructures musculars i tendinoses. De profund a superficial trobem: el sarcolemma, l'endomisi, el perimisi i l'epimisi (50,51). La membrana plasmàtica que embolcalla les fibres musculars és el sarcolemma i és la membrana conjuntiva més laxa i profunda. L'endomisi és la capa conjuntiva que envolta la fibra muscular. Aquestes fibres musculars s'agrupen formant fascicles i el perimisi és l'estructura conjuntiva que els envolta cadascun d'ells. Finalment, els fascicles s'agrupen configurant l'estructura tridimensional del múscul. L'epimisi és la capa més superficial i gruixuda, té principalment una funció protectora i embolcalla la totalitat de

l'estructura muscular (52). Els paquets vasculonerviosos que arriben als músculs creuen les diferents membranes on els capil·lars formen una xarxa al voltant de l'endomisi rodejant cada fibra muscular (50).

A la part contràctil hi trobem la unitat funcional del múscul, conformada per una motoneurona i les seves fibres musculars que innerva aquesta mateixa motoneurona. Per una altra banda, la unitat funcional de la fibra muscular és el sarcòmer. Té un aspecte estriat on hi podem distingir diverses parts (*Figura 12*). La limitació de cada sarcòmer ho conforma una línia Z, li segueix mitja banda I, una banda A, mitja banda I per acabar en una nova línia Z. La posició seriada de sarcòmers a través de la unió de les línies Z conforma les subunitats morfològiques anteriorment citades i denominades miofibril·les. En el sarcòmer hi distingim un filament prim configurat per proteïnes d'actina, troponina i tropomiosina, i un filament gruixut constituït per miosina. La banda A és la porció del sarcòmer on podem trobar tot el filament gruixut (tant si la miosina es juxtaposa o no amb l'actina). La zona H consta exclusivament de miosina i es va escurçant durant la contracció. En la seva porció central s'hi observa una línia d'aspecte més fosc que s'anomena línia M. La banda I està composta únicament de filament prim o actina (53).

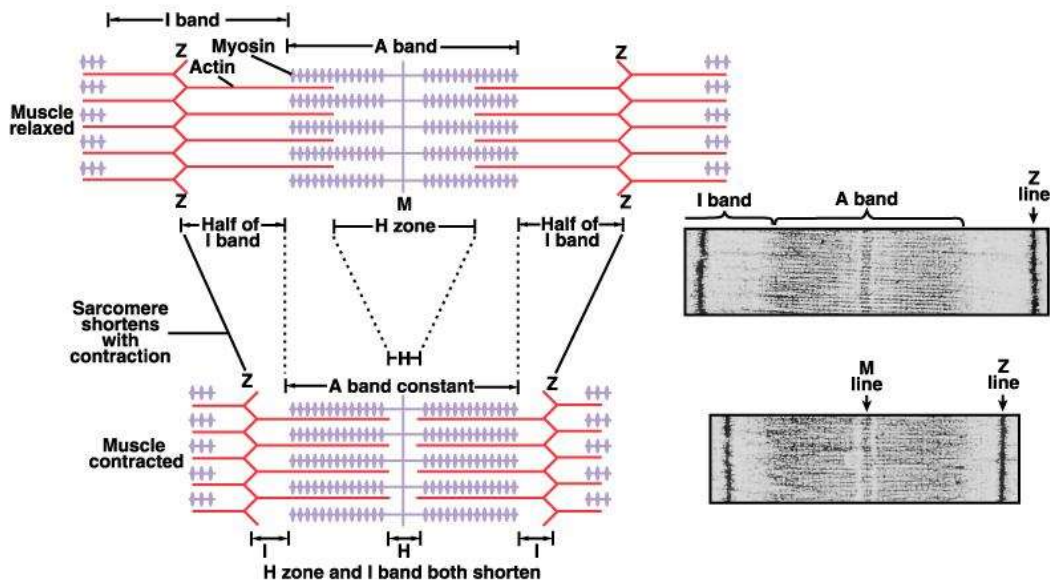


Figura 12. Ultraestructura del sarcòmer.

Línia M, banda A, zona H, línia Z i banda I (54).

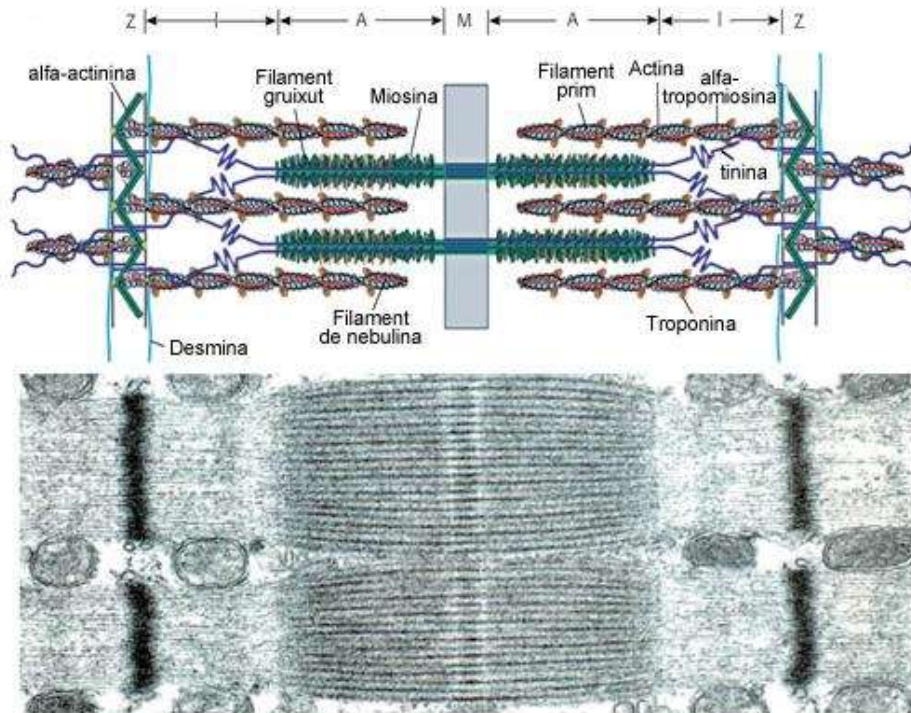


Figura 13. Proteïnes estructurals del sarcòmer.

Tinina, desmina i nebulina. Traducció de Universitat Elsevier (55).

El lliscament dels caps de la miosina en l'actina provoca la contracció muscular, deformant el sarcòmer longitudinalment. Conté unes proteïnes estructurals (*Figura 13*) que mantenen la seva integritat. Aquestes són: la tinina, que és l'element elàstic del sarcòmer i relaciona la miosina amb la línia Z; la miomesina que ancora la tinina amb la línia M; la desmina, que uneix les miofibril·les entre si; i la nebulina, que és la proteïna estructural de l'actina (14,41,53).

La força que genera el múscul es transmet fins a les articulacions mitjançant el tendó. Constitueix l'estructura d'unió entre el motor muscular i les palanques òssies. En el tendó hi predomina el teixit connectiu fibrós, principalment el col·lagen. La unitat funcional del col·lagen és el tropocol·lagen. És per això que les seves dues propietats físiques principals són la resistència a la tensió i relativa inextensibilitat. El tendó s'embolcalla d'una membrana conjuntiva anomenada peritendó. L'estructura tendinosa es subdivideix en fibres tendinoses que són capaces d'orientar-se en la mateixa direcció de la força de tracció. Són molt riques en

col·lagen i pobres en contingut aquós. En conseqüència, el tendó té una gran resistència a la tracció i per tant, una escassa capacitat d'allargament (56).

Aquesta organització heterogènia de l'estructura múscul-tendinosa es representa mitjançant el model mecànic de Hill. Els seus components es comporten com un únic cos viscoelàstic. Tenen diferent capacitat d'extensibilitat que pot quedar reduïda segons l'estat i la intensitat de la contracció muscular. S'hi observa el component contràctil (CC), el component elàstic en paral·lel (CEP) i el component elàstic en sèrie (CES), ordenat de major a menor capacitat d'extensibilitat (57,58).

El CC té una reserva d'extensibilitat molt important en funció de si les fibres musculars s'insereixen de forma rectilínia o obliqua. Segons aquesta condició, l'extensibilitat pot anar del 20 al 50% de la longitud muscular en repòs, depenent de la intensitat de la contracció i del context en que es produeix. En una posició d'estirament, el CC s'allarga fins obtenir un cert grau de tensió. Quan aquesta tensió mantinguda es suavitzava, el CC pot estirar-se de nou. El CC necessita d'un element de transmissió de la força contràctil en els seus extrems. Són elements extensibles (CES) capaços d'emmagatzemar energia. Aquest CES és menys extensible, entre el 4 i el 10% de la seva longitud. Aquesta inextensibilitat relativa s'explica per la seva principal composició de fibres de col·lagen. El CES no només es pot localitzar a nivell dels tendons (estructura passiva) sinó també en les interseccions d'actina-miosina anomenades línia Z (estructura activa), (*Figura 14*) (57).

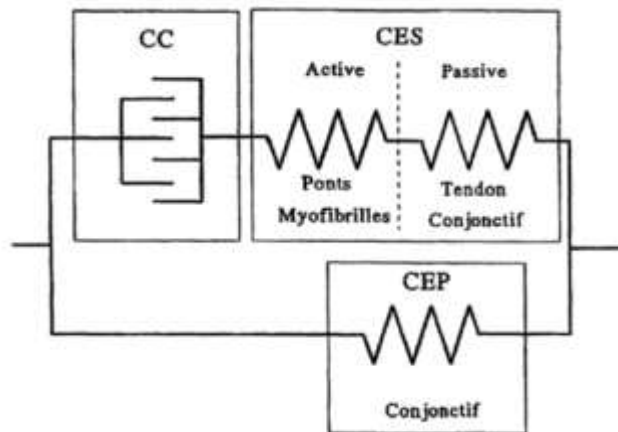


Figura 14. Model mecànic de Hill.

CC: Component contràctil; **CES:** component elàstic en sèrie; **CEP:** component elàstic en paral·lel (57).

El CEP i el CES estan compostos per fibres elàstiques que s'estiren fàcilment i són capaces de recuperar la seva longitud original quant aquesta força deformant cedeix. Aquestes fibres elàstiques contenen un material proteic anomenat elastina. S'observa que les fibres elàstiques s'enllacen amb les fibres de col·lagen. Quan predominen les fibres de col·lagen s'obté un allargament restringit. En canvi, quan preponderen les fibres elàstiques, l'allargament serà major. El CEP té més extensibilitat que el CES però menor que el teixit muscular contràctil. Això és degut al fet d'estar format per capes conjuntives que contenen fibres de col·lagen configurant una xarxa mallada. Quan aquestes estructures estan sota tracció es deforma en allargament modificant la seva morfologia geomètrica inicial de quadrada a romboïdal. Depenent de la intensitat de la força externa de tracció, en els últims instants d'allargament s'hi pot implicar els extrems tendinosos tot i que en menor mesura (49).

Aquest conjunt d'estructures contràctils i no contràctils queden banyades pel sarcoplasma, un líquid viscos que proporciona al múscul la capacitat de comportar-se com un cos viscoelàstic. La seva deformació depèn de la tensió aplicada i del temps durant la qual s'aplica. Significa que té la propietat d'oferir resistència interna a l'estirament. També s'anomena tensió passiva, i és directament proporcional a la velocitat amb la que es deforma el teixit (a més velocitat, més resistència), i inversament proporcional a la temperatura (a més temperatura, menys viscositat, per tant menys resistència o menys tensió passiva) (58).

La propietat oposada a l'extensibilitat és la rigidesa. Hi ha dos tipus de rigidesa (41,59,60):

- Rigidesa passiva, produïda per la pèrdua d'extensibilitat del teixit conjuntiu que es relaciona amb la patologia de parts toves.
- Rigidesa activa, es correspon amb l'augment del to muscular necessari per donar major capacitat reactiva al múscul davant d'una acció. Per tant, es relaciona amb la modulació propioceptiva del bucle gamma a nivell medullar.

La UMT és una confluència de teixits amb propietats mecàniques d'extensibilitat diferents. Suporta càrregues de transmissió de tensió d'alta intensitat. Per adaptar-s'hi, els sarcòmers d'aquesta regió s'ubiquen a 1 mm de la UMT, no tenen tanta

capacitat d'estirament i són més rígids a diferència dels sarcòmers ubicats a la part central del múscul (59,61). Les lesions en contracció excèntrica es produeixen en aquesta zona de transició. És per això que s'utilitza l'estirament actiu en tensió activa (**Figura 17**) per tal de tractar i/o prevenir lesions d'aquest tipus (41,49).

Des del punt de vista de l'entrenament, cal tenir en compte dos conceptes per tal d'entendre com actua la tensió passiva i el cicle estirament-escurçament (CEE). Aquests dos termes són: *stiffness* (rigidesa), és la capacitat del teixit per oposar-se a l'estirament; i *compliance* (compliancia), és la facilitat amb la que un múscul es pot estirar. Per tant, són termes oposats (62). L'objectiu del CEE és transformar l'energia elàstica obtinguda pel pes del cos i/o per la força de la gravetat en una força igual durant la fase excèntrica, i contrària durant la fase concèntrica (62,63,63). El múscul *stiffness* transmet més ràpidament l'energia de la contracció concèntrica. Si és *compliance* té més capacitat d'emmagatzemar energia elàstica durant l'acció excèntrica i alliberar-la ràpidament durant l'acció concèntrica. Els esports amb predomini d'accions explosives que activen el CEE necessiten un múscul *compliance*. En canvi, els esports que hi predominen les accions més concèntriques, de baixa intensitat, necessiten generar una acció concèntrica que transmeti l'energia de la contracció cap a les palanques òssies articulars i així generar el moviment. Per tant, aquests esports necessiten una musculatura més *stiffness* i menys *compliance*. Observant múscul i tendó dins de la seva globalitat, si el tendó té una bona *compliance* (facilitat d'estirar-se) i el múscul una bona activació contràctil activa, l'energia elàstica l'absorbirà el tendó i això disminuirà la repercussió traumàtica sobre les fibres musculars. Per altra banda, si el tendó té una mala *compliance* i és més *stiffness* (rígid), el tendó no serà capaç d'absorbir l'energia i per tant repercutirà més sobre el component contràctil del múscul, amb més risc de patir lesions musculars. Això explica que la poca flexibilitat incrementi el risc d'afectacions musculars en individus més *stiffness* (rígids) després d'un entrenament amb predomini d'accions excèntriques (64).

1.2.3. Límits d'elongació de la fibra muscular

El sarcòmer té una capacitat d'estirament al voltant de 1,6 vegades la seva mida, considerant aquest com a punt de ruptura. Cal tenir present que davant una tracció, els sarcòmers ubicats pròximament als tendons obtenen una menor elongació respecte a aquells que estan situats en la zona central del múscul (59).

El sarcòmer pot ésser estirat sense arribar al seu punt de ruptura. Un sarcòmer de 2,30 micres pot arribar a obtenir una longitud de 3,5 micres, augmentant un 52% la seva longitud de repòs (65). La titina i la nebulina contribueixen en l'estructura i l'estabilitat del sarcòmer. La nebulina garanteix la correcta alineació dels filaments d'actina, regulant la seva longitud. Aquestes estructures confereix en el sarcòmer una resposta elàstica passiva durant l'elongació. En el moment que es desestructuren aquestes proteïnes degut a la tracció, es perd l'alineació entre els filaments d'actina i miosina provocant la lesió muscular (59).

1.2.4. Límits d'elongació del teixit connectiu

El principal factor limitador de la mobilitat articular és el grau d'oposició dels teixits connectius (65-69). Existeixen dos tipus de teixit connectiu (o conjuntiu) que poden modificar l'amplitud de moviment segons el seu comportament: el teixit connectiu fibrós (TCF) i el teixit connectiu elàstic (TCE), ambdós configurats per col·lagen entre altres substàncies. El TCF conforma els tendons, els lligaments, la dermis, les aponeurosis i les fàscies. El col·lagen (tipus I) dona gran resistència i és pràcticament inextensible, essent la proteïna que predomina en els teixits connectius periarticulars i musculars de naturalesa fibrosa (56). En aquesta proteïna s'hi troben ponts encreuats intermoleculars que augmenten la resistència a la deformació. Per tant, l'estructura es fa més resistent a l'estirament. Aquesta proteïna està formada per diversos aminoàcids: la glicina, la prolina i la hidroxiprolina entre altres. La presència d'aquests aminoàcids configuren una disposició del col·lagen en forma de filament configurant una triple hèlix (dos d' $\alpha 1$ i una d' $\alpha 2$) i proporcionant resistència a l'estirament (56,70).

El col·lagen pot elongar-se fins a un 10% de la seva longitud abans de trencar-se, oferint una resistència dels teixits tous d'un 47% per a la càpsula articular, un 41% per les fàscies, els tendons un 10% i la pell al voltant del 2% (65). En canvi, altres autors apunten que el col·lagen només es deforma un 5% de la seva longitud fins arribar al seu punt de ruptura, mentre que l'elastina arriba a assolir una deformació del 150% per produir-se la seva ruptura (56,71). Concretament, en el moment que actua una força de tracció de 20 a 30 kg/cm² sobre les fibres elàstiques (amb predomini d'elastina), la tracció provoca aquest allargament del 150% de la seva longitud original arribant al seu punt de ruptura (56).

Per tant, el teixit connectiu experimenta una deformació proporcional a la magnitud de la força aplicada, i segons les característiques i dimensions (longitud/superfície) del cos sotmès a l'esforç (60). La resposta del col·lagen a estímuls de tracció deformants segueix una corba de tracció/deformació (**Figura 15**), on s'hi observa que l'aplicació d'una força de tracció genera una deformació determinada. Quan aquesta força externa desapareix, el cos afecte és capaç de tornar a la seva longitud original de repòs sense que persisteixi cap deformació. Aquest recorregut constitueix la "fase elàstica". Si aquest teixit queda sotmès sota una tracció de major envergadura i es supera el límit elàstic, es produeix una reorganització molecular i una nova fase estructural. Quan la força de tracció aplicada supera el límit elàstic, s'entra en una "fase plàstica" on ja no es recupera la seva longitud inicial. El resultat que s'obté és un estat perllongat d'augment de longitud. Si a partir d'aquest punt es segueix incrementant la força deformant, es produeixen microruptures fins arribar al punt de ruptura total del teixit, dins de la "fase de ruptura" (49).

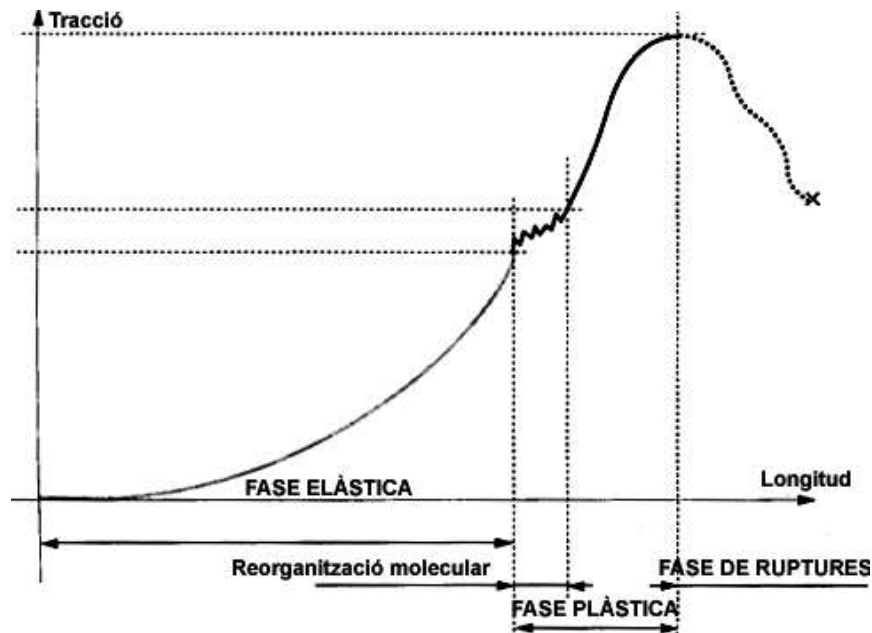


Figura 15. Corva de tracció/deformació d'un cos homogeni.
Fases de comportament. Traducció de Neiger (49).

En un treball d'elasticitat és evident que s'evitarà entrar en la fase de ruptura del teixit sotmès a la tracció. Tanmateix, si l'objectiu és modificar la mobilitat articular per elongació del teixit, caldria superar la fase elàstica fins arribar a la plàstica. No obstant, si es precisa una resposta d'actuació de la musculatura sotmesa a aquesta deformació, els resultats i l'eficàcia de la contracció muscular quedarà minvada segons la proporció i el grau de deformitat del teixit. Per tant, la zona de deformació plàstica no és la més recomanable d'assolir si es planteja un treball d'elasticitat muscular. S'evidencia que per obtenir un treball d'elasticitat cal mantenir-se dins de la fase elàstica, on els teixits recuperen la seva longitud inicial un cop ha desapareguda la força de tracció (72).

1.3. Fisiopatologia de les lesions esportives

Les lesions musculars es poden agrupar (*Taula 1*) segons si el seu mecanisme de producció és per una causa intrínseca (o indirecta, degut al propi individu) o causa extrínseca (o directa, degut a un agent extern per contusió) (41,47,50-52,73).

1.3.1. Lesions musculars intrínseques

Són lesions per estirament degut a l'aplicació d'una força tensional superior a la resistència del teixit muscular, principalment quan aquesta estructura es troba en contracció activa (sobretot excèntrica). Les propietats viscoelàstiques del teixit s'alteren davant una excessiva tensió en funció de la força i la velocitat amb que actua sobre el múscul. Aquests canvis viscoelàstics poden provocar una discontinuïtat del teixit arribant a la ruptura muscular (73).

Dins d'aquest grup hi podem trobar les lesions per sobresol·licitació i les degudes a un traumatisme indirecte. Aquestes, que solen ser produïdes per mecanismes excèntric, afecten a músculs poliarticulars amb predomini de fibres ràpides i les alteracions es produeixen en les zones de transició (UMT) (41).

Les lesions de causa intrínseca són:

- La rampa. És deguda a una sobresol·licitació muscular que crea canvis metabòlics i sensitius. Es produeix una contracció brusca amb desplaçament segmentari involuntari, dolorosa i violenta (41).
- La contractura muscular. És una lesió per sobresol·licitació que afecta al ventre muscular provocant un escurçament de les miofibril·les tot i l'absència de l'activitat de potencial d'acció sarcolèmica. Pot aparèixer dolor i certa impotència muscular. Es considera lesió de Grau 0 (41,52). La repercussió que té una contractura en l'eficàcia muscular està relacionada amb la manca de flexibilitat i en la dificultat de recuperar la longitud d'allargament muscular. La causa és la disminució del reg sanguini degut a l'excessiva tensió muscular. La conseqüència és l'acumulació de residus tòxics, disminució d'oxigen i substàncies essencials provocant la fatiga muscular i dolor (74).
- Delayed Onset Muscular Soreness (DOMS). És una lesió per sobresol·licitació. És una miàlgia d'aparició tardana que apareix després d'una situació muscular inhabitual continuada amb accions de predomini excèntric. Apareix un procés inflamatori, producte de les microlesions a la unitat funcional muscular i a l'eix conjuntiu (elements elàstics del sarcòmer i

entre els miofilaments) (75), provocant una disminució del rendiment muscular i un dèficit de força (76-78). Es considera lesió de Grau 0 (41).

- Micro-ruptura fibril·lar i/o elongació muscular. Lesió muscular per traumatisme indirecte on s'observen alteracions de poques fibres musculars i poca lesió del teixit connectiu. Es considera lesió de Grau I. La seva repercussió depèn de l'àrea d'extensió de la lesió (41,52,73).
- Ruptura fibril·lar. Lesió muscular per traumatisme indirecte on hi ha afectacions de més fibres musculars i més lesió de teixit connectiu amb aparició d'hematoma. Es considera lesió de Grau II. La seva repercussió depèn de l'àrea d'extensió de la lesió (52,73).
- Ruptura muscular. Lesió muscular per traumatisme indirecte on s'observa una ruptura important de les fibres musculars i fins i tot una desinserció completa de manera que la funcionalitat de les fibres indemnes és insuficient. Es considera lesió de Grau III. La seva repercussió depèn de l'àrea d'extensió de la lesió (52).

1.3.2. Lesions musculars extrínseques

Les lesions musculars extrínseques són per contusió amb l'oponent o contra un objecte. Es classifiquen segons la seva gravetat en lleus o benignes (Grau I), moderades (Grau II) o greus (Grau III) (41,73). Poden coexistir amb o sense laceració (és a dir, amb lesió macroscòpica de la fibra muscular) (14,73,79,80).

Taula 1. Classificació de les lesions musculars.

Composició obtinguda de Pacheco (41) i Serveis Mèdics del Fútbol Club Barcelona (73).

CAUSA INTRÍNSECA						CAUSA EXTRÍNSECA	
MECANISME INDIRECTE						MECANISME DIRECTE	
Amb alteració microscòpica de l'estructura proteica muscular			Amb alteració macroscòpica de l'estructura proteica muscular				
<u>Rampa</u>	<u>Contractura</u>	<u>DOMS</u>	<u>Microruptura fibril·lar o elongació</u>	<u>Ruptura fibril·lar</u>	<u>Ruptura muscular</u>	<u>Contusió</u>	<u>Laceració</u>
	Alteració funcional que provoca un augment de proteïnes i enzims. Hi ha desestructuració lleu del parènquima muscular.		Alteracions de poques fibres musculars i poca lesió del teixit connectiu.	Afectacions de més fibres musculars i més lesió de teixit connectiu amb aparició d'hematoma.	Ruptura important de les fibres musculars. Pot haver una desinserció completa. La funcionalitat de les fibres indemnes és insuficient.	Sense	Amb
						...lesió macroscòpica de la fibra muscular	

1.4. Etiologia de les lesions esportives i la seva especificitat en la musculatura isquiosural

La manca d'extensibilitat d'un múscul bé determinada per les diverses anomalies que pot patir aquesta estructura; des de qualsevol lesió muscular que pugui sofrir, fins a les adaptacions que s'instauren en el cos humà degut a les diferents circumstàncies que succeeixen en el transcurs de la vida. Afrontar aquests canvis constants passa per prevenir les lesions, tractar-les i/o revertir les adaptacions ja instaurades.

La prevenció de les lesions es pot esquematitzar en 4 fases: esbrinar l'amplitud del problema, identificar els factors i mecanismes lesionals, introduir les mesures de prevenció i avaluar la seva eficàcia (81). És important determinar la incidència lesional dins de cada modalitat esportiva així com els seus factors i mecanismes

lesionals. Aquesta coneixença ens permetrà ser més explícits en la prevenció i en el tractament de cada lesió.

1.4.1. Factors de risc en la lesió esportiva

En la pràctica esportiva no hi ha un sol factor de predisposició lesional. Són molts els autors que els classifiquen en factors de risc intrínsecs i extrínsecs (1-3,17,52,82-90). Aquesta evidència permet identificar i classificar els factors segons si hi ha una predisposició de l'esportista (factors intrínsecs) i/o una exposició de factors de risc (extrínsecs).

Els factors intrínsecs poden ser:

- Les lesions anteriors (antecedents lesionals) i les seves conseqüències degut a una recuperació inadequada (3). Un primer episodi de lesió és un factor de recidiva (84). Específicament dins del grup muscular d'estudi, la recidiva de lesió en els isquiosurals seria 3 a 11 vegades més alta després d'un primer episodi lesional (1,17,84-87). Les explicacions es basen en les adaptacions incorrectes que apareixen com a conseqüència d'una lesió degudes a una alteració dels mecanismes d'allargament del teixit muscular, una manca de flexibilitat i elasticitat muscular, una disminució de la força excèntrica, atròfia muscular, una alteració de l'angle pic de força muscular i/o una alteració de la biomecànica de les extremitats inferiors (87). Tanmateix, cal tenir present que les lesions històriques poden provocar l'aparició de teixit fibrós amb adherències que limiten l'extensibilitat del teixit muscular alterant la seva funció. Aquests teixits fibrosos incrementen l'estrès compensatori d'altres seccions musculars predisposant a una nova lesió, afectant en conseqüència a la laxitud lligamentosa, la força muscular, la resistència, l'elasticitat i la resposta propioceptiva del múscul (2). En la revisió que presenta Liu et al. recalca que la cicatrització i la fibrosis apareguda en el múscul set dies després de la lesió inicial i la tensió que es produeix, explicarien l'elevat risc de la lesió. Especifiquen que la tensió del múscul bíceps femoral que prové de les lesions històriques, provoca un angle de flexió del genoll significativament major en comparació amb

l'extremitat inferior que no té antecedents lesionals de la musculatura de la cara posterior la cuixa. Això es tradueix en un escurçament dels músculs isquiosurals i per tant un augment del risc de lesió. I també ho relacionen amb desequilibris del tronc i de l'articulació sacroilíaca augmentant aquest risc lesional (82).

- L'edat de l'esportista. Els diferents estudis permeten reconèixer els patrons lesionals que són típics en les diferents franges d'edat (3,90,91). Quan un esportista s'envellaix, més gran és el risc de tenir una lesió. Igualment passa amb els isquiosurals (82,84). Les explicacions es basen en l'augment de la massa corporal relacionat amb la disminució de la massa i la força muscular, disminució de la flexibilitat dels flexors del maluc (en l'afectació dels isquiosurals) i la modificació de l'estructura muscular (17,87). Per una altra banda, Lui et al. (82) afegeixen dins del factor de risc vinculat amb l'edat la possible denervació de la fibra muscular a causa del pinçament L5 i S1 relacionat amb l'edat mínima de degeneració lumbar. Tanmateix hi ha autors que vinculen l'edat amb una caracterització lesional lligada al sexe de l'esportista (2,3) així com amb les diferències en el pes corporal (82) i a la maduració biològica (2).
- L'estat de salut de l'esportista (3) incloent-t'hi les repercussions d'altres lesions patides per l'esportista (ruptura dels lligaments encreuats del genoll, possibles afectacions dels lligaments colaterals del genolls, turmells, etc.) (2).
- Aspectes anatòmics relacionats amb desalineacions articulars, laxituds o inestabilitats articulars, alteracions posturals i totes aquelles afectacions musculars producte de la rigidesa o l'escurçament que poden alterar qualsevol de les qualitats físico-motrius (força, resistència, flexibilitat, coordinació, etc.) (3).
- L'estat psicològic de l'esportista (2,3,83).

- L'ètnia. La tipologia muscular i l'anteversió de la pelvis expliquen aquest fenomen. Estudis verifiquen que la raça africana i els aborígens australians podrien tenir més risc de patir una lesió d'isquiosurals (17,82,84,87,90).

Els factors extrínsecs relacionats amb l'aparició de les lesions esportives són:

- La pràctica d'un esport determinat. Els gestos i la motricitat específica d'un esport en concret suposen els factors extrínsecs més importants per poder entendre i tractar les lesions esportives. En aquesta especificitat s'inclou el mecanisme lesional: microtraumatisme de repetició, traumatisme directe, velocitat, descoordinació del gest, etc. (3,84).
- La dinàmica d'entrenament. L'escalfament inadequat i l'absència de la tornada a la calma, la mala planificació dels cicles d'entrenament dintre d'una temporada, les càrregues acumulades, la fatiga, el volum d'entrenament, el temps d'exposició a l'entrenament i a la competició poden esdevenir riscos que disparin les incidències lesionals (2,3,90). Un múscul amb falta d'extensibilitat es pot contracturar amb major facilitat si no és capaç de recuperar la seva longitud d'allargament. És per això que quan es produeix una contractura es dificulta el reg sanguini degut a la tensió muscular. Significa que les fibres musculars rebran menor aportació d'oxigen, substàncies essencials i s'acumularan els residus tòxics provocant fatiga i dolor muscular (74).
- La pròpia competició pot duplicar o triplicar el risc de lesions en funció del nivell competitiu, l'exigència personal, el temps d'exposició a la pràctica esportiva, etc. (3).
- Les superfícies d'entrenament, el material per la pràctica esportiva, l'equipament necessari, la utilització de proteccions segons l'esport practicat, etc. (3).
- Les condicions climàtiques ambientals (fred, calor, humitat, etc.) (3,91).

- Tipologia d'activitat implantada en l'entrenament (91). Casáis ho remarca degut als pocs estudis rellevants publicats que podrien establir els continguts d'entrenament per donar-hi cabuda a les pautes preventives (3). El trot i les puntades de peu podrien ser l'acció més lesional (84).

1.4.2. Factors de risc propis de la musculatura isquiosural

Aquests factors de risc estan tradicionalment dividits en intrínsecs i extrínsecs però també és rellevant classificar-los en aquells factors que poden ser modificables (desequilibri de la força muscular, fatiga muscular, manca de flexibilitat muscular, escurçament muscular, rehabilitació inadaptada, escalfament insuficient, afectació de la zona lumbar, augment de la tensió neural muscular...) i els no modificables (edat, antecedents lesionals, ètnia ...) (17,82,87). És interessant estudiar aquests factors de risc modificables específicament de la musculatura isquiosural. L'anàlisi del conjunt de factors de risc detallats en l'especificitat de la musculatura isquiosural ens poden facilitar el camí cap a la prevenció lesional i les seves estratègies de rehabilitació.

Els factors de risc lesionals propis de la musculatura isquiosural són:

- La longitud òptima del múscul. Fa referència a que les extremitats inferiors que han patit una lesió muscular tenen tendència a l'escurçament de la longitud del múscul en comparació al mateix grup muscular que no té antecedents de lesió muscular. En conseqüència, hi ha més risc de patir lesió muscular (82,92).
- La manca de flexibilitat dels músculs. Per protegir a l'esportista de les recurrents lesions musculars per estirament, cal obtenir i preservar un bon nivell de flexibilitat residual. D'aquesta manera s'aconseguirà un rang articular i muscular de reserva davant de gestos inesperats d'amplitud articular superior a la mobilitat de treball. La manca de flexibilitat muscular o dit d'una altra manera, l'elevat to d'un grup muscular és un element

desencadenant de lesions esportives (3,90). Tant la manca de flexibilitat (rigidesa muscular) com l'excés de flexibilitat pot ser un factor de risc lesional. La flexibilitat no s'ha d'entendre únicament com la necessitat d'augmentar el rang de moviment sinó també cal treballar la flexibilitat de manera específica per a un esport o per a un moviment concret del cos (93). Diversos autors indiquen que un esportista amb poca flexibilitat isquiosural pot tenir la seva musculatura més escurçada i per tant augmentar el seu risc de lesions (82,84). En canvi, una bona flexibilitat de la musculatura redueix el risc de patir lesions musculars ja que els components passius de la unitat múscul-tendó tenen més capacitat d'absorbir energia (87). L'estirament i els exercicis de flexibilitat han estat tradicionalment prescrits per prevenir les lesions musculars i les seves afectacions estructurals. Aquest treball d'estirament de la musculatura reduiria el risc de lesió muscular per una major capacitat d'absorció d'energia de l'estructura tendinosa-muscular (17). S'han fet estudis en el món del futbol que relacionen la lesió muscular d'isquiosural i la seva recaiguda amb la manca de flexibilitat. No s'hi ha trobat un vincle entre el test de l'angle popliti per determinar el risc de lesió d'isquiosural, però sí una relació estadísticament significativa de baixa flexibilitat d'isquiosurals amb el risc de lesions en futbolistes joves. Així, en lesions recidivants dels isquiosurals s'observa una disminució de 10 a 19 graus en el test de l'angle popliti després de la lesió inicial. Tot i això, en la mesura de la flexibilitat a través del test d'elevació de la cama recta en futbolistes joves, no van trobar diferències significatives entre el grup de lesionats i no lesionats, i tampoc s'hi va trobar relació entre asimetries bilaterals. Tanmateix, s'estableix una amplitud de moviment (ADM) reduïda en els flexors de genoll que augmenta la probabilitat de les lesions d'isquiosurals en jugadors de futbol (84). La manca de flexibilitat de la musculatura isquiosural també està relacionada amb el dolor lumbar i el possible prolapse dels discos L4/L5 i L5/S1. Una lesió en aquest grup muscular pot arribar a provocar problemes biomecànics a nivell de la zona lumbar, de la pelvis i sacra (47). Per una altra banda, Liu et al. van trobar una relació entre la disminució de la flexibilitat dels isquiosurals i l'augment de la seva activitat elèctrica muscular en individus que referien dolor lumbar.

Van concloure que el dolor lumbar pot provocar un augment de la tensió muscular o un dany en la musculatura isquiosural (82). En canvi, Luque Suárez et al. van demostrar que la flexibilitat isquiosural i lumbar conjuntament amb la tonificació de la musculatura abdominal són factors importants en la prevenció del dolor lumbar. Van relacionar l'escurçament de la musculatura isquiosural amb l'aparició de lumbàlgies i lesions de la pròpia musculatura isquiosural (92).

- Desequilibri de força dels isquiosurals. S'han dissenyat una gran quantitat de programes d'entrenament de força en prevenció de les lesions d'isquiosurals per tal d'equiparar la diferència entre la contracció concèntrica i l'excèntrica de la cama afectada amb la sana. Aquest desequilibri de força muscular és la principal causa de les lesions per sobreesforç en sol·licitació. S'ha establert connexions teòriques entre la força muscular i la flexibilitat, i entre la lesió per distensió muscular i la flexibilitat. Però encara manquen estudis que relacionin la força muscular i la lesió per sobreesforç en sol·licitació (82). Tanmateix, el desequilibri muscular dels flexors de genoll (isquiosurals) i extensors (quàdriceps) sembla ser un factor de risc de lesió dels isquiosurals (84,87). L'avaluació de la força d'aquests grups mitjançant dinamometria isocinètica mostra que un dèficit de 8 a 15% de força dels isquiosurals respecte al costat contralateral és un factor de risc de lesió. De la mateixa manera, una relació entre la força dels isquiosurals respecte al quàdriceps de menys de 50-60% és un factor de risc de lesió de la musculatura posterior de la cuixa que deixaria en desavantatge mecànica als isquiosurals versus la contracció quadricipital (17,82). No obstant això, un recent metanàlisi no va trobar cap associació entre el desequilibri d'isquiosurals versus quàdriceps, però va evidenciar un major risc de lesions en els esportistes associats amb un increment de la força quadricipital (84).
- Escalfament insuficient. Un escalfament pobre també pot ser un factor de risc de les lesions de la musculatura isquiosural que apareixen a l'inici de la pràctica esportiva. Ho recolza l'estudi de Safran citat per Liu et al. (82) que ha demostrat que l'augment de la temperatura muscular permet millorar la

longitud muscular i la seva força en conills. L'eficàcia de l'escalfament s'explica pel canvi de les propietats viscoelàstiques de l'estructura músculo-tendonosa gràcies a l'augment de la temperatura o als canvis metabòlics que s'hi produeixen (3). En canvi, un estudi de Gillette et al. va evidenciar que un mínim de 20 minuts d'escalfament augmenta la temperatura corporal, però no va fer augmentar la flexibilitat dels isquiosurals. Aquesta revisió no va aconseguir trobar cap estudi clínic, que demostrés que un escalfament insuficient donés com a resultat un augment de la taxa de lesions de la musculatura de la cuixa (94).

- La fatiga és un factor de risc modificable que es pot evidenciar provocant clínica durant la pràctica esportiva i la competició. Els músculs fatigats tenen més risc de lesió en contraccions excèntriques, en funció de la capacitat que es tingui d'absorbir energia (82,87). Els músculs fatigats tenen menys capacitat de resistir l'elongació muscular. Les modificacions propioceptives induïdes per la fatiga muscular poden produir canvis posicionals articulars i en conseqüència afectar la longitud muscular. Els isquiosurals fatigats no poden contrarestar la tensió muscular dels quàdriceps provocant una anteverció de la pelvis i una hiperextensió de genolls. És freqüent el desequilibri muscular entre els isquiosurals i els quàdriceps degut a la fatiga de la musculatura de la cara posterior de la cuixa provocant aquest desequilibri agonista/antagonista (17).
- Afectacions lumbar. Lesió dels isquiosurals pot estar associada amb el dolor en la zona lumbar. S'ha trobat un augment de l'activitat elèctrica muscular degut a la disminució de la flexibilitat de la musculatura isquiosural en aquells pacients que tenen dolor en la zona lumbar. Aquests resultats indiquen que el dolor d'esquena lumbar pot provocar un augment de la tensió muscular o un dany de la musculatura isquiosural (82). En un estudi retrospectiu, Hennessey i Watson van trobar un augment significatiu de la lordosi lumbar en aquells esportistes amb isquiosurals afectats (95), el que

indica una possible associació entre l'afectació de la musculatura isquiosural i la corba lumbar (31,96).

- Tensió anormal neural. L'atrapament del nervi ciàtic per una cicatriu després d'una lesió muscular d'isquiosural pot crear un augment de la tensió neural amb o sense irritació local. És per això que cada cop agafa més rellevància la incorporació dels estiraments neuromusculars en els programes de rehabilitació (82,87).
- Composició del tipus de fibres musculars. Els músculs tòncics (tipus I) tenen tendència a escurçar-se i per tant s'han d'estirar. Els músculs fàssics (tipus II) tenen tendència a elongar-se i afeblir-se (3). Les fibres musculars tipus II (ràpides) són més propenses a patir lesions musculars per esforç respecte a les fibres de tipus I (lentes). Els músculs isquiosurals tenen un alt percentatge de fibres musculars tipus I en comparació amb altres músculs de les extremitats inferiors, però en canvi, les lesions que tenen tendència a patir són lesions per esforç relacionades amb les fibres musculars de tipus II. Hi ha una hipòtesi on es planteja la possibilitat que els músculs que contenen un alt percentatge de fibres ràpides són més propensos a lesionar-se. Està demostrat que les fibres ràpides (tipus II) tenen una baixa capacitat metabòlica oxidativa. S'ha formulat una hipòtesis on es suposa que basant-se en aquesta evidència metabòlica, les fibres tipus II tenen major risc lesional davant d'un treball excèntric (82).

1.5. Les lesions en la pràctica esportiva de l'handbol

L'handbol és un esport d'equip de contacte que la seva pràctica esportiva requereix una gran exigència física de l'esportista (7,97,98).

Són diversos els autors que analitzen quina és la incidència lesional en la pràctica esportiva de l'handbol. Tanmateix, els resultats són difícils de comparar degut a l'heterogeneïtat en els diferents dissenys d'estudi. Referent a aquesta dada, l'handbol té una incidència lesional similar a la pràctica esportiva del futbol i superior

a la del bàsquet, hoquei herba i beisbol en els Jocs Olímpics (JJOO) de l'any 2004 (97). I referent als JJOO del 2008, la incidència lesional fou més important a la pràctica esportiva del futbol seguit per taekwondo, hoquei herba, handbol, aixecament de peses i boxa (98).

Davant la necessitat d'homogeneïtzar la incidència lesional de l'handbol en la població d'estudi, s'ha agafat com a referència l'article de Mónaco et al. (7). Avalua la incidència i el patró lesional de l'handbol durant 5 temporades d'un club del sud d'Europa. És un estudi retrospectiu i transversal de 496 jugadors, de 29 equips segons categoria, edat i nivell, durant el 2007 al 2012 (alguns d'aquests jugadors han repetit en diferents temporades). Les categories són: sènior A (professionals), sènior B (segon equip amb edats compreses entre 18 i 28 anys), juvenils (16-17 anys), cadet A (14-15 anys), cadet B (13-14 anys) i infantils (12-13 anys).

La UEFA (Unió de Federacions de Fútbol Europees) estableix per consens una sèrie de criteris epidemiològics. Aquest consens defineix: lesió, hores d'exposició, gravetat de la lesió i exposició al risc (99-101):

- Lesió. És aquell dany físic que apareix durant la pràctica de l'handbol, en sessions d'entrenament o durant el transcurs d'un partit, i que genera una incapacitat del jugador per participar completament en un entrenament o partit. Mónaco et al. van excloure les lesions produïdes fora de la pràctica d'handbol i les malalties comunes (7).
- Hores d'exposició. Fa referència a la suma del temps dedicat a partits, tant siguin oficials com amistosos, i entrenaments o qualsevol activitat física individual o col·lectiva dirigida per l'equip tècnic amb l'objectiu de mantenir o millorar la condició física dels jugadors. Aquesta informació fou subministrada pel mateix equip tècnic.
- Gravetat de la lesió. Ve determinada pel nombre de dies absents a l'entrenament. El consens determina lesió lleu (d'1 a 7 dies), moderada (de 8 a 28 dies) o greu (més de 28 dies).

- El risc de patir una lesió ho consideren com un factor d'exposició al risc. Mónaco et al. (7) van realitzar un càlcul de la incidència lesional segons el nombre de lesions per 1.000 hores d'exposició al risc, que estava basada en el temps real i individual d'entrenaments realitzats i partits disputats.

La principal troballa d'aquest estudi és que no van veure diferències significatives en la incidència lesional ni en els patrons lesionals entre els equips d'handbol formatius i els equips sèniors. Dins de la localització més representatives, la cuixa suposà el 12,9% i la regió lumbar el 10,6% (**Taula 2**). En les estructures més afectades, s'hi destacà les estructures musculars en un 20,5% (**Taula 3**). Respecte a les lesions musculars, el 70% d'aquestes afectaven a les EEII. En els grups musculars involucrats, els isquiosurals representaven el 14,9% (**Taula 4**). Referent a la tipologia de lesions, les lesions greus van representar un 10% (**Taula 5**) sent amb major freqüència el síndrome facetari (amb un mitjana de 58 dies de baixa) i l'espondilòlisi L5 (80,7 dies de baixa). L'estudi constata un valor mig d'incidència lesional de 4,9 lesions/1.000h d'exposició total el qual estaria dins dels valors publicats fins al moment (4,1 a 12,4 lesions/1.000h d'exposició total). Aquesta incidència és inferior a l'índex lesional d'altres esports com és el futbol i el hoquei herba però en canvi és superior al del bàsquet. Cal destacar que l'equip cadet B va presentar major índex lesional sent d'un 5,7 lesions/1.000h d'exposició total (amb una desviació estàndard de 3,2). Els autors ho justifiquen com la probabilitat de coincidir en una edat de creixement i canvis puberals o pels canvis de reglamentació degut a que dins d'aquesta categoria de cadets, s'utilitza una pilota de major talla i pes, i juguen més minuts per partit. Tanmateix es conclou que no es constaten diferències significatives de l'índex lesional entre equips de les diferents categories estudiades. Una troballa especial foren les "apofisitis", que els autors defineixen com les lesions pròpies en edat de creixement. Tenen una diferència estadísticament significativa en la seva incidència lesional en la categoria infantil respecte a la resta de categories. L'explicació que donen apunta a la immaduresa de l'aparell locomotor en edat pediàtrica. Tanmateix deixen en obert les conseqüències d'aquestes patologies al final de la carrera esportiva del jugador. Remarquen que les lesions greus, que són les més importants per les conseqüències que poden ocasionar, són les lesions que més dies de baixa

generen. I la lesió greu que més índex d'incidència ha tingut ha sigut l'espondilosi, patologia potencial greu i amb major risc de recaigudes (7,102). És per això que volen remarcar i cridar l'atenció per sumar esforços al seguiment de programes de prevenció (7).

Taula 2. Incidència lesional segons localització.

Composició obtinguda de Mónaco et al. (7).

<i>Localització</i>	<i>Incidència</i>
Turmell	18,1%
Genoll	15,3%
Cuixa	12,9%
Regió Lumbar	10,6%
Canell i Mà	10,4%
Espatlla	7,7%

Taula 3. Incidència lesional segons estructures afectades.

Composició obtinguda de Mónaco et al. (7).

<i>Estructures</i>	<i>Incidència</i>
Lligamentoses	27,3%
Musculars	20,5%
Hematomes i bursitis traumàtiques	9,5%
Sinovials i burses	9%
Tendinoses	7,4%
Cartílags	5,2%
Fractures agudes	4,7%

Taula 4. Incidència lesional dels grups musculars de les EEII.

Les lesions d'EEII representen el 70% de totes les lesions musculars. Composició obtinguda de Mónaco et al. (7).

<i>Grups musculars involucrats</i>	<i>Incidència</i>
Adductors	22,8%
Quadríceps	18,4%
Isquiosurals	14,9%
Tríceps sural	13,2%

Taula 5. Gravetat de la lesió segons els dies de baixa.

Les lesions greus van representar un 10%. Composició obtinguda de Mónaco et al. (7).

<i>Lesió</i>	<i>Mitjana de dies de baixa</i>
Espondilòlisi L5	80,7
Síndrome facetari	58
Fractura escafoides	55
Lesió lligament triangular del carp	49
Ruptura isquiosural	36,5
Avulsió de la tuberositat anterior de la tibia	35

Balius et al. van fer una classificació dels esports segons la seva repercussió vertebral (*Taula 6*), remarcant la necessitat de tenir present l'edat biològica de l'esportista segons l'evolució de les alteracions raquídies preexistents a la pràctica esportiva durant el creixement de l'individu. Aquesta classificació consta de cinc grups (103):

1. Esports vertebralment negatius. Aquells esports on el gest obliga necessàriament per la seva pràctica a realitzar moviments de flexió-extensió, inclinacions i rotacions vertebrals de forma constant amb màxima intensitat. S'afegeixen cargues contínues o discontinües, freqüentment en posicions desaconsellables i de desprotecció del raquis. Els esports més significatius d'aquest grups són: gimnàstica esportiva masculina i gimnàstica rítmica i artística femenina, judo, lluita, llançament de javelina i de pes, salts atlètics, natació en estil papallona.
2. Esports vertebralment negatius en potència. Aquells esports on els moviments de la columna no són necessàriament forçats de forma constant i intrínseca. Les seves cargues no s'associen en una posició o moviment incorrecte, sempre i quan es realitzin adequadament. La columna vertebral s'intenta estabilitzar a través d'un treball específic. Tanmateix, quan es competeix pot succeir que aquests esports passin a ser vertebralment negatius efectius. Els esports més característics són: halterofília, atletisme

(obstacles i llançaments en rotació, martell i disc), rem, vela, ciclisme, motociclisme, equitació, waterpolo, salts de palanca, trampolí, esquí nàutic i alpí, el rugbi i la petanca.

3. Esports vertebralment indiferents. On els moviments de columna no són necessàriament forçats, no solen anar acompanyats de cargues o xocs i si es presenten són de forma ocasional. Els esports més significatius són: atletisme (carrera i marxa atlètica), futbol, esgrima, totes les modalitats de hoquei, tennis, ping-pong, pilota basca, golf i tir amb arc. En cadascun d'aquests esports s'hauria de valora les alteracions de columna prèvies a la pràctica esportiva i valorar els esportistes que es troben en edat de creixement, sobretot en aquells esports que són asimètrics.
4. Esports vertebralment positius. Són aquells esports que comporten moviments vertebrals constants sense haver de ser gestos necessàriament forçats, no comporten la realització de cargues i solen tenir un component d'estirament simultani. Tanmateix, la seva pràctica esportiva sol anar acompanyada d'un programa d'exercicis estabilitzadors vertebrals, un treball minuciós en la tècnica del gest i en la recepció del salt per tal de minvar l'impacte a les estructures vertebrals. Els esports que representen aquesta categoria són: el bàsquet, l'handbol, el voleibol, la gimnàstica no esportiva, la natació (en excepció de la disciplina de papallona).
5. Esports vertebralment perillosos. On es poden presentar de manera accidental lesions vertebrals agudes com són les fractures amb o sense afectació medul·lar. Per tant, són tots aquells esport amb risc de caigudes: muntanyisme, espeleologia, paracaigudisme, vol lliure, esquí, salts d'esquí, salts de palanca, salts de trampolí, gimnàstica esportiva i rugbi.

Taula 6. Classificació dels esports segons la seva repercussió vertebral.
Composició obtinguda de Balius (103).

CLASSIFICACIÓ	ESPORTS
Esports vertebralment negatius	Gimnàstica esportiva masculina, gimnàstica rítmica i artística femenina, judo, lluita, llançament de javelina i pes, salts atlètics, natació estil papallona.
Esports vertebralment negatius en potència	Halterofília, atletisme (obstacles i els llançaments en rotació, martell i disc), rem, vela, ciclisme, motociclisme, equitació, waterpolo, salts de palanca, trampolí, esquí nàutic i alpí, rugbi i petanca.
Esports vertebralment indiferents	Atletisme (carrera i marxa atlètica), futbol, esgrima, totes les modalitats de hoquei, tennis, ping-pong, pilota basca, golf i tir en arc.
Esports vertebralment positius	Bàsquet, handbol , voleibol, gimnàstica no esportiva, natació (en excepció de la disciplina de papallona).
Esports vertebralment perillosos	Muntanyisme, espeleologia, paracaigudisme, vol lliure, esquí, salts d'esquí, salts de palanca, salts de trampolí, gimnàstica esportiva i rugbi.

Remarcar que són diversos els autors que afirmen que cal prestar atenció a l'existència d'espondilòlisi o espondilolistesi que afecten especialment a L5 (102,104,105,105-110). I concretament, la pràctica de l'handbol té una important incidència de patologia lumbar, sobretot en espondilòlisi a nivell de L4-L5 (7,102).

Taula 7. Estudis que defineixen la incidència lesional i els patrons lesionals en jugadors d'handbol.

H: Homes; D: Dones; NC: no calculat; ND: no definit (7).

Autors	Any de publicació	Tipus d'estudi	Edats	Tipus	Jugadors (n)	Sexe	Lesions	Incidència lesional/1000h		Localització més freqüent		Tipus de lesió més freqüent	
								Total	Partit/entrenament	Primera	Segona	Primera	Segona
Jorgensen	1984	Retrospectiu	17-37	Elit	288	ND	282	8,3	NC	Dits	Cama	Esquinç	Muscular
Yde	1990	Prospectiu	7->18	Elit/ No elit	221	H i D	105	NC	11,4/4,6	Turmell	Dits	Esquinç	Contusió
Yde y Nielsen	1990	Prospectiu	<18	ND	94	H i D	36	4,1	10/1,9	Turmell	Dits	Esquinç	Contusió
Backx et al.	1991	Retrospectiu	ago-17	Escolar	324	H i D	399	NC	14/4,3	Turmell	Genoll	Contusió	Esquinç
Lindbat et al.	1992	Prospectiu	jun-48	ND	570	H i D	570	NC	NC	Turmell	Genoll	Esquinç	Contusió
Dirx et al.	1992	Cas control	dic-30	ND	681	H i D	206	NC	NC	Turmell	Dits	Esquinç	Muscular
Seil et al.	1998	Prospectiu	25,8	Elit/ No elit	186	H	91	2,5	14,3/0,6	Genoll	Dits	Esquinç	Muscular
Langevoort et al.	2007	Prospectiu	ND (sènior)	Elit	ND	H i D	478	27	NC	Cap	Genoll	Contusió	Esquinç
Reckling et al.	2003	Retrospectiu	ago-18	ND	100	H i D	130	NC	NC	Turmell	Genoll	Esquinç	Sobre ús
Olsen et al.	2006	Prospectiu	15-18	Amateur	1080	H i D	118	12,4	9,9/0,9	Genoll	Turmell	Esquinç	Contusió
Moller et al.	2012	Prospectiu	16-33	Elite	517	H i D	448	H:4,2 M:7,8	H:11,5 M:31,7	Turmell	Genoll	ND	ND

1.6. L'estirament muscular

L'estirament és una tècnica que manté o millora l'amplitud de moviment d'una articulació o conjunt d'articulacions (111) . Conformava una seqüència de moviments i posicions articulars tot sol·licitant el teixit muscular i sensitiu, gràcies a una acció de tracció i allargament (49). És una tècnica indicada pel tractament d'una patologia, la prevenció i el manteniment o desenvolupament de les capacitats físiques de l'individu. Es pot aplicar a la clínica o en l'àmbit esportiu (41,111,112).

L'estirament crea una tensió passiva que actua sobre els ponts d'actina-miosina estables i la titina com element elàstic del sarcòmer. Si s'incrementa l'amplitud, també s'actua sobre el teixit conjuntiu i el tendó. La titina contribueix a la resistència passiva (63). A nivell agut, l'estirament disminueix la rigidesa. A llarg termini, l'estirament augmenta l'ADM. Això es produeix gràcies a l'adaptació sensitiva a l'estirament per la variació de la percepció del dolor i de la sensació d'estirament deguda a la disminució de l'activació dels FNM i dels OTG. Aquest fenomen s'anomena *stretch tolerance* (tolerància a l'estirament) (14). En estiraments llargs es produeix un efecte plàstic i una reorganització del teixit estirat. S'obté una millora de l'ADM acompanyada d'una disminució en l'eficàcia tendinosa per emmagatzemar energia. És per això que els estiraments perllongats no estan indicats en l'escalfament i en canvi, es podrien prescriure dins d'un programa d'entrenament de la flexibilitat (41).

1.6.1. Les qualitats físiques

Les qualitats físiques es divideixen en dos grups. Unes conformen les qualitats físiques bàsiques o condicionals i les altres corresponen a les qualitats físiques complementàries o facilitadores (41,111).

1.6.1.1. Les qualitats físiques bàsiques o condicionals

S'anomenen també orgàniques-funcionals ja que depenen de la contracció muscular i de l'energia que es consumeix per tal d'assolir la contracció. Es fonamenten en l'eficàcia dels mecanismes energètics i en l'aplicació dels principis de l'entrenament. Les tres qualitats físiques bàsiques són: la força, la resistència i la velocitat (41,111).

- La força és la capacitat de generar tensió intramuscular per vèncer una resistència. Es divideix en:
 - Força màxima: major força que genera el sistema neuromuscular a partir d'una contracció voluntària, per exemple la pràctica de l'halterofília.
 - Força velocitat o explosiva: aptitud del sistema neuromuscular per superar una resistència en el menor temps possible, per exemple el salt en el voleibol.
 - Força resistència: capacitat de reproducció continuada d'un gest vencent la fatiga en esforços de llarga persistència, per exemple el rem.

- La resistència és la capacitat de superar una càrrega física i psíquicament durant el transcurs d'un temps determinat amb l'aptitud de recuperar-se ràpidament. Hi ha dos tipus de resistència. La resistència aeròbica és quan es disposa d'oxigen suficient per metabolitzar el glucogen i els àcids grassos. Són exercicis de llarga durada i baixa intensitat (per exemple la marató). En la resistència anaeròbica no es disposa de suficient oxigen per obtenir energia i els processos metabòlics es succeeixen sense aquest combustible produint constantment àcid làctic en el múscul. Són exercicis de curta durada a alta intensitat (per exemple l'esquí alpi).

- La velocitat permet a l'esportista respondre amb màxima rapidesa davant d'un estímul realitzant un gest tant ràpid com sigui possible en un espai mínim de temps.

1.6.1.2. Les qualitats físiques complementàries o facilitadores

Possibiliten la preservació del rang de moviment articular amb una major economia del gest. Si s'entrenen proporcionen destresa, confiança, elegància i faciliten el gest tant si és un gest esportiu com una acció dins de les activitats de la vida diària. Comprenen la coordinació i la mobilitat-flexibilitat (111).

- La coordinació requereix un treball conjunt del sistema nerviós central i les fibres muscul-esquelètiques en la realització d'un gest determinat i tota la seqüència de moviments posteriors.
- La mobilitat-flexibilitat és l'amplitud de moviments d'una articulació o conjunt d'articulacions. Aquesta qualitat física va en funció de la biomecànica de les articulacions; de la morfologia de les superfícies articulars, les propietats de les parts toves que conformen l'articulació com ara la capacitat d'extensibilitat del múscul, tendó, lligaments i càpsula articular, i de la força muscular necessària per obtenir un moviment (41,49,92,111).

1.6.2. La flexibilitat muscular

La flexibilitat és un dels components importants de la condició física de l'individu (92). Aquest concepte adquireix diverses definicions per diferents autors. Anteriorment ja se n'ha fet referència, però Zachazewski ho complementa especificant que és la capacitat que té un múscul per estirar-se, permeten a una o varies articulacions obtenir un determinat rang de moviment (113-115). Álvarez del Villar la defineix com *"la qualitat que, en base a la mobilitat articular, extensibilitat i elasticitat muscular, permet el màxim recorregut de les articulacions en posicions diverses, permeten realitzar a l'individu accions que requereixen agilitat i destresa"* (116).

La introducció dels estiraments en un treball de flexibilitat ve donada pel vincle que sempre ha existit entre la pràctica esportiva i els beneficis que aporta un programa de flexibilitat: permet augmentar la temperatura intramuscular, disminueix la percepció del dolor muscular, augmenta l'ADM, facilita la relaxació muscular i

mental, reequilibra la postura, millora la tolerància a l'estirament, facilita la tornada a la calma i la recuperació de l'organisme després d'una situació d'esforç, té una gran importància en la prevenció de lesions múscul-tendinoses i millora el rendiment esportiu (92,117). Tanmateix, el treball de flexibilitat tindrà en moltes ocasions l'objectiu prioritari de simplement mantenir i/o millorar l'extensibilitat muscular que determinarà l'ADM d'una o varies articulacions, depenent dels valors inicials de cada individu (117).

Una unitat miotendinosa es veurà sotmesa a una relativa rigidesa si no és sol·licitada regularment en allargament o no s'utilitza. I viceversa, si és sol·licitada amb regularitat i intensitat en allargament i tracció, aquesta estructura miotendinosa anirà assolint un nou estat de major longitud, millorant i augmentant la mobilitat articular (49,118). Tanmateix, cal tenir present que una pèrdua substancial de la força muscular conjuntament amb alts nivells d'elongació muscular pot provocar al subjecte la pèrdua de la capacitat d'efectuar contraccions musculars amb cert nivell d'explosivitat. És per això que durant l'aplicació d'un programa d'estirament per millorar la flexibilitat muscular, no s'ha d'abandonar el treball d'acondicionament del múscul. Pel contrari, l'absència de certs nivells de capacitat d'estirament muscular posarà al subjecte en risc de patir una lesió de grau I, II o III davant una situació de tracció, o qualsevol altra lesió muscular intrínseca menor degut a la manca de flexibilitat (72).

Existeixen dos tipus de flexibilitat: l'estàtica i la dinàmica. En la flexibilitat estàtica no es produeix contracció muscular i es realitza a partir d'un ajut o força externa. En la flexibilitat dinàmica, l'amplitud de moviment s'aconsegueix mitjançant una contracció muscular voluntària. Entre la flexibilitat estàtica i la dinàmica apareix el nivell de flexibilitat òptim, el qual permet una execució eficient del gest disminuint el risc de lesió. Aquest nivell de flexibilitat òptim depèn de les característiques pròpies de cadascú i de l'esport que es practica. Això vol dir que cal plantejar-se en cada moment quin és l'estirament més adequat. Un nivell de flexibilitat superior al requerit no suposa una prevenció de lesions i produirà un rang de moviment articular amb una excessiva relaxació de les parts toves i càpsula articular. Aquesta circumstància afavorirà la possibilitat de patir inestabilitats articulars. El rang articular s'ha de desenvolupar fins obtenir un gest tècnic òptim, amb unes

capacitats motores eficaces en funció de l'esport que es practica. Existeixen tres tipus de flexibilitat segons la seva aplicació pràctica: la flexibilitat absoluta es correspon al màxim grau de moviment possible, la flexibilitat de treball és el rang màxim de moviment que es pot assolir en un gest esportiu concret, i la flexibilitat residual, és la diferència d'aquestes dues sent un marge de seguretat imprescindible per a la pràctica segura de l'esport i per prevenir lesions. En esports col·lectius, la flexibilitat residual proporciona aquest marge de seguretat davant gestos inesperats per contacte que provoquen ADM massa forçades (41,111).

La complexitat de l'estudi de la flexibilitat és deguda als múltiples factors que la determinen, com són: la capacitat d'estirament de les unitats múscul-tendinoses, les restriccions físiques de cada articulació, el sexe, l'edat, el nivell de creixement, el gest dins de cada pràctica esportiva i l'entrenament. Generalment, el sexe femení obté millors valors de flexibilitat respecte al masculí. Ho explica el fet de la presència d'estrògens circulants, major percentatge de teixit adipós, menor percentatge de massa muscular i, el més determinant és la major producció de relaxina. En situacions de sobrecarrega i/o estrès, la musculatura estàtica evoluciona cap a l'escurçament muscular. En canvi, la musculatura dinàmica té tendència al relaxament i a la debilitat. Si apareix una manca d'amplitud articular és degut a la rigidesa de la musculatura estàtica. Per tant, la flexibilitat cal treballar-la de forma constant i sobretot, cal incidir en aquella musculatura que té tendència a l'escurçament pautant l'estirament (119).

Es pot fer un plantejament divers del treball de flexibilitat en funció del moment de la temporada en que es trobi l'esportista (41):

- Durant el període de preparació es dissenya un treball de tipus general o bàsic que evolucionarà cap a un treball més específic. Aquest programa de flexibilitat serà passiu i actiu, segons l'esport practicat sempre respectant les ADM que afavoreixen el gest esportiu i garanteixen l'estabilitat. És un programa d'entrenament de la flexibilitat.
- En el període de competició es realitza un ajustament de les qualitats sense voler adquirir més habilitats amb l'entrenament. El seu objectiu és mantenir els rangs que s'han assolit durant el període previ. En aquesta fase es

pretén mantenir les ADM i prevenir lesions. Es planteja durant aquest període un programa de flexibilitat.

- Durant el període de transició, l'esportista realitza un repòs actiu amb l'objectiu de regenerar-ho per al següent cicle d'entrenament. En aquesta etapa, l'esportista es recupera física i psicològicament a la vegada que s'intenta mantenir les qualitats físiques bàsiques aconseguides en la preparació física prèvia.

La pèrdua de flexibilitat muscular suposa una disminució de la capacitat del múscul de deformar-se, provocant una disminució del rang de moviment de les articulacions que creua (112,120).

Durant l'edat escolar i puberal disminueix aquesta flexibilitat (19,25,121). Això és degut a que el creixement ossi és més ràpid que el dels músculs, els quals s'adapten progressivament a la nova situació (49). Però l'efecte de l'estirament en edats prepuberals (10 anys), puberals (13 anys) i adolescent (16 anys) és similar. Zakas et al. van investigar l'amplitud de moviment de la flexió de maluc, extensió de maluc, abducció de maluc i flexió de genoll mitjançant un goniòmetre i un flexòmetre. Els participants de l'estudi es van dividir en dos grups A i B on hi havia individus dels 3 grups d'edat. El grup A seguia un programa de força a més de les classes d'Educació Física i el grup B només feia les classes d'Educació Física. L'estudi va incorporar un programa d'estiraments estàtics i van veure que augmentava significativament l'ADM de les articulacions estudiades en edat prepuberal, puberal i adolescents. Per tant, van determinar que l'edat no és un factor limitant de l'ADM ni tampoc la lateralitat. I recomanaven que el professorat d'Educació Física i els entrenadors incloguessin un programa d'estiraments dins del treball de força ja que aquest millora la flexibilitat dels participants (122). Un any més tard, Zakas et al. investiguen en quines condicions actua un programa de flexibilitat dins de l'escalfament en un equip junior de jugadors d'handbol. El grup experimental feia l'escalfament i 15 minuts d'exercicis d'estirament, mentre que el grup control només feia l'escalfament. Mesuraven l'arc de moviment passiu de la flexió de maluc, extensió de maluc, abducció de maluc, flexió de genoll i dorsi-flexió

de turmell mitjançant un goniòmetre i un flexòmetre. Van concloure a l'estudi que la flexibilitat en aquestes articulacions millora com a resultat de l'elongació muscular durant l'escalfament, fins i tot incorporant un programa d'estirament pobre. Tanmateix, els autors no detallen quin tipus d'estirament escolleixen per fer el programa d'estiraments (123).

1.6.3. Tipus d'estiraments

Les diverses modalitats d'estiraments fa que sigui possible beneficiar-se dels seus efectes abans, durant i després de la pràctica esportiva. No hi ha un consens en el tipus d'estiraments, els beneficis que produeixen les diferents modalitats d'estiraments ni en els temps d'aplicació d'aquests. Hi ha dues propostes de classificació dels estiraments segons l'escola anglosaxona i segons l'escola francesa.

- Escola anglosaxona. Els classifica en dinàmics o estàtics. A més, en funció de la seva repercussió en l'ADM o en funció de l'element que genera la força de tracció poden ser: passius (s'obté l'efecte de l'estirament per l'acció d'un agent extern sense la participació de l'individu), passiu-actiu (estirament passiu seguit del manteniment actiu de la posició per contracció isomètrica de l'antagonista), estirament actiu-assistit (contracció inicial activa de l'antagonista i quan s'arriba al límit de la percepció de l'estirament, s'aplica una força externa que incrementa l'ADM, i actua sobre la relació agonista/antagonista millorant la realització del moviment coordinat) i l'estirament actiu (estirament realitzat per la pròpia contracció de l'individu sense cap ajut extern) (41).
- Escola francesa. Destaquen tres investigadors principals:
 - Neiger: els classifica segons la modalitat (passiva per força externa, activa per contracció interna de l'antagonista, tensió activa per contracció interna de l'agonista) i segons el caràcter (analític o global) (49).

- Esnault (48,118) i Cahors (124): coincideixen en la classificació especificada en la següent **Figura 16**:

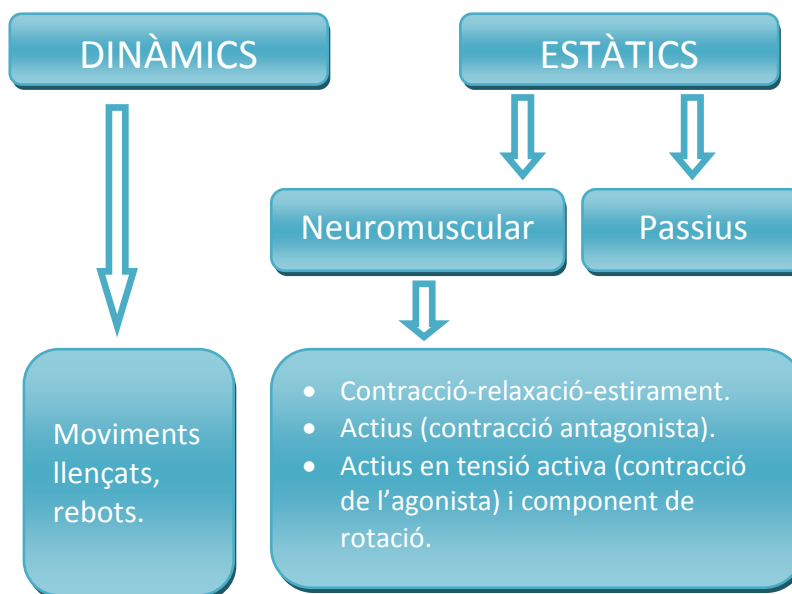


Figura 16. Classificació segons Esnault i Cahors.
Tipologia d'estiraments musculars segons Esnault (48,118) i Cahors (124).

Les modalitats d'estirament queden diferenciades en: estiraments dinàmics, estiraments estàtics passius, tècniques neuromusculars de contracció-relaxació-estirament (CRE), estiraments estàtics passius en tensió passiva i estiraments estàtics actius en tensió activa (41,48,49,118,124).

1.6.3.1. Estiraments dinàmics

Els estiraments dinàmics són una seqüència de moviments de balanceig, llençats i rítmics de rebots on s'alternen fases d'estirament i escurçament muscular, produint un gran augment de la longitud muscular per unitat de temps. El múscul sotmès a estirament es trasllada al final del seu rang de moviment mitjançant una força externa o per la pròpia musculatura agonista del moviment. Una vegada

ubicat en la màxima ADM o pròxim a aquesta, es realitzen diversos moviments rítmics de rebot, balanceig o de llançament a alta velocitat. Aquesta tipologia d'estirament ofereix dues principals avantatges: proporciona un increment de flexibilitat activa i una alta reproductibilitat del gest esportiu (117). En la seva execució s'activarà el reflex miotàtic i la contracció de la musculatura que s'oposarà a l'estirament, evitant que l'arc de moviment arribi a posicions articulars extremes que podrien provocar una lesió. Aquest tipus d'estirament s'utilitza en la fase d'escalfament amb la finalitat de preparar les estructures que seran sol·licitades en la pràctica esportiva. Amb aquesta seqüència de moviments es cerca la màxima similitud al gest esportiu. La seva acció no busca un augment de l'ADM sinó una activació de les estructures a la immediata contracció muscular ràpida i eficaç cap a un gest explosiu (41,48,49,117,118). S'obté un augment de la temperatura muscular, una disminució de la rigidesa tant del ventre muscular com del seu punt insercional articular, un augment de la velocitat de transmissió dels impulsos nerviosos i canvis en la relació a la velocitat de l'estimulació de la força i l'agilitat (125). Els músculs que han estat preparats mitjançant els estiraments dinàmics tenen major capacitat d'absorció d'energia durant el transcurs de la pràctica esportiva. Tanmateix, els estiraments dinàmics que reproduïen el recorregut del gest esportiu no disminueixen la força muscular (126).

Cal dir que són varis els autors que no recomanen aquesta tipologia d'estiraments. Durant la seva execució apareix el risc de produir microtraumatismes incrementant la rigidesa muscular. Així doncs, si aquesta seqüència de moviments implica un estirament brusc, es desencadena una acció reflexa que provoca la contracció del mateix múscul (reflex miotàtic o d'estirament) que dificulta encara més l'estirament dels teixits connectius. L'estirament és més efectiu si els elements contràctils estan totalment relaxats. Per tal d'evitar aquest efecte negatiu caldria realitzar l'estirament sense brusquedat i seguint un patró d'execució lent (23,41,48,49,117,118,124,127-129).

1.6.3.2. *Estiraments estàtics passius.*

És una tipologia d'estirament amb l'elongació de l'estructura muscular mantinguda durant un període de temps (per això s'anomena estàtic). S'evita l'activació del reflex miotàtic millorant l'adaptació tissular (components mecànics del múscul) i neurològica (components sensitius). L'estirament es realitza per l'acció d'una força externa. Aquesta força pot ser el pes del segment corporal que s'implica a l'estirament degut a l'efecte de la gravetat o mitjançant una força externa generada per una tercera persona o instrument (49,117). L'estirament estàtic redueix la rigidesa muscular degut a l'aparició del reflex d'inhibició dels músculs agonistes i sinergistes a l'estirament (117). La longitud muscular obtinguda cal mantenir-la durant un període de temps que varia segons autors: Anderson proposa de 30 segons a 1 minut (130), Geoffroy i Ferret de 8 a 30 segons (131), Esnault 12 segons (48,118). L'objectiu d'aquest estirament és restablir el múscul després de l'activitat esportiva; disminuir la seva rigidesa post-esforç, baixar l'hipertò i la congestió muscular (48,49,118,130,131).

1.6.3.3. *Tècniques neuromusculars de contracció-relaxació-estirament*

La tècnica anomenada Facilitació Neuromuscular Propioceptiva (PNF) és un mètode que afavoreix o accelera el mecanisme neuromuscular mitjançant l'estimulació dels propioceptors. Consta de dos esquemes d'intervenció: les tècniques d'estiraments anomenades contracció-relaxació-estirament i les tècniques de reforç muscular (o tècnica de Kabat). Les primeres es basen en la relaxació muscular per mitjà de respostes reflexes inhibidores per tal d'augmentar l'ADM articular. En canvi, les tècniques de Kabat es basen en la producció d'un augment de to muscular de certs grups musculars o cadenes musculars (117). Així doncs, les tècniques PNF poden ser utilitzades per millorar la força, la resistència, la flexibilitat muscular, l'arc de moviment articular i la coordinació del sistema neuromuscular. Per aquest motiu s'atribueix a aquestes tècniques un augment de l'extensibilitat mitjançant l'estimulació muscular i tot el seu sistema propioceptiu (117,132).

L'estirament s'inicia en una posició de pre-elongació muscular. Té una fase inicial on l'individu fa una contracció isomètrica del mateix múscul a estirar. Aquesta contracció cal mantenir-la entre 4-30 segons. Després d'aquesta contracció isomètrica es relaxa el múscul durant 2-4 segons per procedir a l'última fase on s'aplica l'estirament mitjançant el pes del cos o l'acció externa durant 10-30 segons. S'aprofita l'estat d'inhibició post-isomètrica del múscul per tal de facilitar el seu estirament (48,118,124,129,131).

Segons autors, les franges de l'estirament en CRE poden ser:

Taula 8. Temps de les tècniques neuromusculars CRE.

Temporització de les tècniques neuromusculars en contracció-relaxació-estirament segons autors.

<i>Autor</i>	<i>Contracció</i>	<i>Relaxació</i>	<i>Estiraments</i>
Geoffroy (131)	10-15 segons	-	20 segons
Sölveborn (129)	10-30 segons	-	10-30 segons
Esnault (48)	4 segons	4 segons	15 segons

S'utilitza per normalitzar el to muscular i per tant està indicat durant l'activitat esportiva si l'objectiu és disminuir un excés d'hipertò, en la tornada a la calma per restablir el to muscular i en un programa d'entrenament de flexibilitat per tal d'augmentar l'ADM. Es recomana d'aplicar en contractures i espasmes musculars per la seva eficàcia contrastada (41).

1.6.3.4. Stretching

És una tècnica molt relacionada amb la PNF, diferenciant *Stretching* de Sölveborn (129) i *Stretching* d'Anderson (133). Aquests autors traslladen els mètodes i tècniques establertes en el camp de la patologia neuro-muscular al camp esportiu. Sölveborn descriu una sol·licitació muscular isomètrica intensa inicial seguida per una relaxació muscular i a continuació un estirament (129). En canvi, Anderson proposa mantenir una posició controlada d'estirament muscular durant 20 segons, seguit de relaxació i una nova posició d'estirament de 20 segons més. L'objectiu és provocar una relaxació muscular per l'activació del reflex d'estirament.

Es busca l'estimulació dels FNM doncs quan s'estira el múscul, els receptors propioceptius reben aquesta tensió excessiva i reaccionen enviant un estímul a les fibres musculars per tal que es relaxin i disminueixin la tensió. En conseqüència es millora el recorregut muscular i disminueix el to. Després de relaxar-se en la posició d'estirament, l'acció del reflex fa el seu efecte desapareixent part de la tensió. Això permet avançar cap a una nova posició d'estirament i repetir el cicle 2-3 vegades. És una tècnica que tot i tenir nom propi quedaria englobada dins dels estiraments estàtics passius amb la característica de ser un bon mètode per reduir el to muscular (133).

1.6.3.5. Estiraments estàtics passius en tensió passiva

Es busca una posada en tensió del grup muscular a estirar a través de la contracció del múscul antagonista, activant el reflex d'inhibició recíproca. Aquesta contracció es manté durant 6-10 segons. A vegades també s'hi involucra tot un conjunt de músculs ubicats a una certa distància que augmenten l'eficàcia de l'estirament. Això suposa una seqüència de posicions articulars específiques a més de la contracció antagonista. És una modalitat d'estirament que repercuteix a les fibres musculars i a les beines aponeuròtiques del múscul. És capaç d'arribar a provocar un 150% d'augment de la longitud muscular de repòs (48,49,118,124).

Aquesta tipologia d'estirament es pot emprar durant l'escalfament si l'objectiu és evitar la fatiga amb l'activació muscular agonista-antagonista, fent períodes curts d'estirament. És aplicable a la tornada a la calma amb la finalitat de baixar l'hipertò muscular i afavorir el retorn venós, si la posició que s'adquireix és en decliu. I es pot utilitzar per millorar l'ADM si el període d'estirament és més perllongat. Aquest fet afavorirà l'augment d'amplitud del múscul en espasme per l'aparició del reflex d'inhibició recíproca. És el primer estirament que es pot introduir un cop superada la fase aguda de la lesió muscular que cursa amb ruptura (41).

1.6.3.6. Estiraments estàtics actius en tensió activa

S'inicia l'estirament en una posició d'allargament del múscul, que mantenint aquesta posició es sol·licita una contracció isomètrica. A partir d'aquí es procedeix a augmentar les distàncies entre les insercions. El múscul treballa en contracció excèntrica i amb una amplitud mitja que pot arribar a elongar el múscul del 120 al 130% de la seva longitud en repòs. La contracció muscular tracciona sobre els tendons generant aquesta "tensió activa" a tota l'estructura miotendinosa (**Figura 17**), tant en la zona d'inserció de les fibres musculars amb el tendó (formant un angle de pennació) a la UMT, com en el punt d'inserció tendinoperiòstic. Aquest estirament s'assembla a la contracció excèntrica ja que provoca una tensió superior a l'obtinguda en una contracció isomètrica. L'estirament es manté entre 4-6 segons (48,49,117,118,124).

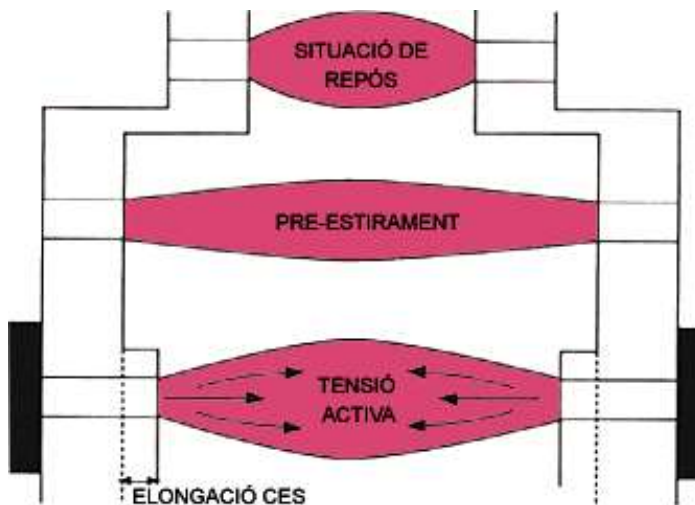


Figura 17. Comportament miotendinós.

En la tipologia d'estirament de tensió activa. Traducció de Neiger (49).

Aquesta tipologia d'estirament produeix un augment de la rigidesa activa i per tant prepara al múscul cap a l'acció-reacció de l'activitat esportiva, millorant la seva capacitat reactiva. És important no excedir els 6 segons d'estirament per evitar les irritacions de les estructures vasculars que poden provocar subisquèmies musculars i afectacions neurològiques en forma de parestèsies. L'estirament actiu en tensió

activa està indicat en l'escalfament i durant l'activitat esportiva (si es necessita reactivar un múscul en concret). Té una especial indicació per prevenir lesions múscul-tendinoses (41).

Existeix una evidència científica suficient que demostra que mitjançant l'aplicació sistemàtica de programes d'estiraments s'obtenen millores en la flexibilitat. En la literatura científica es troben descrites les diverses tècniques d'estiraments, cadascuna d'elles amb els seus avantatges i els seus inconvenients (*Taula 9*) que es poden justificar segons els contextos clínics i físic-esportius. És per això que la seva eficàcia dependrà de la combinació de les diferents tècniques en funció de les necessitats que requereixi la pràctica esportiva (117).

Taula 9. Avantatges i inconvenients dels estiraments.

Descripció dels avantatges i els inconvenients més significatius de les diverses tècniques d'estiraments (117).

Tècnica	Avantatges	Inconvenients
Balística/Dinàmica	Increment de la flexibilitat dinàmica. Reproductibilitat alta amb el gest tècnic.	Dificultat tècnica Possible risc de lesió (balística). Requereixen d'una elevada despesa temporal. Aparició del reflex miotàtic (balística).
Estàtica-passiva	Increment de la flexibilitat estàtica.	Requereix d'un agent extern (company, paret, banc) per posar-se en marxa.
Estàtica-activa	Senzilla tècnica. Seguretat.	Escassa reproductibilitat amb el gest tècnic.
Tensió activa	Increment de la flexibilitat estàtica. Millora la tolerància al treball excèntric.	Escassa reproductibilitat amb el gest tècnic.
PNF	Increment de la flexibilitat estàtica.	Dificultat tècnica.
Stretching	Podria incrementar força, flexibilitat i coordinació.	Requereix d'un agent extern (company, paret, banc) per a la posada en marxa. Escassa reproductibilitat amb el gest tècnic.

1.6.4. L'estirament i els isquiosurals

Neiger afirma que els isquiosurals són el grup muscular que manté més la seva rigidesa de forma constant. Això ho justifica explicant que els músculs poliarticulars no poden elongar-se de forma passiva suficientment com per permetre al mateix temps l'amplitud articular màxima de les articulacions que creuen. Ve a dir que no es pot estirar a la vegada el màxim d'elements càpsulo-lligamentosos de les diferents articulacions degut a la relativa rigidesa miotendinosa. Per tant, a nivell dels isquiosurals, el seu allargament és insuficient per permetre a la vegada la flexió total de maluc associada a l'extensió complerta de genoll (49). La flexibilitat isquiosural i lumbar conjuntament amb la tonificació de la musculatura abdominal, ha demostrat ser un dels factors importants que prevé el dolor lumbar. L'escurçament de la musculatura isquiosural s'ha relacionat amb l'existència de lumbàlgies. D'aquesta manera, la disminució de la flexibilitat isquiosural s'ha associat amb l'augment d'aparicions de lesions lumbars i de la pròpia musculatura isquiosural (92).

Hi ha una gran diversitat en la tipologia d'estiraments i són diversos els autors que intenten evidenciar quina tipologia és la més correcta, la seva posició i el temps d'execució de l'estirament. En la recerca bibliogràfica s'ha trobat una gran diversitat d'execució d'estiraments específics de la musculatura isquiosural.

Teòricament, la contracció concèntrica del múscul antagonista donarà com a resultat recíproc la inhibició del múscul que és estirat. Però basant-se en els resultats de dos estudis diferents amb electromiografia de superfície (EMGS) s'ha posat en qüestió la teoria per la qual l'estirament PNF funciona: han trobat un increment de l'activitat electromiogràfica durant la fase d'estirament de la tècnica PNF. Tot i l'aparent manca d'inhibició del múscul que va associada a aquesta tècnica, l'estirament en PNF ha demostrat ser un mètode efectiu per millorar la flexibilitat del isquiosural però no és explicat amb la inhibició del múscul (132). Aquestes tècniques s'utilitzen amb molta freqüència en esportistes i en subjectes on l'arc de moviment és inferior al normal (134) encara que basant-se en la bibliografia existent queda clar que calen més estudis per comparar les tècniques PNF amb els estiraments estàtics mitjançant un estudi aleatori controlat amb paràmetres

constants. Per això, Davis realitza un estudi on compara l'estirament actiu en tensió passiva, l'estirament estàtic passiu i el PNF (contracció-relaxació-estirament) amb el grup control mitjançant una durada persistent en tots ells de 30 segons com a paràmetre constant. L'autor conclou que a partir de 4 setmanes de durada, amb una repetició de 3 cops per setmana, la tècnica d'estirament estàtic passiu obté una major millora en la flexibilitat del isquiosural. Cal destacar que amb les altres dues tècniques d'estirament també s'obtenen resultats positius però no tan destacats (132). Un altre estudi conclou que la tècnica de PNF és capaç de millorar significativament la flexibilitat del isquiosural comparada amb un grup control a causa de l'augment de la freqüència a 5 dies per setmana durant 6 setmanes (135).

Decoster et al. comparen l'estirament dels isquiosurals segons la posició que s'executa. Van escollir l'estirament passiu en bipedestació versus l'estirament passiu en decúbit supí amb l'EI a estirar recolzada a la paret. Els estiraments es van fer durant 3 setmanes, 3 vegades per setmana a la mateixa hora del dia. Cada estirament es mantenia 30 segons, 3 vegades cada cama amb un descans de 15 segons entre cadascun d'ells. Van concloure que ambdós estiraments eren eficaços per millorar la flexibilitat dels isquiosurals (136). A posteriori, Decoster et al. presenten una revisió sistemàtica on volen esbrinar les posicions més efectives, les tècniques d'estirament més adequades en cadascuna de les circumstàncies d'estirament dels isquiosurals i la duració de l'estirament per tal de millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural. Van concloure que la deficient qualitat metodològica dels estudis revistats (només un 21% dels estudis van arribar a obtenir una puntuació entre 6 i 8 de l'escala de PEDro) fa difícil identificar amb seguretat quin és l'estirament d'isquiosurals més adequat per augmentar el rang de moviment, la seva posició més idònia i el temps més adient (137).

Sainz de Banda va dissenyar un programa d'estiraments d'isquiosurals per alumnes d'Ensenyament Secundari Obligatori, dividits en dos grups (un experimental i l'altre control). El grup experimental feia un programa d'estiraments de 7 minuts de duració dins de les classes d'Educació Física durant tot el curs escolar (9 mesos), 2 sessions per setmana (31 setmanes, 62 sessions d'Educació Física), una duració de 15 segons d'estirament utilitzant la tècnica activa en l'escalfament i la passiva a la tornada a la calma. El grup control va seguir el programa estàndard de les classes d'Educació Física. Abans i després d'aquest

programa d'estiraments es va valorar l'extensibilitat dels isquiosurals mitjançant el test d'elevació de la cama recta. Van obtenir millores significatives (9^0) mentre que el grup control va empitjorar (-2^0) (138).

Per realitzar un correcte estirament de la musculatura isquiosural cal evitar col·locar l'articulació de genoll en màxima extensió i conservar una postura correcta de la zona lumbar (49).

Hi ha pocs autors que detallin el número de sessions setmanals que es necessiten per obtenir resultats en la flexibilització dels isquiosurals mitjançant la tècnica d'estirament passiu. Wirhed conclou que el número de sessions setmanals establert per millorar l'elasticitat muscular és de tres (139). Anderson i Bruke (140) i Andújar et al. (141) recomanen una sessió diària. En canvi, Marques et al. consideren que 3 vegades per setmana és suficient per millorar la flexibilitat i el rang de moviment amb resultats molt similars als dels que fan 5 vegades per setmana mitjançant l'estirament passiu mantingut durant 30 segons (142).

1.7.Repercussió de l'escurçament de la musculatura isquiosural en el raquis

La reducció de l'extensibilitat de la musculatura isquiosural és freqüent entre els esportistes (26,143). Aquesta musculatura té una tendència accentuada cap a l'escurçament de les seves fibres musculars per ser poliarticular, per a les diverses funcions que desenvolupa, pel seu caràcter tonic-postural i degut a l'elevat nombre de forces tensionals a que està sotmesa (144).

Aquest escurçament isquiosural es caracteritza per una disminució de l'elasticitat de la musculatura posterior de la cuixa. Per tant, comporta una restricció de l'amplitud articular de maluc i/o de la pelvis. Apareix ja a la pubertat, no es manifesta amb simptomatologia clínica inicial però presenta repercussions a nivell de la pelvis i del raquis (18,19,21,25,92,143).

La condició biarticular li atribueix l'acció principal d'extensió de maluc i flexió de genoll. Aquesta acció extensora de maluc té una repercussió en l'estabilització de la pelvis. En la pràctica esportiva és necessari una correcta actuació biomecànica d'aquest grup muscular per diverses raons anatòmiques funcionals: es comporten

com a lligaments actius de genoll limitant les rotacions inverses, intervenen en les extensions potents del genoll i en la ubicació precisa de les EEEII, en els canvis de direcció, girs sobre un peu i en general tenen una gran sol·licitació en tots els esports on calgui una bona coordinació: tenen una funció sinèrgica amb el lligament encreuat anterior per evitar el desplaçament anterior de la tibia i donen estabilitat a la pelvis (25).

S'hi poden distingir 2 estadis d'escurçament (19,143,145) (*Taula 10* i *Taula 11*):

1. Normalitat: no es considera que hi hagi escurçament muscular.
2. Grau I: escurçament moderat.
3. Grau II: escurçament marcat amb important disminució de l'extensibilitat dels músculs.

L'escurçament dels isquiosurals té una elevada prevalença en escolars, 28% en nens i 8,9% en nenes, i descendeix en universitaris al 27,1% on el 6% són de grau II (19).

L'escurçament de la musculatura isquiosural és freqüent, de fàcil diagnòstic i amb possibilitat de tractament i prevenció. Provoca una restricció de l'anteversió de la pelvis amb els genolls en extensió comportant al seu torn una adaptació del raquis, afavoreix l'aparició de repercussions a nivell de la columna lumbar i en conseqüència, una adaptació de la zona dorsal. Ignorar-ho desencadenaria una sèrie de complicacions (18,19,21,120,143):

- Una retroversió de la pelvis (18-21,25,120).
- Una inversió de la columna lumbar (25,96,146) amb major pressió interdiscal i encunyament anterior dels cossos vertebrals (18,19,21).
- Una adaptació dorsal en forma d'una cifosis dorsal funcional (92,146) o estructurada, o aparició del síndrome de Scheüermann (18,19,21,25).
- Alteracions a la frontissa lumbo-sacra que poden provocar o agreujar una espondilòlisi o espondilolistesi (18,21,25,92,146), sobretot en grau III i IV, en conseqüència de l'espasme muscular que pateix la zona (19).

- Major risc de patir hèrnieis discals lumbaris degut als canvis posturals que repercuteixen a la columna lumbar (18,19,21,92,146,147).
- A més d'aquestes repercussions a nivell lumbar, l'escurçament de la musculatura isquiosural pot donar major probabilitat de patir una lesió muscular (148-150), tendinopaties del tendó rotulià, dolor fèmoro-patellar (149), així com una disminució del rendiment esportiu (144).

L'especificitat de cada esport, els gestos tècnics, les posicions corporals, els mètodes d'entrenament i les capacitats físiques relacionades amb el rendiment esportiu poden provocar una sèrie d'adaptacions múscul-esquelètiques que exigeixen una anàlisi específica en cada disciplina esportiva (143).

1.8. Test de valoració de l'extensibilitat de la musculatura isquiosural

L'exploració de l'extensibilitat isquiosural és origen de controvèrsia per la diversitat de proves que permeten valorar-la i per l'establiment del seu límit de normalitat. Hi ha dues tipologies de tests: els angulars i els lineals.

1.8.1. Els tests angulars

La mesura de la manca d'extensibilitat de la musculatura isquiosural es pot evidenciar mitjançant els següents tests angulars: d'elevació de la cama recta (ECR), angle popliti (AKE), angle lumbo-horitzontal en flexió (LHfx) i angle lumbo-vertical (Lv).

- 1) *Elevació de la cama recta*. Permet mesurar la flexió del maluc mantenint una extensió de genoll (19,143). És el test més referenciat a la literatura mèdica. El pacient es situa en decúbit supí sobre la llitera, amb l'extremitat inferior (EI) contralateral en extensió i evitant la rotació externa d'aquest maluc a través d'una cingla. Per poder controlar la

basculació de la pelvis es col·locarà en el raquis lumbar un Lumbosant (*Figura 18*) impedit la retroversió de la pelvis i la cifosi lumbar (18,19,145,151).



Figura 18. Lumbosant.

Suport rígid que es recomana col·locar a la zona lumbar en la medició de l'angle d'ECR. Part estreta en contacte amb la zona sacra.

La mà de l'explorador agafa el turmell i l'altra mà fa una fixació sobre la cara anterior del genoll per evitar la seva flexió. El moviment que es realitza és una elevació passiva de l'EI que s'està avaluant de forma passiva, lenta i progressiva, fins que es comenci a flexionar el genoll, basculi la pelvis amb o sense flexió del maluc contralateral (es desenganxa la cuixa de la llitera) o el pacient senti dolor a la regió posterior del genoll. En aquest moment s'atura el moviment passiu d'elevació de la cama i es mesura amb un goniòmetre l'angle format entre la cama elevada i l'horitzontal (*Figura 19*). Per mesurar aquest angle cal utilitzar un goniòmetre de braços llargs. Cal ser curós en l'alineació de cadascun dels braços del goniòmetre de manera que un es col·locarà paral·lel al terra, seguint el pla horitzontal i l'altra seguint l'eix longitudinal de l'EI que s'explora fins arribar al mal·lèol extern del turmell (19). L'eix del goniòmetre al trocànter major. L'articulació del turmell ha d'estar en posició neutra de flexo-extensió, per no induir flexió dorsal que posaria en tensió el tríceps sural. L'explicació que cal donar al pacient és: "anem a elevar la cama poc a poc. Has de deixar totalment relaxada la cama i has de suportar l'estirament tant com puguis fins que la tensió et provoqui dolor. En aquest moment has d'avisar dient: "Ja!". Es realitzen 2 repeticions sense escalfament previ. Hi ha un descans d'1

minut entre les repeticions i un descans de 5-6 minuts entre test i test (25,92,138,144,144,145,151-158).



Figura 19. Test d'Elevació de la Cama Recta
Medició mitjançant dos examinadors (92).

Els valors de normalitat i escurçament (19,143,145) seran els especificats a la següent taula (*Taula 10*):

Taula 10. Valors de referència de l'extensibilitat isquiosural d'ECR, DDP i DDS.
ECR: elevació de la cama recta; **DDP:** distància dits-planta; **DDS:** distància dits-sòl (19).

EXTENSIBILITAT ISQUIOSURAL	ECR	DDP	DDS
Normal	$\geq 75^{\circ}$	≥ -2 cm	≥ -4 cm
Escurçament grau I	61 - 74 ⁰	-3 a -9 cm	-5 a -11cm
Escurçament grau II	$\leq 60^{\circ}$	≤ -10 cm	≤ -12 cm

- 2) *Angle popliti.* Mesura el rang d'extensió de genoll amb una flexió del maluc de 90⁰ (135,136,143,159). El pacient està ubicat damunt de la llitera en decúbit supí amb l'EI contralateral en extensió, fixada a la llitera amb una cingla. L'EI a valorar es col·loca amb flexió de maluc de 90⁰. Aquesta posició queda establerta mitjançant un goniòmetre. Una altra cingla fixa la pelvis del subjecte contra la llitera a l'altura de les espines ilíiaques antero-superiors. Un altre goniòmetre mesura l'extensió del genoll que se li demana al pacient de forma activa. Les referències anatòmiques per alinear els braços del goniòmetre són el mal·lèol extern pel braç mòbil, el còndil femoral extern per l'eix del goniòmetre i el

trocànter major del fèmur per el braç fixe. Aquest test el pot realitzar només un examinador. És important vigilar que el pacient mantingui el turmell en posició neutra de flexo-extensió per no posar en tensió el tríceps sural. Les ordres donades són: "manté el teu maluc a 90⁰, intenta estendre el genoll tan lluny com puguis". Es realitzen dues mesures sense escalfament previ. S'utilitza un descans entre repetició i repetició d'1 minut, i entre test i test d'un mínim de 5 minuts, ja que en aquest temps solen desaparèixer els efectes de l'estirament generat en la realització de cada mesura (25,92,112,136,144,145,153). Si el test el mesuren dos examinadors (*Figura 20*), un d'ells s'encarregarà de controlar els 90⁰ de flexió de maluc mantinguda i l'altre mesurarà l'extensió activa de genoll (136).



Figura 20. Mesura de l'angle popliti.
Mesura realitzada entre dos examinadors (136).

Els valors de normalitat i escurçament (19,143,145) seran els especificats a la següent *Taula 11*.

Taula 11. *Intervals de normalitat i escurçament d'AKE, LHfx i Lv.*

AKE: angle popliti; **LHfx:** angle lumbo-horitzontal en flexió; **Lv:** angle lumbo-vertical (145).

EXTENSIBILITAT ISQUIOSURAL	AKE	LHfx	Lv
Normal	$\leq 15^{\circ} - 20^{\circ}$	$\leq 100^{\circ}$	$\geq 65^{\circ}$
Escurçament grau I	16 - 34°	101-114°	$\leq 64^{\circ}$
Escurçament grau II	$\geq 35^{\circ}$	$\geq 115^{\circ}$	

- 3) *Angle lumbo-horitzontal en flexió.* Disposició angular de la pelvis en el pla horitzontal (143). La justificació anatòmica d'aquesta mesura radica en l'origen de la musculatura isquiosural a nivell de la tuberositat isquiàtica i la seva influència directa en el posicionament de la pelvis. El fet de mesurar l'angle LHfx quan el tronc adquireix una flexió màxima de tronc, evidencia les dificultats de la pelvis per mantenir la seva verticalitat. D'aquesta manera es quantifica el grau de retroversió que adquireix la pelvis segons l'escurçament dels isquiosurals (145). El pacient està en sedestació amb els genolls en extensió i el peus junts amb l'articulació tibio-astragalina formant un angle de 90° . Es mesura l'angle d'obertura anterior que forma la pelvis amb el pla horitzontal. Mantenint aquesta posició, es realitza una flexió anterior màxima del tronc, sense flexionar els genolls i amb les extremitats superiors en extensió completa. Per facilitar la seva valoració, es mesura l'angle suplementari, que consisteix en ubicar el braç fixe del goniòmetre sobre les espinoses de L5 a S2 i el braç mòbil seguint el pla horitzontal (**Figura 21**). Per la qual cosa a 180° s'ha de restar l'angle obtingut (per exemple, si amb el goniòmetre mesurem un LHfx = 60° , al ser el suplementari $180 - 60 = 120^{\circ}$). Quan aquest angle sigui $\geq 115^{\circ}$, indica una marcada limitació de la flexió de la pelvis (està en retroversió), si és $\leq 100^{\circ}$, indica que la pelvis adopta una posició correcta (19-

21,112,144,145,157,160). Els valors de normalitat i escurçament (19,143-145) seran els especificats a la **Taula 11**.



Figura 21. Mesura de l'angle de flexió lumbo-horizantal
Disposició angular de la pelvis en relació al pla horitzontal (145).

- 4) **Angle lumbo-vertical.** El pacient s'explora en bipedestació. Ambdues cames estirades i turmells en posició de 90° de flexió dorsal. El pacient realitza un moviment de flexió anterior de tronc lent i progressiu mantenint els genolls en extensió fins sentir una sensació tolerable a l'estirament. En aquest moment, l'examinador col·loca el goniòmetre a nivell de la primera vèrtebra sacra, recolzant el braç mòbil sobre les apòfisis espinoses lumbo-sacres i l'altre braç es situa verticalment (144). El resultat de la prova és determinat com l'angle suplementari al llegit en el goniòmetre ($180 - \text{angle del goniòmetre}$). Els valors de referència estan determinats a la **Taula 11** (144,145).

1.8.2. Els tests lineals

A partir de dos tests lineals, un en posició sedent i l'altra en bipedestació, s'han descrit diverses variants: distància dits-peus (DDP), distància dits-sòl (DDS), distància dits-peus unilateral (DDP unilat), distància dits-peus protegint esquena (DDP pe) i distància dits-peus en "V" (DDPV).

- 1) *Distància dits-peus*. Realitzat en sedestació, distància assolida respecte la tangent de les plantes dels peus (143,152). Es parteix de la posició sedent amb els genolls estesos i els peus junts en angle recte. S'utilitza un calaix de mesura sobre el qual es recolzen les plantes dels peus. Es realitza una flexió màxima del tronc, sense flexionar els genolls, els peus separats a l'amplària dels malucs i amb les extremitats superiors en extensió completa fins a arribar el més lluny possible. Es mesura en centímetres la distància entre l'extrem més distal dels dits de la mà i la planta dels peus. S'anoten les 3 repeticions. Les indicacions verbals que es dona al pacient són: "estiri els braços amb una mà a sobre de l'altra". "Faci una flexió anterior de tronc màxima mantenint la posició durant 3 segons", tot encoratjant-lo i estimulament verbalment a l'individu per aconseguir el màxim de participació. Es fan 3 repeticions sense escalfament i amb 1 minut de descans entre les repeticions. És el test més utilitzat en la pràctica clínica diària per la seva facilitat i rapidesa d'execució, encara que és més imprecís en estar influït per l'extensibilitat de tots els grups musculars posteriors del cos, així com pel grau de flexió del raquis i per les proporcions antropomètriques (18,19,21,144-146,152,155-157,161). El calaix de mesura té una alçada de 32 cm, amb una cinta mètrica mil·limetrada enganxada per sobre de la superfície horitzontal que permet calcular la distància que adquireixen cadascú dels avaluats. Aquesta distància es mesura amb centímetres i el valor 0 es correspon amb la tangent de les plantes dels peus de cada individu (0 cm). Els valors són positius quan les falanges dels dits superen aquesta tangent, i negatius quan no són capaços d'arribar-hi (151,152,162). Els

valors de normalitat i d'escurçament (19,92,143-145,153) seran els especificats a la **Taula 10**. És el test lineal que proporciona major equilibri durant la seva execució i facilita la correcta posició del genoll en extensió (96,146).

- 2) **Distància dits-sòl**. Realitzat en bipedestació, distància assolida des de les puntes dels dits al terra (143). El pacient està en bipedestació amb extensió de genolls i braços estirats fent la flexió anterior de tronc per tal d'intentar tocar amb les puntes dels dits al terra. Es fan 3 repeticions sense escalfament. Amb 1 minut de descans entre repeticions (18,19,21,144,151,155,157). Els valors de referència de l'extensibilitat isquiosural estan especificats a la **Taula 10** (19,143-145,153,155).
- 3) **Distància dits-peus unilateral**. Segueix la mateixa col·locació que el test de DDP però només amb una cama estesa que té el peu recolzat en el calaix de mesura. Assegut a una llitera, amb la diferència que l'altra cama es col·loca per fora amb el peu recolzat sobre una superfície mantenint l'articulació de genoll a 70° de flexió i la de maluc a 65° (**Figura 22**). La mesura es realitza a ambdues cames per separat i de manera aleatòria. Es fan 3 repeticions sense escalfament. Amb 1 minut de descans entre repeticions (144).



Figura 22. Distància dits-peus unilateral.
Posició de valoració del DDP unilat dret (152).

- 4) *Distància dits-peus protegint esquena*. La persona a explorar es situa en sedestació amb un genoll en extensió i l'altre amb una flexió de maluc de 135° i de genoll de 90° . La planta del peu de la cama avaluada es col·loca en contacte amb el calaix, perpendicular al terra. Durant el moviment de flexió anterior de tronc es podrà adoptar una lleugera abducció de la coxo-femoral de l'EI que no s'avalua si aquesta molesta. La mesura es realitza a ambdues cames per separat i de manera aleatòria (*Figura 23*). Es fan 3 repeticions sense escalfament. Amb 1 minut de descans entre repeticions (92,152,153,155,163,164).



Figura 23. Distància dits-peus protegint esquena.
Posició unilateral dreta (152).

- 5) *Distància dits-peus en "V"*. Es realitza amb el pacient en sedestació, genolls en extensió, peus separats entre sí 30 cm en el pla frontal. Turmells a 90° de flexió (en posició neutra) mantenint les plantes dels peus perpendiculars al terra. Els malucs en una posició anatòmica en el pla transversal. En aquest test els palmells de les mans s'han de desplaçar pel terra (*Figura 24*). Es fan 3 repeticions sense escalfament. Amb 1 minut de descans entre repeticions (23,92,147,155).



Figura 24. Distància dits-peus en "V".
Posició de pacient (147)

Hi ha diversos autors que descriuen i utilitzen aquests test amb diferents finalitats.

López-Miñarro et al. van estudiar la validesa del test DDP unilat. com a mesura de l'extensibilitat dels isquiosurals. Van mesurar l'ECR amb un inclinòmetre UNILEVEL, i la DDP unilat., DDP protegint esquena mitjançant el calaix de mesura. Van concloure que el test DDP unilat. presenta una moderada validesa amb criteri d'extensibilitat dels isquiosurals, sobretot en dones. Si es decideix utilitzar un test lineal unilateral per valorar l'extensibilitat isquiosural, és preferible el test DDP unilat. sobre el DDP protegint esquena ja que el primer obté valors de correlació més elevats amb el test d'ECR (152).

En el mateix any van determinar la validesa dels tests DDP i DDS per valorar l'extensibilitat isquiosural en piragüistes joves, obtenint una validesa moderada (143). També en aquest 2008 van determinar la validesa de la disposició del raquis lumbo-sacre en flexió per valorar l'extensibilitat d'isquiosurals en esportistes joves. Van fer de forma aleatòria els tests ECR, DDP, DDS i l'angle LHfx obtenint aquest últim una validesa moderada, amb uns valors de correlació lleugerament superiors als obtinguts pel DDP i DDS, i amb una validesa lleugerament superior al test ECR (144). A l'any 2010 comparen l'angle LHfx amb DDP, DDS, DDP protegint esquena, DDP unilat. i DDPV per determinar la validesa respecte al test ECR. En aquest estudi conclouen que la seva validesa és moderada-baixa (147). En canvi, Santonja et al. conclouen que és un angle senzill, ràpid i fàcil per mesurar l'efecte de

l'extensibilitat de la musculatura isquiosural sobre la pelvis. La correlació amb els test clàssics és bona sent un test útil en el síndrome d'isquiosurals curts perquè valora la màxima basculació de la pelvis en la flexió anterior de tronc i indirectament en el raquis lumbar (20). I també al 2010 van determinar la validesa del criteri de la distància obtinguda en els tests lineals utilitzant l'ECR com a criteri d'extensibilitat dels isquiosurals perquè la majoria dels estudis previs que van analitzar la distància obtinguda en un test lineal van utilitzar aquest test d'ECR, sent el més aconsellable de tots els test de flexibilitat per tal de determinar l'extensibilitat dels isquiosurals (162).

Ferrer et al. van concloure que els test de ECR i de l'angle popliti són vàlids pel diagnòstic del síndrome d'isquiosurals curts on la fiabilitat de l'ECR és superior respecte al de l'angle popliti (25).

Ayala et al. van descriure l'ECR, l'AKE i l'angle LHfx. Tanmateix, en cadascuna d'aquestes proves van detallar els avantatges, els inconvenients ([Taula 12](#)) i els seus valors de referència ([Taula 11](#)). Remarquen que en la medicació d'ECR, l'articulació de turmell s'ha de mantenir en posició neutra i que cal fixar la pelvis (activament a través d'un altre examinador o passivament mitjançant una cingla) per evitar les rotacions o inclinacions laterals de la pelvis, i també la utilització d'un suport lumbar rígid. Conclouen que les proves ECR i AKE poden ser les més apropiades per estimar la flexibilitat isquiosural ja que en aquestes només es sol·licita una única articulació (maluc o genoll respectivament), a diferència de les proves LHfx i Lv que impliquen un moviment global actiu del cos (145). La prova AKE presenta major estabilitat a nivell de la pelvis (menys rotació i inclinació lateral) que l'ECR (92,145). Tanmateix, un suport rígid (Lumbosant) i la fixació de la pelvis mitjançant un altre examinador o una cingla podria minimitzar les diferències (145).

Taula 12. Avantatges i inconvenients d'ECR, AKE, LHfx i Lv.
Comparativa (145).

<i>Prova exploratòria</i>	<i>Avantatges i inconvenients</i>
Prova d'elevació de la cama recta (ECR)	<p>Avantatges: Permet l'avaluació de les dues cames per separat. Gran precisió en el diagnòstic. Tots els pacients poden ser avaluats independentment del seu nivell de flexibilitat isquiosural.</p> <p>Inconvenients: Precisa de dos exploradors entrenats. Possibles moviments pertorbadors de rotació i inclinació lateral de la pelvis.</p>
Prova de l'angle popliti (AKE)	<p>Avantatges: Permet l'avaluació de les dues cames per separat. Gran precisió en el diagnòstic. Mínims moviments pertorbadors de rotació i inclinació lateral de la pelvis.</p> <p>Inconvenients: Precisa de dos exploradors entrenats. Prova no vàlida per a pacients amb elevat nivell de flexibilitat isquiosural. Gran dificultat tècnica.</p>
Prova lumbo-vertical (Lv) i lumbo-horitzontal en flexió (LHfx)	<p>Avantatges: Requereix un únic explorador. Gran senzillesa metodològica. No moviments pertorbadors de rotació i inclinació lateral de la pelvis.</p> <p>Inconvenients: No permet l'avaluació de les dues cames per separat. Moderada precisió en el diagnòstic per ser un moviment global i estar influenciat pel possible escurçament del tríceps sural. Pacients amb debilitat de la musculatura abdominal i pobres valors de flexibilitat no podran executar la prova LHfx per no ser capaços de mantenir la posició d'assegut.</p>

Quintana et al. descriuen l'AKE, DDP, DDP protegint esquena, DDS i ECR. Consideren que les proves de DDP i les seves variables presenten una validesa moderada per a la mesura de flexibilitat dels músculs isquiosurals (153) tot i que els factors antropomètrics poden influenciar en els resultats (braços llargs amb cames curtes o viceversa) així com la inclusió de vàries articulacions (cadena posterior) (96,146,153). La prova DDP és fàcil de realitzar, precisa poca utilització de material

i té una reproductibilitat molt alta. És per això que s'utilitza en diverses disciplines esportives i en el camp de la investigació (153).

Malliaropoulos et al. estudien la predicció del temps de recuperació de les lesions de la musculatura isquiosural en els atletes. Descriuen la seva hipòtesis com que el dèficit del rang de moviment actiu de genoll després de les primeres 48h de lesió muscular dels isquiosurals té una correlació amb el temps de recuperació. Plantegen una avaluació clínica objectiva, fàcil i reproduïble que en funció dels resultats obtinguts permet predir del temps de recuperació de la lesió. Dins de l'avaluació clínica que segueixen, mesuren l'amplitud de moviment de genoll de la cama lesionada i de la no afecta amb el test de l'angle popliti. I conclouen que aquest test de l'angle popliti proporciona una mesura objectiva, precisa i amb capacitat de predicció del temps de recuperació en atletes d'elit (159). Posteriorment van fer un estudi on volien calcular les recidives de les lesions musculars dels isquiosurals dins de cada categoria de lesió muscular (grau I, II, III). Es basaven en el dèficit del rang de moviment actiu a les 48 hores. Van utilitzar el mateix protocol de rehabilitació per tots els individus de la mostra. Per determinar aquest rang de moviment, van descriure i utilitzar el test de l'angle popliti. Van concloure que hi ha més recidives en les lesions musculars agudes d'isquiosurals de grau I i II en atletes d'elit (86). En canvi, l'objectiu del seu estudi de l'any 2004 era avaluar els efectes dels estiraments dins d'un programa de rehabilitació de lesions musculars d'isquiosurals. Sabien que els estiraments són una part important de l'aptitud, de la pràctica i de la rehabilitació per tal de millorar la rigidesa articular i minvar la sensació de dolor associada a aquesta rigidesa. I volien utilitzar els beneficis demostrats de l'estirament en teixits sans per tal d'augmentar l'amplitud de moviment articular que indica el grau de flexibilitat dels músculs. La seva mostra es va dividir en dos grups i van concloure que el grup d'estudi que seguia un programa d'estirament més intens tenia un temps estadísticament més significatiu més curt de recuperació de la seva ADM de genoll en comparació a l'altre grup, millorant l'eficàcia d'aquest programa. Relacionaven la rigidesa que suposa una cicatriu d'una ruptura muscular amb la manca de l'elasticitat d'aquest grup muscular. Ho mesuraven amb el test de l'angle popliti. Aquesta rigidesa muscular la relacionaven amb els antecedents lesionals dels isquiosurals i el dolor lumbar (165).

1.9. Test de mobilitat en el pla sagital de la columna lumbar

La lumbàlgia es un símptoma, no un diagnòstic, que descriu la presència de dolor a la zona vertebral o paravertebral lumbar, discapacitat i reducció de la mobilitat espinal sense especificar el causant d'aquesta simptomatologia ni les estructures afectades. S'anomena lumbàlgia inespecífica quan no es pot concretar la causa del seu origen i representen al voltant del 80% dels casos de lumbàlgia (166,167). Es calcula que un 3-4% de les consultes ateses als Centres d'Atenció Primària d'Espanya són degudes a dolències de la zona lumbar etiquetades com a lumbàlgia (166). En els països desenvolupats, el dolor a nivell lumbar és una de les patologies amb major ressonància socio-econòmica. Entre el 60 i el 90% de la població pateix en el transcurs de la seva vida dolor a la zona lumbar fins al punt que el 10% arriben a cronificar (168).

És per això que són diversos els autors que en els seus estudis relacionats amb patologia lumbar intenten objectivar la percepció del dolor i la discapacitat funcional que es genera en aquesta regió. A nivell científic s'utilitzen escales per valorar el dolor i diversos tests funcionals que permeten mesurar la mobilitat vertebral de la zona lumbar. El test de Schöber i el test d'extensió lumbar són els més utilitzats per mesurar-la en el pla sagital (166-170).

1.9.1. Test de Schöber

El test de Schöber modificat-modificat prové del test de Schöber. Permet mesurar la flexió anterior de tronc (171).

El test de Schöber modificat-modificat es realitza en una posició de bipedestació, amb els peus separats a la mateixa distància que l'amplada dels malucs i descalç, per evitar els canvis que l'alçada inicial dels talons provoca en la mobilitat lumbar. Es busca L5 des de les crestes ilíaqües (CI) i s'hi ubica un senyal a nivell de la seva apòfisis espinosa. Es marquen 10 cm cranialment i 5 cm per sota, sumant una distància total de marca a marca de 15 cm. L'elecció d'aquest test, a diferència del test de Schöber, es justifica perquè garanteix que la distància

entre les marques cobreix la totalitat del segment lumbar. L'ordre que se li dona al pacient és: "fes una flexió anterior de tronc màxima, sense flexionar genolls". Es mesura la nova distància entre les marques. El valor del test és la diferència entre la nova distància entre les marques i els 15 cm inicials. Es repeteix 3 vegades sense escalfament amb 1 minut de descans entre repetició i repetició. Es deixa 6 minuts de descans abans de començar el següent test (167,169,170,172).

En canvi, la mesura del test de Schöber clàssic només contempla un recorregut de 10 cm cranialment a L5 (171).

1.9.2. Test d'extensió lumbar

Per mesurar l'extensió del segment lumbar es pot utilitzar el mètode d'atracció simplificada de la pell (MASP-extensió). En la mateixa posició de bipedestació anterior, amb els peus separats a la mateixa distància que els malucs i descalç. Utilitzant les mateixes marques del test homòleg a la flexió, es dona l'ordre: "fes una extensió màxima de tronc". Per major comoditat, el pacient pot recolzar les mans damunt dels seus malucs. Es mesura la nova distància entre les marques. El valor del test és la diferència entre els 15 cm inicials i la nova distància entre les marques. Es repeteix 3 vegades sense escalfament amb 1 minut de descans entre repetició i repetició. Es deixa 6 minuts de descans abans de començar el següent test (167,169,172).

1.10. Mesures mitjançant radiografia de les repercussions de la rigidesa de la musculatura isquiosural a nivell de la columna lumbar i la pelvis

La rigidesa persistent de la musculatura isquiosural comporta una sèrie d'adaptacions a nivell de la pelvis i en conseqüència, a nivell de la columna lumbar. Aquestes afectacions que poden aparèixer en aquest nivell estructural ja han sigut descrites en l'apartat 1.7. Però per tal de ser visibles, és necessari un estudi radiològic amb suficient temps transcorregut que permeti evidenciar aquests canvis

estructurals i ossis. Les proves d'imatge ajuden a determinar la causa anatòmica ja que aquestes troballes s'evidencien tant en pacients asimptomàtics, com en pacients amb lumbàlgia aguda o crònica (166,167). Hald et al. volien evidenciar els canvis espinals radiogràficament demostrables en joves del gènere masculí asimptomàtics. I van trobar un 4,9% de sacralitzacions, un 7,8% de lumbaritzacions i un 5,9% d'espondilòlisis, que no solen diagnosticar-se per no realitzar una detinguda lectura radiogràfica (173).

En l'estudi i valoració radiològica és important concretar la posició de l'individu a la sala de raigs X, (centrat en relació al feix dels raigs per tal de suprimir l'efecte d'augment i divergència dels raigs), el temps d'exposició i la distància del focus a la placa. La col·laboració del tècnic de rajos és fonamental per tal d'evitar posicions inadequades que puguin mostrar errors radiogràfics. És molt important que l'esportista adopti "la seva postura habitual" durant la realització de les radiografies (104).

En el pla sagital i a la zona lumbo-pelviana s'hi poden realitzar diverses mesures radiològiques. La valoració de la disposició sagital de la pelvis es pot valorar mesurant l'angle d'inclinació sacra: angle sacre-horitzontal i angle sacre-vertical. L'angle sacre-horitzontal és la tangent de la careta superior de S1 amb l'horitzontal. Mentre que l'angle sacre-vertical (també anomenat pendent sacra) és l'angle format amb la vertical i la línia tangent al mur posterior de S1 (174). Per avaluar l'angle de cifosis lumbo-sacra (ACLS) es calcula l'angle format per la careta superior de L5 i el mur posterior de S1. Aquest angle ha de ser superior a 90° per estar dins de la normalitat (175). Per objectivar el grau d'inclinació que existeix entre l'última lumbar i la primera vèrtebra sacra s'utilitza l'angle lumbo-sacre (L5-S1) i mesura la intersecció de les tangents de la careta inferior de L5 amb el superior de S1. Per mesurar la lordosis lumbar es calcula la intersecció de la careta superior de L1 amb la inferior de L5 (104,174,176,177). No hi ha un consens del rang de normalitat de la lordosis lumbar. Yuing et al. consideren hiperlordosis quan el valor és major de 45°, normal entre 25° i 45° i hipolordosi si el valor és menor a 25° (176). En canvi, per a Díaz et al. el rang de normalitat de la lordosis lumbar és molt ampli, entre 25° i 60°, on la majoria de la lordosis és deguda a la ubicació dels dos últims nivells lumbar (L4 i L5). No estan clars els valors entre persones sanes

(asintomàtiques) i pacients amb dolor i patologia lumbar, tot i que els pacients amb dolor lumbar tendeixen a tenir una lordosis menor (177).

Per una altra banda, l'escoliosi és una deformitat tridimensional de la columna vertebral que pot produir dolor. Comporta una desviació lateral de més de 10° en el pla frontal, la rotació en el pla transversal i la inversió de la lordosis en el pla sagital. En algunes ocasions s'hi associa una quarta deformitat que es correspon a la desalineació del cap respecte al sacre. L'escoliosi idiopàtica és la forma més freqüent d'escoliosis, representa el 80-90% i es desenvolupa en una columna sense alteracions prèvies. La seva prevalença oscil·la entre un 1,5 i un 3% de la població i decreix a mesura que augmenten els graus de la corba. Les corbes de 20° representen el 0,5%, mentre que les de 40° són un 0,1% (178)

En el pla frontal i en la mateixa zona lumbo-pelviana es pot objectivar si existeix una escoliosis lumbar mitjançant el mètode descrit per Lippman-Cobb (179). Cal identificar les vèrtebres que constitueixen el límit superior i inferior de la curvatura. S'anomenen vèrtebres límit i són les que més s'inclinen cap a la concavitat de la mateixa, és a dir les més inclinades respecte a l'horitzontal. Es traça una línia que es prolonga de la careta superior de la vèrtebra límit superior i una altra de la careta inferior de la vèrtebra límit inferior. El valor angular de la curvatura s'obté de la intersecció d'ambdues línies. Si no existeix espai per la seva intersecció caldrà traçar les perpendiculars d'aquestes línies (104,176-181).

1.11. Mesures mitjançant electromiografia de superfície per valorar les compensacions de la musculatura lumbar i glútia en el test de fatiga de Sorensen

Donada l'intima relació entre els músculs isquiosurals, els glutis i la musculatura vertebral en el control de la pelvis i la columna, es considera que l'escurçament dels iquiotibials pot ser un factor de risc en l'aparició de dolor lumbar. Existeixen diversos estudis que analitzen l'activació neuromuscular en individus amb dolor lumbar e intenten explicar els mecanismes que els generen, donat que en molts casos la

clínica no es correlaciona amb alteracions anatòmiques subjacents, sent en molts casos un dolor caracteritzat com a inespecífic.

1.11.1. Utilització de l'Electromiografia de Superfície

El senyal electromiogràfic (EMG) obtingut durant una activació muscular voluntària isomètrica màxima s'ha utilitzat freqüentment per predir la força muscular i com a valor de referència per a comparar la funció muscular entre músculs i subjectes. També s'ha fet servir en accions isomètriques submàximes i en accions dinàmiques per aprofundir en el comportament neurofisiològic del múscul i en la coordinació intra e intermuscular en l'execució d'un moviment o en el manteniment d'una postura (182). Avui en dia, també es considera l'electromiografia una eina molt valuosa per l'anàlisi de la fatiga muscular.

L'electromiografia de superfície (EMGS) és una tècnica que registra els canvis de potencial elèctric de les fibres musculars associats a la seva contracció. El senyal elèctric enregistrat pels elèctrodes es coneix amb el nom de senyal mioelèctrica o electromiogràfica (183), o com a patró d'interferència (184). Aquest senyal és la suma espai-temporal dels trens dels potencials d'acció de les unitats motores que es troben dins el volum de detecció dels elèctrodes. És a dir, és una ona suma dels potencials d'acció motora de les fibres musculars de les diferents unitats motores actives i que descarreguen impulsos de forma repetida. Amb l'EMGS convencional no es poden aïllar o identificar els potencials d'acció de les unitats motores individuals, però sí el conjunt d'unitats motores actives veïnes als elèctrodes de registre. Hem de tenir present que les fibres musculars de diferents unitats motores es superposen espacialment (185), la qual cosa implica que una determinada regió del múscul pot contenir fibres d'entre 20 i 50 unitats motores diferents (184).

El senyal electromiogràfic es veu afectat (*Figura 25*), a més de pel nombre d'unitats motores actives i per la freqüència dels seus impulsos, per factors anatòmics, fisiològics i tècnics, la qual cosa fa que s'hagin de tenir en compte tant en el moment del registre com en el moment de la interpretació del senyal. De Luca va proposar una relació d'aquests factors agrupant-los en causatius (extrínsecs i

intrínsecs), intermedis i deterministes (*Figura 25*). Els factors causatius extrínsecs inclouen l'àrea i forma dels elèctrodes, la distància entre aquests, la seva localització en relació al ventre muscular i la seva orientació en relació a les fibres musculars; són factors que l'investigador pot modificar. Els factors causatius intrínsecs abasten el tipus de fibra muscular, el seu diàmetre, la profunditat i localització de la fibra en relació als elèctrodes, la quantitat de teixit interposat entre la superfície dels elèctrodes i el múscul, a més del nombre d'unitats motores actives. Els factors intermedis, a la seva vegada influïts pels causatius, inclouen el volum de detecció dels elèctrodes, el seu efecte de filtre i la interferència que generen els músculs veïns. Finalment, els factors deterministes, afectats pels intermedis, tenen un efecte directe en el senyal elèctric enregistrat, i són l'amplitud, duració y forma dels potencials d'acció de les unitats motores (186).

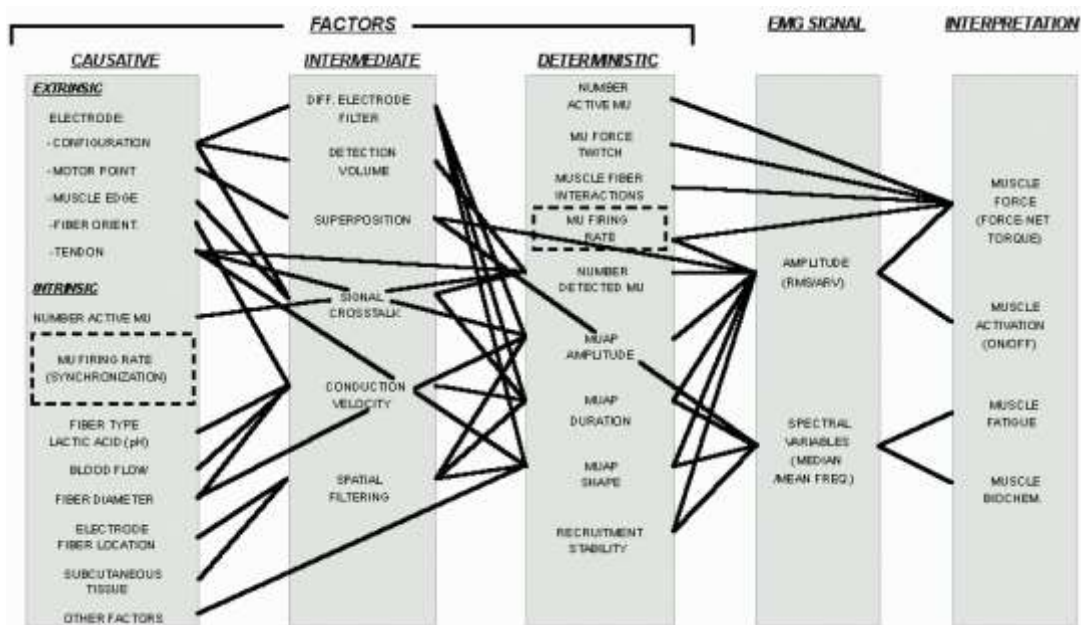


Figura 25. Factors del senyal EMG.

Diagrama esquemàtic dels factors que afecten el senyal electromyogràfic (186).

El senyal elèctric enregistrat es caracteritza per dos paràmetres: l'amplitud o intensitat, i la freqüència (*Figura 26*).

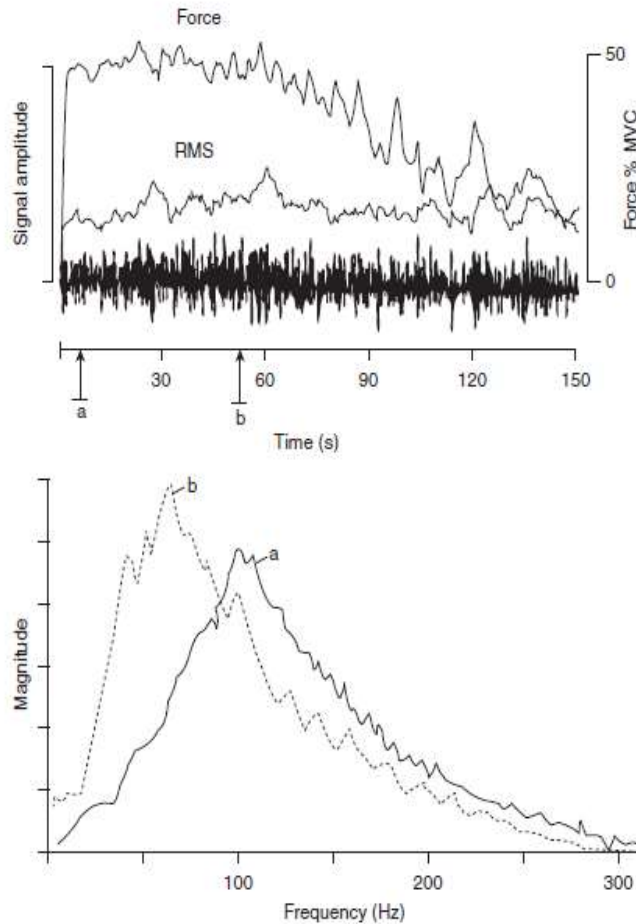


Figura 26. Paràmetres del senyal EMG.

(A dalt) Amplitud del senyal i força durant la contracció del múscul primer interossi dorsal intentant mantenir una força constant. **(A baix)** Densitat de l'espectre de freqüències del senyal EMG a l'inici i al final de la contracció (294).

1.11.1.1. Amplitud del senyal EMG

L'amplitud del senyal ens permet conèixer els intervals temporals d'activació d'un múscul i es relaciona amb la força de contracció del mateix. Així, quanta més força desenvolupa el múscul, major és l'amplitud del senyal, tot i que la relació amplitud força no és sempre lineal. Hem de tenir present que el senyal pot estar contaminat per l'activació de músculs veïns, i que la força mesurada amb dinamometria és la global al voltant d'una articulació on participen músculs sinergistes i antagonistes, mentre que amb electromiografia és la força amb que

contribueix un múscul específic (186). D'altra banda, aquesta relació EMG-força depèn del tipus de múscul així com del seu patró de reclutament (nombre i mida de les unitats motores actives, i de la seva freqüència d'estimulació). Tot i això, l'amplitud electromiogràfica és una mesura indirecta de força muscular, i per tant, és molt utilitzada per conèixer l'estat funcional d'un múscul i determinar si es troba debilitat o atrofiat (187).

L'amplitud del senyal s'obté processant el senyal brut o original en el domini temporal mitjançant diversos mètodes: l'amplitud mitjana rectificada o àrea sota la corba, el *Root Mean Square* (RMS) o arrel quadrada de la potència mitjana del senyal brut calculada per a un període de temps específic, i l'envolupant lineal. Tots són vàlids, però es considera que el valor de RMS és més apropiat degut a que representa la potència del senyal, i per tant té un significat físic (186), i que en contraccions isomètriques lleus presenta menys variabilitat (188).

L'amplitud del senyal es pot donar en valor absolut (voltatge, mV o μ V) o normalitzada (com a percentatge respecte a un valor de referència). Donats els factors que afecten el senyal i entre ells la localització dels elèctrodes, els valors absoluts és fan servir per a comparacions entre un mateix múscul i dins d'una mateixa sessió de registre, quan no s'han de retirar i tornar a posar els elèctrodes. En canvi, si volem comparar l'amplitud d'activació d'un mateix múscul entre sessions (diferents dies), entre músculs o entre individus, es fa servir l'amplitud normalitzada (relativa a un valor considerat constatat i de referència); generalment aquest valor és el de l'amplitud del senyal en una contracció voluntària isomètrica màxima (CVIM) (189,190), tot i que també s'han fet servir altres valors, com en activitats isomètriques submàximes (191,192), el valor pic o la mitjana d'amplitud dins un registre dinàmic, o durant el manteniment d'una posició reproducible (193).

1.11.1.2. *Espectre de freqüències del senyal EMG*

El contingut de freqüències del senyal EMG informa del procés de fatiga del múscul en realitzar una tasca. Des del punt de vista mecànic, el múscul es fatiga quan no es capaç de mantenir un nivell de força determinat. Segons aquesta definició, la fatiga detectada mitjançant la força exercida pel múscul es produeix en

un instant de temps, i per tant es detecta només quan ja ha succeït. Malgrat aquesta definició, se sap que durant una contracció submàxima, la força es pot mantenir acceptablement constant en sentit macroscòpic, però es produeixen canvis en els processos fisiològics i bioquímics dependents del temps de contracció. Aquests canvis inclouen la variabilitat en les unitats motores reclutades, una disminució en la freqüència d'estimulació de la majoria de les unitats motores i un augment en l'amplitud de força generada per les unitats motores actives (186). La fatiga evidenciada doncs per l'EMG en base a les modificacions en l'espectre de freqüències del senyal, permet entendre la fatiga com un procés, i detectar-la abans de que es produeixi un canvi en la força exercida (194).

La fatiga s'associa a una modificació de l'espectre de freqüències del senyal EMG, concretament a una compressió cap a freqüències més baixes. Hi ha diversos indicadors característics que quantifiquen aquesta modificació, com són la mediana (*Figura 27*), la mitjana o la moda de l'espectre de freqüències, o alternativament calculant el ràtio entre freqüències altes i baixes o l'àrea corresponent a la disminució de la freqüència mediana. Tot i això, s'estima que la freqüència mediana és el millor indicador per ser menys sensible al soroll i al solapament del senyal, i en la majoria dels casos més sensible als processos bioquímics i fisiològics que ocorren en el múscul durant una contracció sostinguda (195).

Hi ha dues propietats principals del senyal EMG que poden afectar l'espectre de freqüències: la freqüència d'estimulació de les unitats motores i la forma de l'ona del potencial d'acció de la unitat motora. La freqüència d'estimulació afecta principalment l'interval de freqüències de 15 a 25 Hz, freqüència mediana d'estimulació de les motoneurons de les unitats motores, i determina principalment l'amplada del pic de freqüències. La forma d'ona del potencial d'acció de la unitat motora durant una contracció sostinguda es modifica de forma que quan major és el temps de contracció, major és la duració del potencial d'acció, degut a una disminució en la seva velocitat de conducció; i això es tradueix en una compressió de l'espectre de freqüències. La velocitat de conducció disminueix per la disminució del pH del líquid intersticial del múscul associada a l'acumulació d'àcid làctic en el mateix (186). A més, en cas de contraccions suficientment fortes el flux sanguini muscular es veu compromès, dominant doncs l'efecte del pH (augment de H⁺ i K⁺)

sobre la modificació freqüencial. En la majoria dels músculs de les cames i de l'esquena, el flux sanguini comença a veure's compromès al 30% de la CVIM (196,197).

El processat del senyal en el domini freqüencial es fa clàssicament mitjançant la Transformada Ràpida de Fourier (*FFT: Fast Fourier Transform*) que descompon el senyal en els seus components de freqüència, obtenint el que es coneix com a densitat de l'espectre de freqüències per a un interval de temps concret, generalment entre 0,5 i 1seg (188), que mostra la magnitud relativa amb que cada freqüència contribueix al senyal EMG o patró d'interferència. Així d'un mateix registre EMG s'obtenen una sèrie d'espectres de freqüència, un per a cada interval de temps determinat. De cada espectre es pot calcular el paràmetre de la freqüència mediana com a la freqüència que divideix la corba de densitat de l'espectre en dues meitats iguals (*Figura 27*) (186).

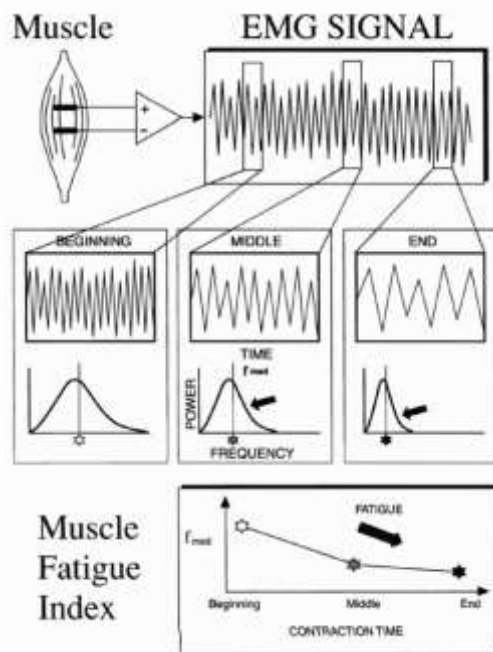


Figura 27. Esquema explicatiu de les modificacions de l'espectre de freqüències del senyal EMG durant una contracció sostinguda.

L'índex de fatiga muscular està representat per la freqüència mediana de l'espectre (186).

Els valors successius de freqüència mediana així obtinguts s'analitzen mitjançant el procés de regressió lineal per obtenir la línia o recta que més s'ajusta.

Aquesta recta es caracteritza per la intersecció i el pendent: la intersecció és el valor inicial de la recta de regressió de la freqüència mediana, mentre que el pendent indica el gradient o ràtio de fatiga (28,198) (*Figura 28*). També hi ha autors que fan servir com a índex de fatiga el pendent normalitzat respecte a la freqüència mediana inicial degut a que no es veu afectat per la distància entre elèctrodes, a diferència de la pendent o la intersecció (199).

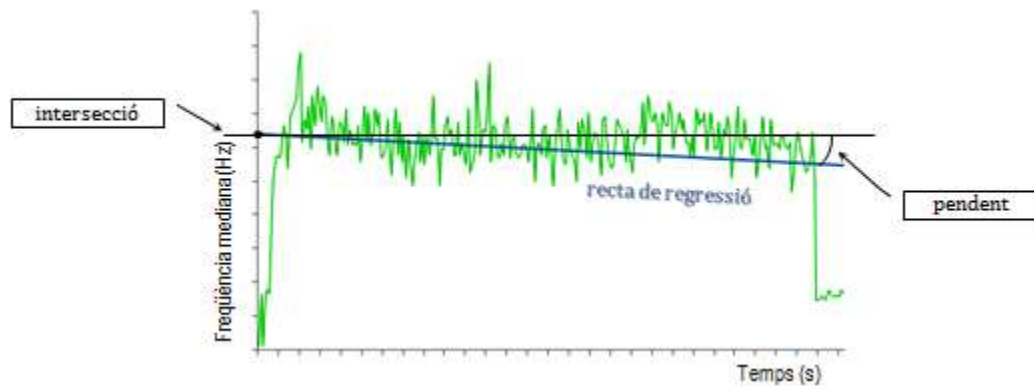


Figura 28. Característiques de la recta de regressió de la freqüència mediana: pendent i intersecció.

Merletti (1999) i De Luca (1997) indiquen que la FFT només es pot fer servir en senyals EMG que presentin una alta estabilitat, per tant en contraccions isomètriques entre el 20 i el 80% de la CVIM. En accions dinàmiques, degut als canvis en les unitats motores reclutades, als canvis en la longitud de la fibra muscular, de la força i al moviment dels elèctrodes en relació a las fibres musculars actives, el senyal no es prou estable i s'han de fer servir mètodes que puguin analitzar les freqüències en funció del temps de contracció (186,188).

El pendent de la freqüència mediana s'ha vist que es correlaciona bé amb el temps de duració dels tests de resistència muscular (200), i que aquest temps també es correlaciona amb el grau de contracció o força sol·licitada en els test (201). Donat que una baixa resistència de la musculatura lumbar es considera un factor de risc de patir dolor lumbar, són diversos els estudis que han analitzat la relació dels paràmetres electromiogràfics amb la presència de dolor (veure apartat 1.11.2.)

1.11.2. Electromiografia de Superfície i dolor lumbar

Diversos estudis associen el dolor lumbar a una manca de força i de resistència muscular, tot i que encara és un tema de controvèrsia si els músculs posteriors de raquis i pelvis dels individus amb dolor lumbar s'activen menys i es fatiguen més ràpid que els dels individus sans.

Roy i Oddsson (1998) mitjançant l'EMGS van identificar dos tipus d'alteració en el dolor lumbar: una fatiga excessiva deguda a la pèrdua de condició muscular i una inhibició de l'activació secundària al dolor o a comportaments d'evitació del dolor. Argumenten que la disminució de la freqüència mediana en la musculatura lumbar superior pot ser deguda a l'atrofia muscular, doncs una disminució en l'àrea de secció transversal de la fibra muscular provoca una disminució de la velocitat de conducció al llarg del sarcolema (202). D'altra banda, se sap que l'activació voluntària màxima d'un múscul es veu afectada negativament pel dolor y la inhibició neuromuscular (203). Davant el dolor, el sistema nerviós central pot modificar la contribució relativa dels músculs per redistribuir la càrrega mecànica entre els sinergistes i involucrar altres articulacions. Això explica el fet que individus amb dolor lumbar presentin disminucions de la freqüència mediana més pronunciades quan els nivells de força sol·licitats són més alts, respecte als individus sans; i que les diferències entre grups no siguin tan pronunciades a nivells de força baixos (202).

En aquest sentit, s'ha observat en subjectes que pateixen dolor lumbar una menor amplitud d'activació del multifid en accions funcionals, mentre que els músculs erectors de la columna han mantingut el nivell d'activació al final del rang de moviment de flexió, quan en aquest moment de moviment, l'erector és inactiu (anomenat resposta de flexió-relaxació) (204).

McKeon et al. van observar diferències significatives en la freqüència mediana dels erectors de la columna a nivell de L3 entre individus sans i individus amb dolor lumbar crònic en el 90%-100% del temps de fatiga, no així en els músculs gluti major i bíceps femoral durant el test isomètric de resistència de Biering-Sorensen. També van constatar diferències significatives en el pendent de la recta de regressió de la freqüència mediana en els músculs erector de la columna i gluti

major entre grups. Van explicar aquestes troballes pel fet que els músculs de l'esquena són ajudats pels extensors de maluc en major grau en els individus amb dolor lumbar (205).

Kramer et al. en un estudi transversal que comparava individus amb i sense dolor lumbar van trobar dèficits de força (40%) i d'amplitud EMG (60%) en els músculs multífids lumbar i toràcics i en els sacroespinals lumbar i toràcics, malgrat això, la disminució de la freqüència mediana va ser major en el grup control. I aporten com a possible explicació a aquesta troballa el fet que aquests músculs poden presentar una atrofia selectiva de les fibres tipus II en els subjectes amb dolor lumbar poden, tot i que estudis de biòpsies d'aquests músculs també presenten resultats contradictoris (206). En canvi, Pitcher et al. no van trobar diferències entre individus amb i sense dolor lumbar en l'activació de la musculatura lumbar baixa (2 cm lateralment, a nivell de les apòfisis espinoses de L5-S1) i alta (6 cm lateralment, a nivell de les apòfisis espinoses de L1-L2), ni en el bíceps femoral en test d'extensions isomètriques de 3-4 segons de duració, tot i que sí van trobar dèficits de força en les diferents proves, en les quals la resistència era entre 100% i 170% del HAT (HAT: *head-arms-trunk*, massa del cap-braços-tronc (en increments del 10%) (207). Per una altra banda, en un estudi anterior amb el mateix procediment van trobar diferències significatives en la disminució de la freqüència mediana del bíceps femoral per a les proves del 140% i el 160% del HAT entre grups (208). Coincidint amb aquest estudi, Silvestre et al. tampoc van trobar diferències en el pendent normalitzat de la freqüència mediana del multífids i iliocostal lumbar, ni en el temps de fatiga entre grups durant l'execució del test de Sorensen (209).

La bibliografia, per tant, no és concloent en quant a les diferències en els paràmetres electromiogràfics entre individus amb i sense dolor lumbar, ni en relació a l'activació ni als índex de freqüència de l'espectre EMG. Mentre autors com Lariviere et al. troben menys fatiga en els homes sense que amb dolor lumbar (210), da Silva et al. no troben diferències entre grups, i d'altres troben diferències en només alguns dels músculs estudiats i en alguns dels paràmetres. Això pot ser degut a diferències en els procediments d'estudi: tipus de test, resistència dels test, duració limitada/il·limitada dels test, no homogeneïtat dels individus en quant a gruixos de plec cutani (actua com a filtre del senyal EMG), localització dels

elèctrodes (es troba més significació en la musculatura lumbar alta); però especialment poden ser degudes a dos factors: la resistència aplicada i la variabilitat que presenten els individus amb dolor lumbar (211).

La resistència aplicada en els test, en molts casos es relativa a la CVIM de l'individu, i si aquesta activació és menor en persones amb dolor lumbar, quan després és sol·licita un treball a un determinat percentatge de CVIM, la càrrega és per tant menor en els individus amb dolor, atenuant els processos de fatiga (210). D'altra banda s'observa major variabilitat dels índex en individus amb dolor lumbar, potser degudes a mecanismes compensatoris i d'evitació del dolor (212).

Calen per tant, més estudis que acabin de donar resposta als mecanismes neuromusculars que es produeixen com a causa o conseqüència del dolor lumbar.

1.12. Test de Biering-Sorensen

Es considera que l'avaluació de la resistència dels músculs extensors del tronc té més validesa discriminativa del dolor lumbar crònic inespecífic que no pas l'avaluació de la força voluntària màxima (31,213).

En una revisió de Demoulin et al. citen que en 1964 Hansen va desenvolupar el primer test per avaluar la resistència isomètrica dels músculs extensors de la columna i que el va validar en 168 individus sans i 90 pacients que havien rebut cirurgia per dolor lumbar en les darreres 3-4 setmanes. En 1972 Troup et al. van avaluar la fatiga muscular mitjançant electromiografia de superfície amb aquest mateix test (214). Ja en 1984, Biering-Sorensen va fer un estudi amb aquest test i a partir de la seva publicació va agafar el seu nom. Va aplicar el test a 900 persones i va concloure que un temps de manteniment de la prova inferior a 176 segons era predictiu d'un episodi de dolor lumbar en els homes en l'any següent, mentre que un temps superior a 198 segons era predictiu de l'absència de dolor (31). En funció del temps de manteniment de la posició van mostrar que un temps inferior a 58 segons estava associat amb el triple de risc de dolor lumbar que si l'individu era capaç d'aguantar més de 104s (215). En canvi, Mannion et al. van indicar que el risc de dolor lumbar era independent del temps que l'individu pogués mantenir la

posició, però que sí és correlacionava amb la fatiga muscular evidenciada mitjançant l'EMGS (200).

Simmonds va determinar la seva reproductibilitat intra-sessió, entre sessions i entre observadors, obtenint uns ICC (coeficients de correlació intraclasse) de 0,73, 0,83 i 0,99 respectivament (216).

En relació a la seva validesa, s'ha vist que les contraccions musculars obtingudes pel test no son superiors al 40-52% de la CVIM, i l'amplitud electromiogràfica dels erectors de columna no supera el 40% del seu valor màxim. Malgrat això, el temps de manteniment de la prova no es relaciona amb l'àrea de secció transversal del músculs paraespinals; la qual cosa pot ser deguda a factors individuals com la motivació, la tolerància al dolor i la competitivitat (214).

El seu objectiu és mesurar la resistència estàtica de la musculatura extensora del tronc. És un test d'avaluació ràpida, econòmica, senzilla i reproduïble. Estudia la capacitat d'aquesta musculatura per resistir la fatiga. És un test que es correlaciona amb el dolor lumbar. Per tant té la capacitat de discriminar entre individus amb i sense dolor lumbar. És un test aplicable tant en pacients simptomàtics com asimptomàtics (31,217).

El pacient està posionat en decúbit pro amb la regió de l'espinna ilíaca antero-superior (EIAS) en el cantell inferior de la llitera, sobresortint el tronc. El pacient manté els braços creuats al pit. Els seus turmells queden fixats a la llitera mitjançant una cingla o per la subjecció d'un examinador. El test consisteix en que el pacient mantingui la posició horitzontal quant més temps millor. S'inicia a comptabilitzar el temps quan el pacient es troba en posició horitzontal del seu cos i sense recolzament. Durant tot el transcurs del test, l'examinador encoratjarà verbalment al pacient per mantenir aquesta posició horitzontal el màxim de temps possible. Aquesta posició horitzontal serà mantinguda un màxim de 240 segons, que ja es donarà per finalitzada la prova. Si el pacient perd la posició horitzontal se li dona una oportunitat addicional per recuperar-la. Però si no és capaç de mantenir l'horitzontalitat una segona vegada, aleshores s'aturarà el registre i per tant, finalitzarà la prova. Si el pacient refereix dolor lumbar o rampes a les cames, aleshores s'aturarà el test i el temps (31,88,217,218).

Ha estat molt utilitzat en la literatura, amb diferents modificacions: els braços en el clatell o als costats; el cantell de la llitera a nivell de les crestes ilíaques o a nivell

de les espines ilíiaques antero-superiors; el nombre de cingles; la posició inicial, on en alguns casos s'inclou la fase concèntrica fins que l'esquena arriba a l'horitzontal; els mètodes per controlar la posició horitzontal; els criteris de finalització del test segons el tronc surt de l'horitzontal; i la duració, il·limitada o amb un màxim de 240s (31,217,218).

1.13. Valoració de la discapacitat que produeix una lumbàlgia inespecífica mitjançant el qüestionari de Roland-Morris

Els paràmetres clínics clàssics com són l'exploració del facultatiu, les proves per imatge o les proves de laboratori no ens permeten quantificar el grau de dolor que pateix el pacient ni les limitacions funcionals que li produeix la patologia. És per això que s'han creat escales de valoració funcional ideades per conèixer la discapacitat funcional en cada moment que pot repercutir a l'individu (168).

El qüestionari de Roland-Morris és una instrument que serveix per especificar de manera fiable el grau d'incapacitat física que produeix una lumbàlgia inespecífica (166,167,219,220). És també un instrument de valoració que permet fer el seguiment de l'evolució dels pacients. És important assenyalar que l'escala de Roland-Morris no serveix per mesurar la intensitat del dolor, ni tan sols de manera indirecta, ja que dolor i incapacitat no es correlacionen bé; hi ha pacients amb lumbàlgia molt intensa i poca incapacitat, i viceversa. La versió espanyola del qüestionari (**Annex 11**) ha estat adaptada transculturalment i validada en l'àmbit d'Atenció Primària, demostrant ser comprensible, vàlida i fiable. El qüestionari l'ha de contestar directament el pacient, preferiblement sense ajuda d'un tercer. Per respondre simplement ha d'assenyalar les frases que s'apliquen al seu cas concret en el moment en què està responent. És important que el pacient assenyali exclusivament les frases que descriuen la seva situació en el moment en què emplena el qüestionari, i no les referides a la situació en què ha estat en el passat o creu pot estar en el futur. Consta de 24 preguntes on es puntua 1 per cada frase senyalada i 0 per les no senyalades. L'escala va del 0 a 24. Els valors mínim i màxim oscil·len entre 0 (valor que representa l'absència d'incapacitat per lumbàlgia) i 24 (valor que representa la màxima incapacitat possible) respectivament. Es

considera incapacitat molt lleu si el valor està per sota de 4 punts. Es considera que a partir d'una variació en la puntuació de 2 punts, és una diferència clínicament rellevant. Si bé la variació òptima està en una diferència entre 3 i 4 punts (221).

2. JUSTIFICACIÓ

El dolor lumbar té una prevalença en la població general que s'aproxima al 85% éssent la causa més freqüent de discapacitat en individus menors de 45 anys. En canvi, entre esportistes es dona entre el 10% i el 15%, i pot representar un obstacle important per a la pràctica esportiva d'alta intensitat. Aquest comporta entre un 10 i un 20% de les lesions (222).

En els JJOO de Sydney, el 2000, es va realitzar un estudi pilot al respecte en esportistes d'elit participants en aquests jocs en què es va concloure que per a aquests subjectes hi ha més predomini de patologia lumbar i pateixen més degeneració del disc lumbar que la resta de la població (223). Aquestes lesions alteren el rendiment, condicionen la participació del ritme normal de l'entrenament i fins i tot de la competició i, en conseqüència, modifica la capacitat d'aconseguir els objectius esportius fixats (224,225). L'especificitat de cada esport, els gestos tècnics, les posicions corporals, els mètodes d'entrenament i les capacitats físiques relacionades amb el rendiment esportiu poden provocar una sèrie d'adaptacions muscul-esquelètiques que exigeixin una anàlisi específica de cada disciplina esportiva (143).

Les dades epidemiològiques del dolor lumbar que fan referència a esportistes revelen una diferent incidència entre adolescents i adults. Els primers són més propensos a desenvolupar dolor lumbar associat al creixement sobre un raquis normal sotmès a traumatismes extrínsecs aguts i microtraumatismes, o sobre un raquis patològic o evolutiu (222). Poden aparèixer lesions característiques si durant el període de creixement, l'activitat esportiva és font de moviments repetitius del raquis en flexió, extensió i rotació (226). Freqüentment, en l'esportista adolescent es troba l'afectació de les facetes interarticulars. L'espondilòlisi generalment es desenvolupa entre els 6-10 anys, amb una incidència del 47% en esportistes joves comparats amb només una incidència del 5% en la població general adulta (222). Aquesta patologia s'accentua en l'esportista jove que realitza una pràctica esportiva que requereixi moviments d'hiperextensió, com passa en l'handbol (222,226). De fet, s'han trobat diferències estadísticament significatives en la incidència de les lesions de la columna vertebral pròpies en edat de creixement en aquest esport. L'explicació fa referència a la immaduresa de l'aparell locomotor en edat pediàtrica. La pràctica de l'handbol té una important incidència de patologia lumbar (102). És la

patologia que majors conseqüències produeix i la que més dies de baixa genera (7). Tanmateix cal tenir present les conseqüències que poden donar aquestes patologies al final de la carrera esportiva del jugador. És per això que cal remarcar i cridar l'atenció per sumar esforços en el seguiment de programes de prevenció de patologia vertebral originada per escurçaments musculars dels isquiosurals i associada a les modificacions en la posició de la pelvis.

Els desequilibris del to muscular, de la força i el grau d'escurçament degut a la dinàmica de l'estàtica postural o de la tipologia esportiva, ha de ser un dels factors constants de regulació diària en els programes preventius. El to muscular base de tots els músculs de l'extremitat inferior participen en la posició bípeda fixant la posició de la pelvis, i en conseqüència, adoptant una curvatura lumbar (12).

Per una altra banda, es crea la necessitat d'esbrinar els factors de risc lesional de l'esportista. Hi ha molta evidència científica en la lesió muscular aguda dels isquiosurals. És una lesió molt freqüent en tots els seus graus d'expressió (elongació, micro-ruptura, ruptura muscular, afectació aponeuròtica, etc.). A més, una de les conseqüències principals d'aquesta és la rigidesa muscular que, al seu torn pot repercutir negativament a nivell lumbar.

Així mateix, el factor lesional és recíproc. La manca de flexibilitat traduïda en un escurçament muscular és un factor de risc lesional, sobretot cap a la lesió muscular aguda. S'ha d'evitar la rigidesa muscular deguda a una cicatriu o un escurçament muscular. Per això, cal treballar la flexibilitat, no només per millorar l'arc de moviment expressat en l'augment de graus articulars, sinó per a prevenir el risc lesional. Aquest treball ha de ser específic per a un esport, per a un gest esportiu o en definitiva, per a un moviment concret del cos.

L'especificitat del treball de la flexibilitat queda també recolzada pel fet que la pròpia pràctica esportiva d'una disciplina determinada comporta unes adaptacions de les estructures del cos a l'exigència del gest esportiu. Apareix, per tant, la necessitat d'introduir una pauta preventiva amb la finalitat de restablir la longitud muscular, mitjançant un treball específic d'estiraments, per tal de minvar o fins i tot evitar les conseqüències de la pràctica esportiva, sense perdre la perspectiva de veure el cos dins de la seva globalitat.

Si l'estructura miotendinosa no és sol·licitada regularment en allargament o no s'utilitza, aquesta es veurà sotmesa a una rigidesa. En canvi, si és sol·licitada amb

regularitat i intensitat en allargament i tracció, aquesta unitat miotendionosa anirà assolint un nou estat de major longitud. En conseqüència es millora i s'augmenta la mobilitat articular (49,118). Hi ha una clara relació entre l'escurçament de la musculatura isquiosural i la patologia lumbar (31). Ja en 1934, Lambrindudi ho va relacionar amb la cifosi dorsolumbar de l'adolescent (96). Altres autors conclouen que la disminució d'aquesta extensibilitat produeix, a través de la retroversió de la pelvis, una inversió de la lordosi lumbar (21,146) provocant cifosi lumbar dinàmiques, falcaments vertebrals anteriors (21,227), discopaties lumbar que agreugen la hipercifosi dorsal (228,229), més freqüència de lumbàlgies cròniques (31,82,230) i, aparició d'espondilòlisi i espondilolistesis lumbosacres (231). Els programes d'estiraments musculars volen incidir en millorar la rigidesa muscular post-exercici restablint l'elasticitat muscular i així influenciar en la mobilitat general de l'esquena i la cintura de la pelvis. Per tant, indirectament repercutir també en la flexibilitat de la musculatura isquiosural (227). Hi ha diversos factors que predisposen la patologia lumbo-pelviana en l'esportista. Les causes més freqüents són: una descompensació entre la musculatura abdominal i els erectors del tronc que estableixen la columna lumbar durant l'activitat esportiva, la rigidesa de la musculatura isquiosural i els canvis que es produeixen en el règim d'entrenament (augment sobtat de la freqüència o la intensitat d'entrenament entre els cicles d'una mateixa temporada i / o un entrenament pobre o erroni) (222). Cal considerar que quan es produeix un augment del volum muscular, aquesta estructura tendeix a perdre la seva capacitat d'estirament; la força i la potència estan per sobre, en detriment de la flexibilitat. S'inibeix les seves qualitats propioceptives i augmenta la freqüència de lesió muscular aguda de manera important (75).

Per tractar les patologies lumbar s'han aplicat sobretot tractaments conservadors amb un període curt de restricció de l'activitat, gel per les contractures, antiinflamatori no esteroide (AINES) per a l'alleujament de dolor agut i un treball de reforç dels músculs espinals, evitant sempre que es pugui el repòs absolut (222). En canvi, si la simptomatologia s'accentua, el ritme de competició pot quedar totalment alterat. D'altra banda, si l'afectació muscular disminueix, el dolor és tolerable i l'esportista millora la flexibilitat de la musculatura afectada, és aleshores que es permet el retorn a la competició. Si els símptomes no es resolen entre 2 a 4 setmanes cal plantejar un diagnòstic més exhaustiu.

Dins del món de la fisioteràpia, la literatura científica especifica nombrosos beneficis en relació amb el guany de la flexibilitat a través d'un programa d'estiraments (227). Aquesta qualitat física es millora en edats de creixement (141), per això es recomana introduir estiraments en les sessions diàries d'entrenament (119,121,122,141,143,232). L'estirament és una pràctica generalitzada entre esportistes professionals i aficionats (115,161,233-235). És important definir bé un programa de flexibilització on s'hi concreti el tipus d'estirament, el moment d'execució, el temps de durada de cada estirament, nombre de repeticions, nombre de sessions i durada del programa de flexibilitat (137). En funció de l'aplicació de tots aquests paràmetres, el programa d'estiraments de la musculatura isquiosural pot repercutir a dos nivells: en l'estructura òssia i en l'estructura muscular. És per això que es necessiten estudis que avaluin si la millora de la rigidesa dels isquiosurals modifica la posició de les estructures òssies que componen la curvatura lumbar, i d'altra banda analitzin el canvi en la extensibilitat de la musculatura isquiosural.

Les repercussions estructurals lumbar i de la pelvis, degudes a aquesta rigidesa muscular, es poden evidenciar amb un estudi radiològic. Tanmateix, per mostrar les repercussions musculars es fan servir diferents tests de mobilitat de la columna lumbar, tests de flexibilitat de la musculatura isquiosural i l'enregistrament de l'activitat elèctrica d'aquella musculatura que té major incidència en la biomecànica de la pelvis i de la columna lumbar. La correlació d'aquestes dades ha de permetre avaluar l'eficàcia d'un programa d'estiraments; no només sobre la longitud muscular, sinó també sobre la mobilitat articular i la posició pelviana. A més, permetrà avaluar un possible efecte indirecte de modificació del comportament muscular en quan a activació i fatiga.

No existeix cap estudi que correlacioni la manca de flexibilitat d'isquiosural i el dolor lumbar amb registres electromiogràfics. I són pocs els estudis que registren l'activitat muscular després de l'aplicació d'uns estiraments isquiosurals. Aquests principalment estudien l'efecte agut sobre el grau d'activació muscular, just després de l'aplicació dels estiraments (236-243). Cap estudi analitza si l'estirament té repercussions sobre la fatiga del múscul. Els resultats que presenta la bibliografia sobre aquests efectes aguts no són comparables donades les diferències metodològiques no només en el tipus d'estirament: estàtic (236,237,241,242,244),

estàtic en tensió passiva per l'antagonista (238), PNF (237,240), dinàmic (239,241,243) i cíclic (244); sinó també en l'execució de les proves d'avaluació: isocinètiques (238,241,242), en repòs (240), en contraccions isomètriques màximes (236,237,243), en accions dinàmiques com el salt (239) o durant l'estirament (237,244); com en els procediments de processat i càlcul de l'amplitud d'activació dels músculs. Tot i això, els estudis apunten a que no hi ha un efecte agut dels estiraments estàtics sobre l'activitat electromiogràfica (236,238,242-244), o bé una disminució de l'activació motora (241), però sí un increment d'activació després dels estiraments en contracció-relaxació de l'agonista (240) i dels dinàmics (241,243). No obstant això, hi ha autors que no evidencien diferències d'activació neuromuscular entre el grup control, l'estirament estàtic i el PNF (237) durant l'execució de contraccions màximes. En canvi, altres estudis assenyalen una major activació muscular pel sistema nerviós en accions dinàmiques (salt) quan l'estirament dinàmic es du a terme a gran velocitat, i no a baixes velocitats en relació a no haver fet estiraments (239).

Referent als efectes d'un programa d'estiraments sobre l'amplitud d'activació del senyal electromiogràfic, s'ha estudiat si es modifica l'activació durant l'estirament, tenint en compte que un augment d'aquesta activació es relaciona amb una disminució de la compliància o extensibilitat (245). Ylinen et al. van estudiar la compliància dels isquiosurals després d'un programa d'estiraments passius diaris de 4 setmanes de duració en 12 individus sans amb un angle d'ECR inferior a 70°. Aquests van realitzar el programa només sobre una cama, utilitzant l'altre com a referència. No van trobar diferències d'activació ni en GM ni en BF durant l'estirament; ni entre cames, ni entre el registre basal i el de seguiment. L'activitat va ser molt baixa en tots els casos, concloent que són les propietats tisulars passives les principals responsables de la rigidesa (246), coincidint amb els resultats de Halbertsma et al. (247).

Tanmateix, no existeixen estudis que analitzin l'efecte d'un programa d'estiraments isquiosurals sobre el grau d'activació muscular durant una tasca activa, isomètrica o dinàmica, i si té algun efecte sobre la fatiga. Es per això que calen estudis que avaluin els efectes a posteriori d'un període d'estiraments sobre els mecanismes neurals d'activació muscular.

Es sospita que existeix una relació entre la manca d'elasticitat dels isquiosurals i la patologia lumbar en jugadors d'handbol. Aquest fet pot repercutir directament en l'exigència de l'entrenament i el rendiment esportiu. És per això que calen estudis que, en base a un disseny específic d'un programa d'estiraments d'isquiosurals per a jugadors d'handbol, avaluïn les repercussions lumbo-pèlviques amb una finalitat preventiva.

Arribats a aquest punt, es constata la necessitat de dur a terme estudis amb programes on es contempli l'anàlisi de les repercussions dels estiraments en la musculatura isquiosural. Així mateix, queda pal·lès que els protocols dels programes cal que siguin ideats amb la finalitat de repercutir sobre la rigidesa muscular isquiosural que s'instaura progressivament en aquesta estructura degut a la pràctica esportiva de l'handbol. Per tant, cal evidenciar si aquests programes són els adequats per mantenir la capacitat elàstica dels isquiosurals, millorant la seva rigidesa en aquest tipus d'esportistes.

Per tant, degut a tot l'esmentat i en el context de l'handbol, queda justificada la idoneïtat de proposar un estudi (en base a la bibliografia científica i a l'opinió contrastada dels experts) i posteriorment avaluar el disseny d'un programa d'estiraments que permeti entendre els canvis que pateix el múscul i les conseqüències que se'n deriven, sobretot en el que fa referència a la musculatura dels isquiosurals i la seva repercussió a nivell del posicionament lumbo-pèlvic.

3. HIPÒTESI I OBJECTIUS

3.1. Hipòtesi

Un programa de flexibilització de la musculatura isquiosural, adaptat a jugadors d'handbol en edat de creixement, ajuda a normalitzar l'activació muscular i el posicionament de la regió lumbo-pelviana.

3.2. Objectius

3.2.1. Objectius principals

1. Dissenyar un programa de millora de la flexibilitat de la musculatura isquiosural en jugadors d'handbol de categoria juvenil basats en estiraments actius en tensió activa en l'escalfament, i en estiraments de la tipologia *Stretching* en la tornada a la calma, que normalitzi l'activació muscular i el posicionament de la regió lumbo-pelviana.
2. Avaluació de l'eficàcia del programa proposat en la millora de la flexibilitat muscular, la normalització de la mobilitat, prevenció i/o disminució del dolor i la discapacitat, així com les seves repercussions posturals, l'activació i el procés de fatiga muscular.

3.2.2. Objectius secundaris

1. Estructurar, caracteritzar i determinar els continguts d'un programa de flexibilització de la musculatura isquiosural tenint en consideració la seva significació científica associada i la fisioteràpia basada en l'evidència.

2. Avaluar el programa de flexibilització de la musculatura isquiosural segons el criteri professional d'un comitè d'experts.
3. Millorar la flexibilitat dels isquiosurals aplicant el programa per repercutir en la seva rigidesa muscular.
4. Observar l'existència de diferències en els angles lumbo-pèlvics associades a l'aplicació del programa de flexibilització de la musculatura isquiosural.
5. Avaluar si el programa de flexibilització dissenyat modifica l'activació i el procés de fatiga de la musculatura paravertebral, glútia i isquiosural davant d'una demanda sostinguda com és el Test de Biering-Sorensen.
6. Determinar la influència del programa en la percepció del dolor ubicat en la zona lumbo-pelviana com a indicador de disfunció.
7. Identificar si el programa repercuteix en la mobilitat lumbo-pelviana en el pla sagital.
8. Identificar si la influència del programa de flexibilització varia segons el volum total d'entrenament dels subjectes.

4. MATERIAL I MÈTODES

Aquesta investigació s'ha dividit en dues etapes.

En la primera etapa es va dissenyar el programa d'estirament de la musculatura isquiosural que contemplés les necessitats de l'estudi. Aquest programa d'estirament s'ideà amb la finalitat de millorar la seva rigidesa que s'instaura progressivament en la pràctica esportiva de l'handbol.

En la segona etapa es va aplicar el programa d'estirament per poder avaluar la seva eficàcia en la flexibilitat de la musculatura isquiosural i en la seva repercussió lumbo-pelviana.

4.1. Disseny d'un programa de millora de la flexibilitat de la musculatura isquiosural en jugadors d'handbol

Per elaborar un programa d'estirament adequat, primerament calia identificar:

- L'objectiu de l'aplicació de l'estirament per tal d'actuar sobre la rigidesa de la musculatura isquiosural (i si és possible, sobre l'estructura lumbo-pelviana) i en conseqüència, en el rendiment esportiu.
- Els tipus d'estiraments descrits.
- La seva eficàcia sobre les estructures muscul-tendinoses.
- La metodologia de la seva aplicació.
- La implicació temporal necessària per tal de poder assolir els efectes esperats.

Quan s'escull el tipus d'estirament ja queda definit de manera aproximada el moment d'execució, el temps de durada de cada estirament, el nombre de repeticions i de sessions. En l'escalfament de l'entrenament s'introduirà estirament actiu en tensió activa de la musculatura isquiosural. No s'ha de confondre els exercicis d'escalfament amb els exercicis específics d'estirament. S'ha demostrat que els estiraments són necessaris en la fase prèvia de l'exercici físic introduint aquesta tipologia d'estiraments per aconseguir els resultats més idonis, sobretot per activar els múscul, incidint en la seva UMT. D'aquesta manera permet preparar tota l'estructura muscular abans i immediatament després d'una sessió d'escalfament,

on el guany es manté en el temps. Cal tenir en compte que quan hi hagi un escurçament de la musculatura isquiosural, l'escalfament per si sol no aconseguirà assolir els objectius d'allargament muscular i s'haurà de complementar amb exercicis específics d'estirament. És per això que es va introduir en aquest programa per millorar la rigidesa de la musculatura iquiotibial una sèrie d'estiraments específics d'aquesta musculatura. Van ser ubicats al final de la sessió d'entrenament. La modalitat d'estirament escollida va ser la tipologia d'estirament estàtic passiu (141,248-250) anomenada *Stretching* i descrita segons Anderson (133). Amb l'aplicació d'aquesta tècnica s'estimulen els FNM per estirament. Aquests receptors propioceptius detecten la tensió excessiva de les fibres musculars i provoquen una relaxació muscular per l'activació del reflex d'estirament. En conseqüència, es disminueix el seu to i es facilita la millora del recorregut muscular. Això permet avançar cap a una nova posició d'estirament i repetir el cicle 2-3 vegades (133).

Per garantir l'eficàcia del programa per millorar la rigidesa muscular també s'ha de tenir en compte la correcta execució dels estiraments seleccionats i el tipus de persones a les quals va dirigit el protocol. Així mateix, és important (141):

- la mentalització per part de l'esportista de les seves repercussions i beneficis,
- el control de la posició de la pelvis limitant la seva excessiva retroversió per evitar la possibilitat d'estirar la regió lumbar (251,252),
- percepció de l'estirament per part de l'esportista, que ha de sentir el grup muscular que s'està estirant on la tensió ha de ser tolerable,
- l'automatització dels moviments correctes dins de l'esquema corporal.

4.1.1. Recerca bibliogràfica dels estiraments musculars

Per dissenyar aquest programa específic d'estiraments d'isquiosural es va fer prèviament una revisió bibliogràfica on es van seleccionar articles científics que fossin estudis clínics longitudinals o articles de revisions sistemàtiques, llibres o capítols de llibres que descriguessin, analitzessin i/o compararessin l'eficàcia de les tècniques d'estiraments més habituals en la pràctica clínica i en l'àmbit físic-esportiu

per millorar la flexibilitat muscular. I a nivell més específic, la seva repercussió en la musculatura isquiosural i en la posició lumbo-pelviana.

La paraula *stretching* fou utilitzada com a criteri de recerca, complementant-se amb els booleans *AND* o *OR* per la resta de descriptors (termes MeSH o DeCS) en anglès (i les seves traduccions en català, espanyol i francès): *lower extremity stretching, skeletal muscle, hamstring, flexibility, injury muscle, low back pain, lumbar, spondylolysis, spondylolisthesis, knee, handball, ballistic stretching, static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation, dynamic stretching, range of motion, stretching routines, sport*.

L'estratègia de cerca comentada es va fer en les bases de dades informatitzades on-line més importants en l'àmbit de les àrees de la salut i l'educació física:

- PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>): és la base de dades de la Llibreria Nacional de Medicina dels Estats Units d'Amèrica i dels Instituts Nacionals de Salut.
- Cochrane (<http://www.thecochranelibrary.com/view/0/index.html>): la Biblioteca Cochrane és una col·lecció de sis bases de dades on s'hi pot trobar revisions sistemàtiques, assajos aleatoris controlats, registres Cochrane de metodologia, resums de revisions d'efecte, base de dades d'avaluació de tecnologies sanitàries i d'avaluació NHS Economic.
- SportsDiscus (<http://www.ebscohost.com/academic/sportdiscus>): és la base de dades del Sport Information Resource Centre (SIRC) realitzada per la Coaching Association de Canadà.
- PEDro (<http://www.pedro.org.au/spanish/>): és la base de dades sobre Fisioteràpia Basada en l'Evidència i conté assajos aleatoris controlats, revisions sistemàtiques i guies de pràctica clínica de Fisioteràpia.
- Web of Science (http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=N2rQ8V75yHidboYpbVe&preferencesSaved=): és una plataforma de l'empresa Thomson Reuters basada en tecnologia web, formada per una col·lecció de base de dades bibliogràfiques, cites i referències de publicacions científiques de

qualsevol disciplina del coneixement (científic, tecnològic, humanístic i sociològic).

- Scopus (<http://www.scopus.com/>): és una base de dades de revistes revisades, llibres i conferències de temàtica científica, mèdica, tècnica i de temes de les ciències socials.
- ENFISPO (<http://alfama.sim.ucm.es/isishtm/enfispo/>): és una base de dades d'articles de la selecció de revistes en espanyol que es reben a la Biblioteca de la Facultat d'Infermeria, Fisioteràpia i Podologia de la Universitat Complutense de Madrid.
- Google acadèmic: buscador de Google creat el novembre del 2004 especialitzat en articles de revistes científiques, enfocat al món acadèmic.

Un cop obtinguts tots els articles, a partir de la lectura dels resums, es va fer un primer filtratge eliminant els duplicats i aquells que no complissin els objectius marcats per l'elaboració del programa d'estiraments. D'aquesta segona llista d'articles es feu una lectura crítica del text complert i es seleccionaren tots aquells que seguissin els criteris de qualitat marcats per PEDro i la guia CONSORT en els cassos dels assajos i CASPe per la resta.

A partir dels articles finalment inclosos es va confeccionar una primera versió del programa d'estiraments d'isquiosurals per evitar la rigidesa muscular en jugadors d'handbol. Aquesta va ésser avaluada per un Comitè d'Experts seguint el mètode Delphi (tal i com es detalla a continuació). El coneixement i l'experiència del Comitè d'Experts reportada va evolucionar cap a un programa d'estiraments definitiu que complia els objectius marcats.

4.1.2. Validació per experts a través del mètode Delphi del programa de flexibilització de la musculatura isquiosural

Una cop dissenyada la primera versió del programa d'estiraments (**Annex 2**), es va procedir a la seva validació per un grup d'experts seguint la metodologia especificada en el mètode Delphi (253).

4.1.2.1. *Descripció del mètode Delphi*

Linstone i Turoff defineixen aquest mètode com una tècnica efectiva d'estructuració d'un procés de comunicació grupal que permet tractar un tema complex a un grup d'individus seleccionats (253).

En primer lloc es realitza una selecció d'experts per preguntar-li la seva opinió sobre qüestions referides a esdeveniments futurs de manera que les estimacions d'aquests professionals es realitzen en successives rondes i de forma anònima, fins aconseguir un consens. En tot moment s'ofereix la màxima autonomia als configurants del grup d'experts. És a través d'aquest procediment que el mètode Delphi posa de manifest les convergències d'opinions i dedueix eventuais consensos promovent el debat transdisciplinari. Aquest es coneix com un mètode de pronòstic, classificat dins dels mètodes qualitius o subjectius (253).

Per tant, la capacitat de predicció d'aquest mètode es basa en l'ús sistemàtic del judici intuïtiu dels experts seleccionats.

La direcció d'aquesta validació d'experts està moderada per la pròpia autora d'aquest treball d'investigació complint les següents característiques:

- Segueix els mateixos requisits marcats que a continuació es descriuen per a la selecció d'experts.
- Interès per potenciar la prevenció en esportistes que practiquen l'handbol en edat de creixement.
- Motivació personal per fer recerca en el món de l'esport.

Un dels principals objectius d'aquest mètode és obtenir un pronòstic de consens. El qüestionari es passa i es respon de forma anònima, utilitzant el correu electrònic per tal d'evitar influències entre els diferents components del grup.

L'objectiu de passar el qüestionari de forma successiva és disminuir l'espai interquartilic, és a dir quan es desvia l'opinió de l'expert de l'opinió de la resta del grup, precisant la mediana de les respostes obtingudes. Cada instància de complementació del qüestionari s'anomena ronda o circulació. Per tal d'obtenir aquest consens, en les rondes posteriors a la primera circulació, cada expert que ha realitzat pronòstics que es desvien dels pronòstics més consensuats, tenen la

possibilitat de modificar la seva resposta. És per això que se li presenta els resultats de la pregunta específica en que ha existit aquesta desviació, i se li proposa que la reconsideri si troba arguments raonables. En cas contrari, aquest rectificaria la seva resposta anterior.

Per tant, l'objectiu del primer qüestionari és calcular l'espai interquartílic, i el del segon és proporcionar a cada expert la resta d'opinions aportades pels companys per tal d'iniciar un debat i posterior consens en els resultats. Cadascun d'ells argumenta els pros i contres de les seves opinions i de les opinions de la resta de components del grup. En cas que fos necessari, es realitzaria una tercera i fins i tot quarta ronda per arribar al consens.

4.1.2.2. Etapes del mètode Delphi

El mètode Delphi està estructurat en quatre etapes:

- 1a etapa: Formulació del problema.
- 2a etapa: Elecció dels experts.
- 3a etapa: Elaboració i presentació dels qüestionaris.
- 4a etapa: Desenvolupament pràctic i deducció dels resultats

4.1.2.2.1. Primera etapa: Formulació del problema

Es determina el camp d'investigació per tal de poder definir les característiques que han de complir els components del grup d'experts.

Tanmateix, es procedeix a l'elaboració del primer qüestionari. Les preguntes han de ser precises, quantificables i independents unes de les altres.

4.1.2.2.2. Segona etapa: Elecció dels experts

En aquesta etapa s'escolleixen els components del grup d'experts segons els seus coneixements i les característiques fixades. A la vegada es fa la proposta

formal a cadascun d'ells. Els qüestionaris són anònims i és per això que s'utilitza el correu electrònic de forma individual i no pas una cita sincrònica presencial.

En concret, en el nostre cas es consideren com experts aquells professionals que compleixin les següents característiques:

- Els experts han de ser fisioterapeutes i/o llicenciats en Ciències de l'Activitat Física i l'Esport.
- Els experts han de ser docents en l'àmbit esportiu o tenir un bagatge curricular en el món de l'esport demostrat.
- Els experts docents poden ser o haver estat professors d'una assignatura relacionada amb els Estiraments Musculars. S'accepta aquella docència on l'estirament muscular formi part de la temàtica de l'assignatura, com ara Fisioteràpia Esportiva, Principis d'Activitat Física, Prescripció de l'Exercici Físic, Fisioteràpia Traumatològica i Seminari d'Estiraments Musculars en grau o algun postgrau universitari.
- Els experts docents han de ser professors de la Universitat Internacional de Catalunya (UIC). D'aquesta manera es garanteix la seva coneixença de la temàtica d'estiraments musculars, sobretot per la totalitat de la tipologia d'estiraments.

Per escollir els experts dins de la mostra de professors que imparteixen docència en els estudis de Fisioteràpia de la UIC, es va seguir el següent procediment:

- Total de professors dels estudis de Fisioteràpia de la UIC del curs 2012-2013: n=139 (100% de la totalitat de professors)
- Total de professors dels estudis de Fisioteràpia de la UIC del curs 2012-2013 que són fisioterapeutes i/o llicenciats en Ciències de l'Activitat Física i l'Esport: n=84 (60,43%)
- Total de professors dels estudis de Fisioteràpia de la UIC del curs 2012-2013 que són fisioterapeutes i/o llicenciats en Ciències de l'Activitat Física i l'Esport, i que són especialistes en Estiraments Musculars en l'àmbit docent i/o clínic: n=18 (2,14%)

De la mostra de professors que compleixen les condicions anteriors per entrar en el grup d'experts es decideix escollir un número de 10 (55,55%) professors, que és el màxim fixat del mètode Delphi (253). Per tal de que el procés sigui anònim s'identifica a cadascun d'aquests experts com a Expert_i, corresponent "i" de 1 fins a 10.

4.1.2.2.3. Tercera etapa: Elaboració i presentació dels qüestionaris

Segons indica el mètode Delphi, els qüestionaris proporcionen respostes fàcils que poden ser quantificades i ponderades. Les qüestions poden aportar probabilitat, valorar prioritats, necessitats, etc. segons s'estableixi en l'objectiu d'aquesta validació. En aquest cas s'utilitzà respostes categoritzades (Molt d'acord, D'acord, Indiferent, En desacord, En molt desacord), tractant-les posteriorment amb el càlcul de les freqüències relatives en percentatge i índexs de posició. El primer qüestionari (*Annex 4*) a més de les pròpies preguntes específiques també recull les variables referents a les característiques de l'expert, mantenint sempre l'anonimat. És necessari recollir aquestes variables a fi de que el moderador pugui conduir adequadament el procés de validació tal com descriu el mètode Delphi (253).

4.1.2.2.4. Quarta etapa: Desenvolupament pràctic i deducció dels resultats

En aquesta etapa, el qüestionari s'envià als experts. Aquest enviament als 10 experts s'acompanyava el qüestionari amb una carta de presentació (*Annex 3*). En aquesta s'especificava les finalitats de l'estudi, els conceptes a tenir en compte per a les seves respostes, la metodologia Delphi i les condicions pràctiques del desenvolupament del qüestionari. En la mateixa carta es concretà el temps de resposta i es garantí l'anonimat.

Per a cadascuna de les circulacions del qüestionari es va registrar les respostes obtingudes en una base de dades Excel que permetia calcular fàcilment: el valor

mínim, el valor màxim, la mitjana, la desviació típica, el quartil 1, la mediana, el quartil 3 i l'espai interquartil. Els resultats obtinguts donaren les directrius per dissenyar la segona versió del qüestionari que es passà en una segona circulació (*Annex 6*) i s'adaptà la carta de presentació (*Annex 5*). I de la mateixa manera en les següents rondes, fins al consens de tots els experts.

Un cop s'arribà a l'esperat consens, es dissenyà a partir d'aquest un programa d'estiraments definitiu que reflectís les conclusions que es desprenien de les opinions i tractament estadístic de les respostes dels experts. De tot el procés exposat, així com dels resultats obtinguts, s'elaborà un informe (en aquesta tesi s'exposa en el primer apartat 5.1.3. dels resultats).

A mode aclaridor, es mostra en la *Figura 29* el procés exposat i seguit per a la validació del programa d'estiraments per millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural proposat i implementat en la segona etapa de l'estudi.

A continuació es detalla l'organització que s'ha seguit en aquest procés de validació (*Figura 29*):

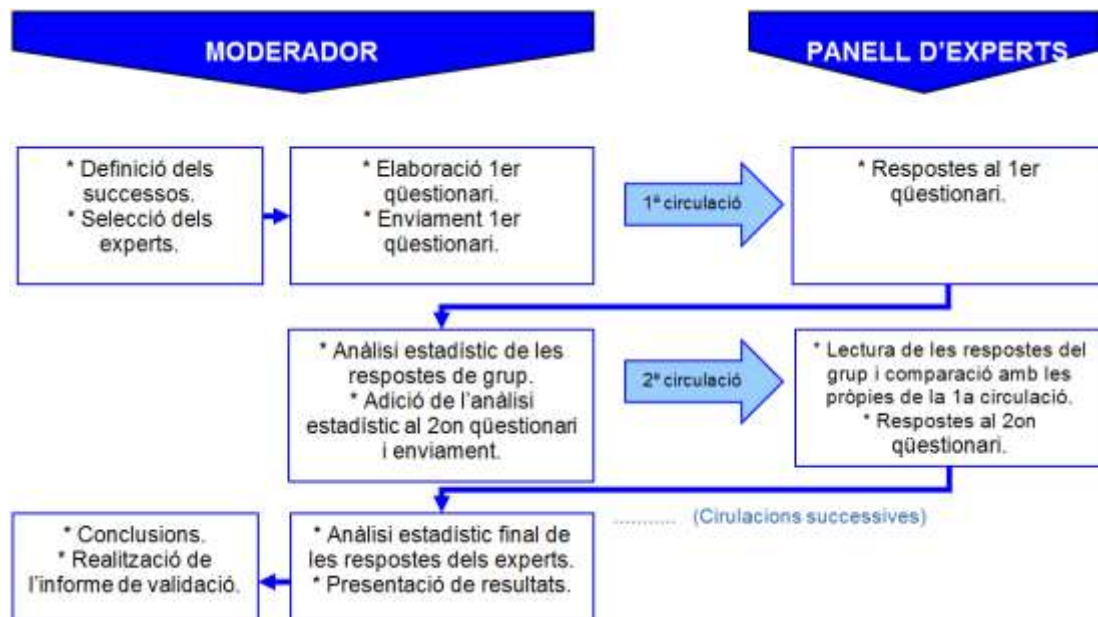


Figura 29. Planificació seguida segons el mètode Delphi.
Seqüència d'esdeveniments que permeten l'avaluació per experts.

4.2. Avaluació del programa d'estiraments d'isquiosurals en jugadors d'handbol

4.2.1. Tipus d'estudi

El tipus d'estudi és un assaig clínic aleatori.

4.2.2. Població

Jugadors de gènere masculí, que practiquin l'handbol en categoria juvenil (nascuts en els anys 1996 i 1997), federats i que competeixin a la lliga estatal.

4.2.3. Criteris d'inclusió, exclusió i de sortida de l'estudi

S'inclouen a l'estudi només jugadors de la secció d'handbol del Futbol Club Barcelona, única entitat estatal que conté un programa de tecnificació en aquesta categoria, i que hagin acceptat participar en l'estudi.

Criteris de sortida de l'estudi:

- que els jugadors pateixin alguna lesió esportiva i/o malaltia amb la conseqüència de la seva exclusió durant més d'un mes del període d'entrenament i/o competitiu durant la fase d'estudi.
- que el jugador abandoni el club i/o la pràctica esportiva de l'handbol.

4.2.4. Mostra

La mostra ha estat conformada per divuit jugadors juvenils de la secció d'handbol del Futbol Club Barcelona. Dotze dels quals pertanyen al programa de tecnificació (amb una mitjana d'exigència d'entrenament entre 13,5-18 hores setmanals, més la competició pertinent). I els sis individus restants que no pertanyen a aquest programa de tecnificació.

Aquesta mostra compleix una sèrie de condicions que permet a l'investigador una seguit d'avantatges:

1. El seu seguiment: la totalitat dels jugadors entrenen a la Residència Joaquim Blume d'Esplugues de Llobregat i a les instal·lacions del FCB.
2. El control del compliment del programa esportiu, facilitat per estar en un grup de concentració permanent durant tota la temporada.

4.2.5. Grups d'estudi

La mostra es divideix en 3 grups d'estudi: un grup control i 2 d'intervenció distribuïts de la següent manera.

- Grup control de tecnificació: 6 jugadors que segueixen el programa d'entrenament específic de tecnificació i que no realitzen cap programa de flexibilització de la musculatura isquiosural. Aquest grup s'anomena grup Control o grup C (C). La seva sessió d'entrenament s'ubica al matí i a la tarda.
- Grup d'intervenció no tecnificació: 6 jugadors que no segueixen el programa d'entrenament específic de tecnificació i que realitzen un programa de flexibilització de la musculatura isquiosural. Aquest grup s'anomena grup Tarda o grup T (T). La seva sessió d'entrenament s'ubica a la tarda.
- Grup d'intervenció de tecnificació: 6 jugadors segueixen el programa d'entrenament específic de tecnificació que segueixen un programa de millora de la rigidesa de la musculatura isquiosural. Aquest grup s'anomena

grup Matí i Tarda o grup MT (MT). La seva sessió d'entrenament s'ubica al matí i a la tarda.

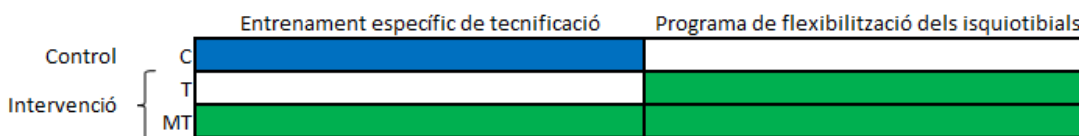


Figura 30. Grups d'estudi del projecte i la seva relació amb l'entrenament específic de tecnificació i el programa de flexibilització de la musculatura isquiosural.

C: control; **T:** tarda; **MT:** matí i tarda.

Els jugadors que estaven dins del programa de tecnificació es van assignar de forma aleatòria a dos dels grups d'estudi (C i MT). Mentre que el tercer grup (T) venia determinat pel fet de no estar dins d'aquest programa.

Per poder donar resposta al vuitè objectiu secundari, a l'hora de determinar la composició dels grups d'estudi, s'ha establert 2 grups d'intervenció que difereixen entre ells en quant el volum d'hores d'entrenament (T i MT).

4.2.6. Variables d'estudi

Les variables d'estudi queden classificades en els diferents grups:

- I. Registre de variables que defineixen les característiques individuals:
 - Edat; es sol·licita la data de naixement.
 - Categoria esportiva; en aquesta franja d'edat hi ha 2 categories esportives segons l'edat de l'esportista: juvenil de primer any i juvenil de segon any.
 - Posició de joc; en la pràctica de l'handbol existeixen 7 posicions de camp: porter, extrem dret, lateral dret, central, lateral esquerre, extrem esquerre i pivot.
 - Freqüència d'entrenament; hi ha 2 opcions d'entrenament: tarda (T) o matí i tarda (MT). Aquesta opció ve assignada per criteri de l'entrenador segons el seu nivell esportiu.

- Variable grup; control o intervenció. Es determina que forma part del grup control (C) els esportistes que no fan el programa d'estiraments. En canvi. Els grups d'intervenció els conformen els esportistes (grups anomenats "T" o "MT") que sí fan el programa d'estirament.
- II. Registre de variables antropomètriques:
- Pes (kg).
 - Talla (cm).
 - Índex de massa corporal (IMC) (kg/m^2)
 - Envergadura (cm).
 - Longitud del tronc real (cm).
 - Longitud de les extremitats superiors (EESS): longitud de l'extremitat superior (ES) dreta i de l'esquerra (cm).
 - Longitud de les extremitats inferiors (EEII): longitud de l'extremitat inferior (EI) dreta des de l'espina ilíaca antero-superior (EIAS) dreta fins al mal·lèol intern dret, longitud de l'EI esquerra des de l'EIAS esquerra fins al mal·lèol intern esquerre, longitud de l'EI dreta des de trocànter major dret fins al mal·lèol extern dret i longitud de l'EI esquerra des de trocànter major esquerre fins al mal·lèol extern esquerre (cm).
- III. Registre de variables d'exploració de la flexibilitat de la musculatura isquiosural: es divideixen en variables angulars i lineals.
- Variables angulars de flexibilitat isquiosural són l'angle popliti (AKE), l'angle d'elevació de la cama recta (ECR) i l'angle lumbo-horitzontal en flexió (LHfx) ($^\circ$).
 - Variable lineal de distància dits-peus (DDP) (cm).
- IV. Registre de variables de la mobilitat de tronc:
- Longitud de la flexió anterior de tronc (cm).
 - Longitud de l'extensió de tronc (cm).

- V. Registre de variables radiològiques; es van mesurar en una projecció frontal i/o una altra de perfil àntero-posterior. En conseqüència, les variables que s'obtenen són:
- Angle de Cobb (AC) lumbar en projecció frontal (°).
 - Angle lumbo-sacre (ALS) en projecció àntero-posterior (°).
 - Angle d'inclinació sacra: angle sacre-horitzontal (ASH) i angle sacre-vertical (ASV) en projecció àntero-posterior (°).
 - Angle de lordosis lumbar (ALL) en projecció àntero-posterior (°).
 - Angle de cifosi lumbo-sacra (ACLS) en projecció àntero-posterior (°).
- VI. Registre de variables electromiogràfiques:
- Temps de duració del test Biering-Sorensen (s).
 - Amplitud mitja normalitzada de RMS del test Sorensen (%CVIM).
 - Pendent normalitzada respecte la intersecció de la freqüència mediana (FM) del test Sorensen (%).
- VII. Registre de la variable de discapacitat física (qüestionari de Roland-Morris).
- VIII. Registre de la variable del dolor, mitjançant l'escala variable analògica (EVA) (cm).

4.2.7. Procediment de mesura

El registre de les variables esmentades s'obtenen seguint el procediment de mesura que s'especifica a continuació.

A. Mesures antropomètriques

Per a les mesures antropomètriques es va seguir la descripció de Norton i Olds (254). Les mesures es van realitzar en la mateixa franja horària per tal d'evitar la influència dels canvis de longitud segons el moment del dia.

El material que es va utilitzar va ser una bàscula, un tallador vertical i una cinta antropomètrica.

El pes es mesurà amb una bàscula utilitzant com a unitats el quilogram. L'esportista es pesà amb pantaló curt, sense samarreta ni sabates. En primer lloc l'encarregat de prendre les mesures calibrà la balança de manera que el fulcre o braç estigués en el punt mig just en el valor zero. La persona que va fer aquesta mesura s'assegurà que l'esportista estigués tranquil i que no es recolzés en cap lloc. Després d'aconseguir el punt d'equilibri entre el pes del subjecte i la marca de la bàscula es procedí a la lectura i anotació del pes. Un cop efectuat el registre es retirà al subjecte de la balança i es tornà a posar en el valor zero.

La talla es mesurà amb un tallador vertical utilitzant com a unitats els centímetres. Es considera com a talla la distància des del terra fins la part més cranial del cap (vèrtex), paral·lel al terra. El tallador es col·locà en posició vertical i recolzat contra una superfície dura absolutament llisa. L'esportista es col·locà al centre del tallador amb els peus descalços. L'esportista es posicionà amb els talons enganxats al tallador i de forma que els mal·lèols interns i la part interna dels dos genolls es tocaven. El cap ubicat en el pla Frankfort, mantenint el cap estirat amb els ulls mirant a un pla horitzontal. El cos es trobà en posició ferma i recolzat contra el tallador, de manera que el clatell, les espatlles, les natges, les cames i els talons toquin la superfície del tallador sense adoptar posicions extremes o forçades. S'assegurà que els genolls no estiguessin flexionats. L'avaluador col·locà les mans sota la mandíbula del subjecte, amb els dits a les mastoides. Se li demanà al subjecte que fes una inspiració profunda i la mantingués durant la mesura. L'avaluador aplicà una suau tracció cap a cranial.

Tenint les dades del pes i la talla es calculà l'índex de massa corporal seguint la següent fórmula:

$$\text{IMC} = \text{pes (kg)} / [\text{talla (m)}]^2$$

L'envergadura és la distància que hi ha des de la punta del 3er dit (dit mig) de la mà dreta fins a la punta del 3r dit de la mà esquerra seguint l'horitzontal i mantenint els braços estirats paral·lels al terra fent un angle de 90⁰ amb el tronc. El subjecte

estava recolzat contra la paret per evitar possibles errors degut a un tòrax gran. Es mesurà mitjançant una cinta antropomètrica.

Per la mesura del tronc real, anomenat també de l'alçada assegut, s'utilitzà un tallador vertical. És l'alçada des d'una taula o caixa sobre on està assegut l'esportista fins el vèrtex, ubicant el cap en el pla Frankfort. L'avaluador col·locà les mans sota la mandíbula del subjecte, amb els dits a les mastoides. Se li va demanar al subjecte que fes una inspiració profunda i que mantingués la respiració durant la mesura. L'avaluador aplicà una tracció suau cap a cranial.

La longitud de les EESS es mesuren amb el subjecte en decúbit supí i els braços relaxats al costat del tronc, colzes en extensió i mà supinada (palmell de la mà mirant al sostre). Es mesura la distància des de l'acromi fins el punt més distal del 3r dit, mitjançant la cinta antropomètrica.

La longitud de les EEII es mesurà amb el subjecte en decúbit supí amb les cames relaxades i els genolls en extensió (posició neutra). Es mesurà bilateralment la distància des de l'EIAS fins el mal·lèol intern, i des del trocànter major fins al mal·lèol extern, mitjançant la cinta antropomètrica.

B. Valoració de la flexibilitat de la musculatura isquiosural

Per la valoració de la flexibilitat de la musculatura isquiosurals es van escollir tres tests angulars i un lineal. Les valoracions inicial i final es van realitzar en la mateixa franja horària en cada esportista per evitar els canvis que es produeixen, al llarg de la jornada diària, en el rang de mobilitat (166).

Fou necessari disposar de 2 goniòmetres de braços llargs, un Lumbosant, un goniòmetre de bombolla, calaix de mesura i cingles.

Es van realitzar els següents tests angulars:

1) Elevació de la cama recta:

Mesura passiva de la flexió de maluc amb extensió de genoll. El mètode de mesura que es va seguir és el descrit a l'apartat 1.8.1. secció 1) en procediments i pautes temporals de forma bilateral.



Figura 31. Mesura de l'angle d'ECR
Mitjançant 3 examinadors.

2) Angle popliti:

Mesura bilateral de l'extensió activa de genoll amb flexió de 90° de maluc. El procediment que es va seguir està descrit a l'apartat 1.8.1. secció 2) segons indicacions i pautes temporals marcades.



Figura 32. Mesura de l'AKE
Procediment mitjançant 3 examinadors

3) Angle lumbo-horitzontal en flexió:

Obtenció del grau de retroversió de la pelvis a través de la mesura de l'angle de flexió anterior de tronc amb el pacient en sedestació. Es segueix el procés descrit a l'apartat 1.8.1. secció 3) segons explicació i seqüència temporal.



Figura 33. Obtenció de l'angle lumbo-horitzontal en flexió

Per la mesura del test lineal es va seguir el següent procediment:

4) Test de distància dits-peus:

Es va registrar amb la prova distància dits-peus (DDP) clàssica ja que s'ha demostrat que aquesta prova és fiable, simple i requereix poc entrenament de les habilitats de l'examinador (153). El procediment que es va seguir és el descrit a l'apartat 1.8.2. secció 1) segons la seva explicació i temporització especificada.



Figura 34. Test distància-dits-peus clàssic

C. Mesura de la mobilitat de la columna lumbar

La mesura de la mobilitat de la columna lumbar es va realitzar mitjançant el test de Schöber modificat-modificat i el test d'extensió lumbar.

Les valoracions inicial i final es van efectuar en la mateixa franja horària per evitar els canvis que, en el rang de mobilitat, es produeixen al llarg del dia i segons la influència de les sessions d'entrenament (170,255).

Per fer les mesures de la mobilitat de la columna lumbar només fou necessari la cinta mètrica (170).

1) Test de Schöber modificat-modificat:

Es va mesurar en bipedestació i segons l'especificació redactada a l'apartat 1.9.1.



Figura 35. Test de Schöber modificat-modificat.

2) El test d'extensió del segment lumbar:

La mesura d'aquest test es va realitzar segons la redacció especificada a l'apartat 1.9.2.



Figura 36. Test d'extensió del segment lumbar

D. Exploració radiològica

L'exploració radiològica permet obtenir la informació de l'estructura òssia en estudi mitjançant: l'angle de Cobb lumbar frontal (*Figura 37*), l'angle d'inclinació sacra horitzontal (*Figura 38*) i vertical (*Figura 39*), l'angle lumbo-sacre (*Figura 40*), la lordosi lumbar (*Figura 41*) i la cifosi lumbo-sacra (*Figura 42*). El seu càlcul es va mesurar segons el procediment descrit en l'apartat 1.10 de la Introducció.

La dosi d'exposició radiològica que es proposa en aquest estudi és d'un nivell ínfim tal com s'especifica al Reial decret 1976/1999 de 23/12/1999.



Figura 37. Mesura de l'angle de Cobb lumbar (AC) frontal.



Figura 38. Mesura de l'angle d'inclinació sacra horitzontal (ASH).



Figura 39. Mesura de l'angle d'inclinació sacra vertical (ASV).



Figura 40. Mesura de l'angle lumbo-sacre (ALS).



Figura 41. Mesura de l'angle de lordosi lumbar (ALL).



Figura 42. Mesura de l'angle de cifosi lumbo-sacra (ACLS).

L'aparell radiològic que s'utilitzà fou el sistema de rajos X *Carestream DRXEvolution*.

Les radiografies les va fer un tècnic especialista seguint el protocol ([Annex 1](#)) marcat que especifica la posició de l'esportista en bipedestació, col·locació i distància del feix del raig i la distància del feix fins la placa radiogràfica, descrit per Möller (256).

Les radiografies resultants es van treballar en format analògic mitjançant el *software* o programa digital *Sectra IDS7*. Per motius de confidencialitat s'ocultaren les dades d'identificació dels esportistes en totes les radiografies quedant identificades per una numeració. Abans d'iniciar l'estudi, l'examinadora (investigadora principal) realitzà un període d'entrenament per tal de familiaritzar-se amb la mesura digital.

E. Registre electromiogràfic

Les sessions de registre electromiogràfic es van realitzar pre i post intervenció.

Es va seguir la següent seqüència de processos:

- (1) Protocol de registre.
- (2) Etapes d'una sessió de registre d'electromiografia.
- (3) Ubicació dels elèctrodes.
- (4) Protocols de les proves electromiogràfiques.
- (5) Processat dels registres electromiogràfics.

A continuació es detalla cada apartat.

(1) Protocol de registre

El protocol de registre es va estandarditzar en:

- 1.1. Característiques: electromiografia de superfície mitjançant registre diferencial, a una freqüència de mostreig de 1000 Hz i gravació del senyal brut (*raw signal*).

- 1.2. Músculs registrats (vegeu apartat número 4.2.7. secció E(3) d'ubicació dels elèctrodes)

Taula 13. Relació d'identificació del canal EMGS amb el múscul enregistrat.

Canal d'EMGS	Múscul de registre	
1	<i>right erector spinae muscle</i>	<i>Erector Espinal dret (EEd)</i>
2	<i>left erector spinae muscle</i>	<i>Erector Espinal esquerre (EEe)</i>
3	<i>right multifidus muscle</i>	<i>Multífid dret (Md)</i>
4	<i>left multidifus muscle</i>	<i>Multífid esquerre (Me)</i>
5	<i>right gluteus maximus muscle</i>	<i>Gluti Major dret (GMd)</i>
6	<i>left gluteus maximus muscle</i>	<i>Gluti Major esquerre (GMe)</i>
7	<i>right semitendinosus muscle</i>	<i>Semitendinós dret (STd)</i>
8	<i>left semitendinosus muscle</i>	<i>Semitendinós esquerre (STe)</i>

- 1.3. Proves. Tots els individus van realitzar 6 proves (**Taula 14**), sempre en el mateix ordre de presentació. Es van distingir dos tipus de proves:

- Proves de contracció voluntària isomètrica màxima (CVIM), en què es va sol·licitar en el mateix registre 3 repeticions de 5 segons separades per períodes de descans de 30 segons per evitar l'aparició de fatiga. En l'execució, la resistència s'aplicava manualment, i s'estimulava verbalment a l'individu per aconseguir el màxim de participació. L'activitat mitjana de cada múscul s'utilitzà per normalitzar l'activitat d'aquest múscul en el test de Biering-Sorensen.
- Test de Biering-Sorensen. Prova validada per l'anàlisi de la fatiga dels músculs erectors de la columna (31).

Taula 14. Proves d'electromiografia de superfície per individu en una sessió de registre.

Nom del registre	Prova
CVM PV	3 CVIM (o tres repeticions) de 5 segons separades per intervals de 30 segons pels músculs: <i>right erector spinae muscle, left erector spinae muscle, right multifidus muscle i left multifidus muscle</i>
CVM GMd	3 CVIM (o tres repeticions) de 5 segons separades per intervals d'uns 30 segons pels múscul <i>right gluteus maximus muscle</i>
CVM GMe	3 CVIM (o tres repeticions) de 5 segons separades per intervals d'uns 30 segons pels múscul <i>left gluteus maximus muscle</i>
CVM STd	3 CVIM (o tres repeticions) de 5 segons separades per intervals d'uns 30 segons pels múscul <i>right semitendinosus muscle</i>
CVM STe	3 CVIM (o tres repeticions) de 5 segons separades per intervals d'uns 30 segons pels múscul <i>left semitendinosus muscle</i>
Sorensen	Registre dels vuit músculs estudiats durant l'execució del test de Sorensen

(2) Etapes d'una sessió de registre d'electromiografia

Cada sessió de registre va constar de 3 etapes:

- 1.1. Escalfament. En aquesta fase l'individu va realitzar un escalfament de 5 minuts a la màquina de rem del gimnàs, sense resistència. D'aquesta manera es garantia una sol·licitació dels músculs de l'estudi. L'individu anava acompanyat per un investigador per assegurar la correcta execució d'aquest escalfament. Es buscava la mobilitat en flexo-extensió de tronc i la flexo-extensió de malucs i genolls.

- 1.2. Preparació de l'individu. Es va rasurar amb una fulla d'un sol ús la zona on es van col·locar els elèctrodes. Es va fregar la pell amb una gassa i alcohol per eliminar impureses i les cèl·lules mortes de la dermis. D'aquesta manera es millora la impedància del senyal elèctric. Es va marcar amb un llapis dermogràfic els punts de col·locació dels elèctrodes seguint les recomanacions del SENIAM (*Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles*) (195) (vegeu apartat 4.2.7. secció E(3) d'ubicació dels elèctrodes). Els elèctrodes que es van utilitzar són de clorur de plata de la marca *Medica Lead-Lok*, de 3 cm de diàmetre i a una distància interelèctrode de 3 cm.

- 1.3. Registre. En aquesta etapa primer es va verificar la correcta col·locació dels elèctrodes i la correcta captació del senyal per l'electromiògraf. Es va valorar visualment la qualitat del senyal i la possible necessitat de recol·locació dels elèctrodes per disminuir el *cross-talk* (interferència o contaminació del senyal elèctric pels músculs veïns). A continuació es va explicar a cada individu el procediment. Se'l va col·locar en la posició adequada i se'l va establitzar. Seguidament se li va sol·licitar l'execució de la prova a l'hora que es va gravar el registre electromiogràfic. Es van registrar 5 proves (CVIM d'erectors i multifids, CVIM de gluti major dret, CVIM de gluti major esquerre, CVIM de semitendinós dret, CVIM de semitendinós esquerre i, finalment, el test de Sorensen) sempre en el mateix ordre de presentació i deixant un parell de minuts entre proves pel descans de l'individu i la no interferència d'una prova en la següent (vegeu apartat 4.2.7. secció E (4) de Protocol de Proves).

(3) Ubicació dels elèctrodes

- 3.1. **Múscul *Erector Spinae (longissimus)***. Es va registrar bilateralment (*Figura 51* i *Figura 52*).

Taula 15. Col·locació dels elèctrodes pels Erector Spinae.
 Descripció de la seva ubicació. Configuració de SENIAM (195) i Cram (185).

Múscul	Erector Spinae (longissimus)
Origen (257)	En la regió lumbar s'origina amb l'ilicostal lumbar en les superfícies posteriors de les apòfisis transverses i accessòria de les vèrtebres lumbars, i en la capa anterior del fàscia toracolumbar.
Inserció (257)	Mitjançant tendons en les puntes de les apòfisis transverses de totes les vèrtebres toràciques, i mitjançant digitacions musculars en la 9a i 10a costelles, entre els tubercles i els angles costals
Funció (257)	Extensió de tronc
Col·locació dels elèctrodes:	
• Localització:	A una distància del guix de 2 dits lateralment a l'apòfisi espinosa de L1.
• Orientació:	Vertical



Figura 43. Localització Erector Spinae.
 Modificat i segons SENIAM (195).



Figura 44. Col·locació dels elèctrodes per l'Erector Spinae.
 Segons Cram et al. (185).

3.2. **Múscul Multifidus.** Es registra bilateralment (*Figura 51* i *Figura 52*).

Taula 16. Col·locació dels elèctrodes pel Multifidus
 Descripció de la seva ubicació. Configuració de SENIAM (195).

<i>Múscul</i>	<i>Multifidus</i>
Origen (257)	Apòfisis espinoses de L1 a L5.
Inserció (257)	Processos mamil·lars de L4-S1, cresta ilíaca i superfície dorsal del sacre
Funció (257)	Extensió del tronc
Col·locació dels elèctrodes:	
<ul style="list-style-type: none"> Localització: 	Els elèctrodes s'han de situar sobre una línia que s'extenen des de l'espina ilíaca posterior a l'espai intervertebral entre L1 i L2, a l'alçada de l'apòfisi espinosa de L5 (p.e. a uns 2-3 cm de la línia mitja).
<ul style="list-style-type: none"> Orientació: 	Oblíqua, sobre la línia indicada

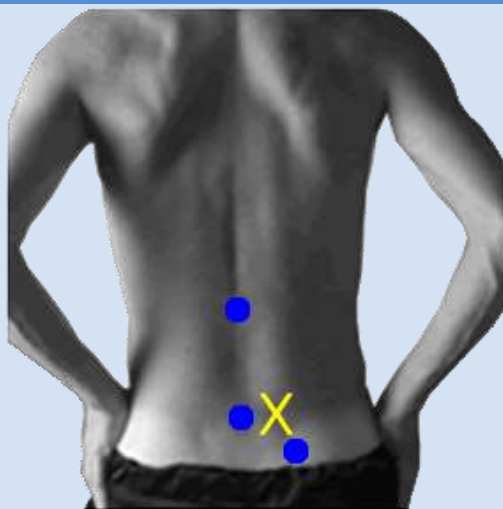
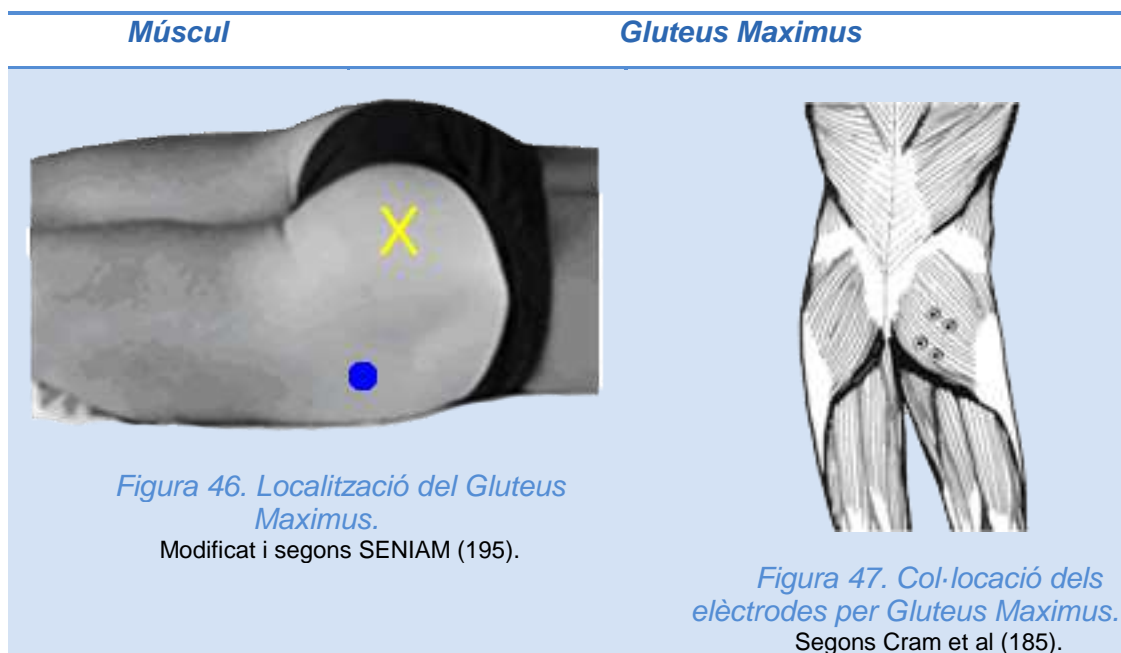


Figura 45. Localització Multifidus.
 Modificat i segons SENIAM (195).

- 3.3. **Múscul *Gluteus Maximus***. Es registra bilateralment (**Figura 51** i **Figura 52**).

*Taula 17. Col·locació dels elèctrodes pel *Gluteus Maximus*.*
Descripció de la seva ubicació. Configuració de SENIAM (195) i Cram (185).

Múscul	<i>Gluteus Maximus</i>
Origen (257)	Línia glútia posterior de l'íliac i en la porció pósterosuperior de la mateixa, superfície posterior de la part inferior del sacre, cara lateral del còccix, aponeurosis de l'erector de la columna, lligament sacre-tuberós i aponeurosis glútia.
Inserció (257)	Porció proximal i les fibres superficials de la porció distal del múscul en el tracte ili-tibial de la fàscia lata. Les fibres més profundes de la porció distal en la tuberositat glútia del fèmur.
Funció (257)	Extensió i rotació externa del maluc. Flexionar el genoll per anul·lar els isquiosurals.
Col·locació dels elèctrodes:	
• Localització:	Els elèctrodes han de col·locar-se en el punt mig de la línia que uneix les vètebres sacres i el trocànter major. En aquesta posició es correspon amb la major prominència de la meitat de les natges molt per sobre de la protuberància visible del trocànter major.
• Orientació:	En la direcció de la línia que s'estén entre l'espina íllica pósterosuperior i el punt mig de la cara posterior de la cuixa.



3.4. **Múscul Semitendinosus.** Es registra bilateralment (*Figura 50* i *Figura 52*).

Taula 18. Col·locació dels elèctrodes pel Semitendinosus.
Descripció de la seva ubicació. Configuració de SENIAM (195) i Cram (185).

Múscul	Semitendinosus
Origen (257)	Mitjançant un tendó comú amb la porció llarga del bíceps femoral en la tuberositat isquiàtica
Inserció (257)	Part proximal de la superfície medial de la tibia i en la fàscia profunda de la cama
Funció (257)	Flexió i rotació interna del genoll. També realitza l'extensió del maluc i ajuda a la rotació medial.
Col·locació dels elèctrodes:	
<ul style="list-style-type: none"> Localització: 	En el punt mig entre la tuberositat isquiàtica i l'epicòndil medial de la tibia.

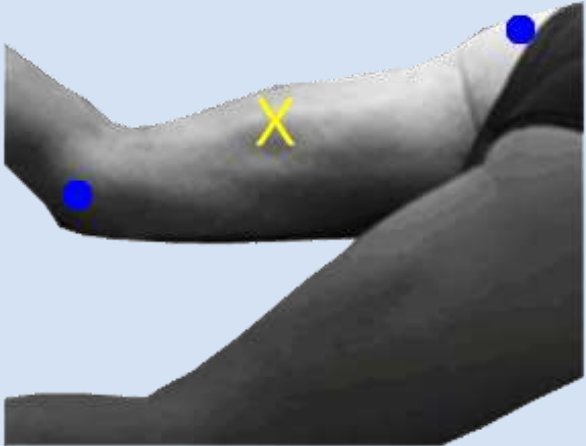
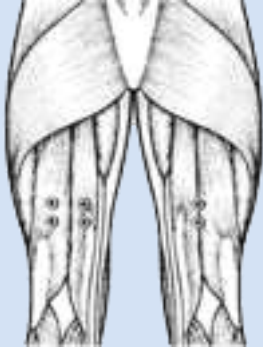
Múscul	Semitendinosus
Orientació:	Sobre la línia descrita
	
<p><i>Figura 48. Localització Semitendinosus</i> Modificat i segons SENIAM (195).</p>	<p><i>Figura 49. Col·locació dels elèctrodes pel Semitendinosus</i> Segons Cram et al (185).</p>



Figura 50. Col·locació dels elèctrodes en el pacient pel semitendinos.

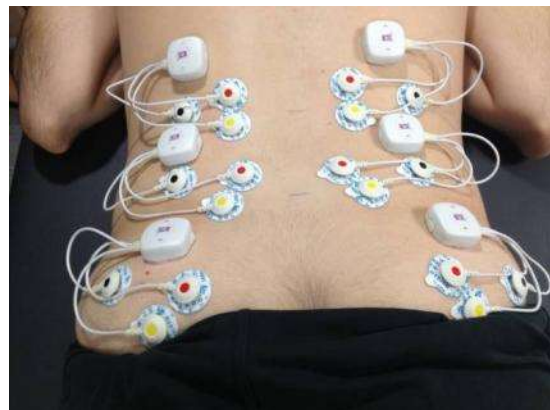


Figura 51. Col·locació dels elèctrodes en el pacient d'erectors, multifids i gluti major.



Figura 52. Col·locació dels elèctrodes pels 8 canals de l'electromiògraf de superfície.

(4) Protocols de les proves electromiogràfiques

4.1. CVIM dels paravertebrals: erectors espinals i multifíds.

Taula 19. Protocol del registre de la CVIM dels paravertebrals.
Extret de SENIAM (195).

Múscul	Erectors espinals (longíssim) i multifíds
Posició pacient	Decúbit pro. EIAS en el cantell de la llitera, amb el tronc sobresortint per fora d'aquesta. Col·locar una cadira davant per seguretat.
Resistència	Resistència manual màxima bilateral en la zona posterior de la cintura escapular en direcció al descens del tronc.
Fixació	3 cingles: pelviana, cuixa distal i cama distal.
Procediment	1. Sol·licitar una extensió de tronc "portant cap al sostre". 2. Aplicar la resistència de forma progressiva.

Múscul	Erectors espinals (longísim) i multífids
	<ol style="list-style-type: none"> 3. Quan el senyal EMGS és màxim, mantenir la resistència 5 segons, a la vegada que s'estimula verbalment al pacient: "Va, va, som-hi, fort, fort...". 4. Retirar la resistència progressivament. 5. Repòs de 30 segons. 6. Repetir passos de l'1 al 5.
Repeticions	3 vegades

4.2. CVIM dels glutis.

La prova es va realitzar 2 cops, primer pel gluti major dret i després per l'esquerra.

Taula 20. Protocol del registre de la CVIM dels glutis majors.

Extret de SENIAM (195).

Múscul	Gluti Major
Posició pacient	<p>Decúbit pro sobre la llitera.</p> <p>Flexió de 90° de genoll a valorar para anul·lar l'activació dels isquiosurals.</p> <p>Maluc en lleugera rotació externa.</p>
Resistència	Resistència manual màxima en el terç distal de la cara posterior de la cuixa en direcció a la flexió.
Fixació	Un investigador situat en el costat contralateral de la llitera, fixa la cresta ilíaca i el terç distal de la cuixa (cara posterior) contralaterals al múscul estudiat.
Procediment	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sol·licitar una extensió de maluc "aixecant el genoll de la llitera" 2. Aplicar la resistència de forma progressiva. 3. Quan el senyal EMGS és màxima, mantenir la resistència 5 segons, a la vegada que s'estimula verbalment al pacient: "Va, va, som-hi, fort, fort...".

Múscul	Gluti Major
	<ol style="list-style-type: none"> 4. Retirar la resistència progressivament. 5. Repòs de 30 segons. 6. Repetir passos del 1 al 5.
Repeticions	3 vegades

4.3. CVIM dels semitendinós.

La prova es va realitzar 2 cops, primer pel semitendinós dret i després per l'esquerre.

Taula 21. Protocol del registre de la CVIM dels semitendinosos.
Extret de SENIAM (195).

Múscul	Semitendinós
Posició pacient	<p>Decúbit pro sobre la llitera.</p> <p>Flexió de 45° del genoll a valorar i lleugera rotació interna de maluc (258).</p> <p>Si apareixen rampes, disminuir la flexió a 30° (259).</p>
Resistència	Resistència manual màxima en el terç distal de la cara posterior de la cama en direcció a l'extensió de genoll.
Fixació	Un investigador situat en el costat contrari a valorar fixa la cresta ilíaca i el terç distal de la cuixa (cara posterior) contralateral.
Procediment	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sol·licitar una flexió de genoll. 2. Aplicar la resistència de forma progressiva. 3. Quan el senyal EMGS és màxim, mantenir la resistència 5 segons, a la vegada que s'estimula verbalment al pacient: "Va, va, som-hi, fort, fort..." 4. Retirar la resistència progressivament. 5. Repòs de 30 segons 6. Repetir passos de l'1 al 5.
Repeticions	3 vegades

4.4. Test de Biering-Sorensen.

*Taula 22. Protocol del registre del Test de Biering-Sorensen.
Extret de Biering- Sorensen (31).*

Test	Biering-Sorensen
Posició pacient	Decúbit pro. EIAS en el cantell de la llitera, amb el tronc sobresortint per fora de la llitera. Col·locar una cadira davant, per seguretat. Braços creuats davant del pit.
Fixació	Es col·loquen 3 cingles: a nivell de la pelvis, 1/3 distal de la cuixa i 1/3 distal de la cama.



*Figura 53. Test de Biering-Sorensen
Posició i realització del test (31).*

Procediment	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sol·licitar al pacient que mantingui l'horitzontalitat del tronc i una alineació correcta amb la resta del cos. 2. La prova s'inicia quan el pacient ha adoptat aquesta posició ja sense suport. 3. S'estimula verbalment al pacient que mantingui aquesta posició. 4. Detenir el registre quan el pacient es fatigui o sobrepassi l'horitzontal 2 vegades.
--------------------	---

Test	Biering-Sorensen
Criteris per finalitzar el test	<ul style="list-style-type: none"> • No existeix límit temporal en el manteniment de la posició, encara que diversos autors interrompen als 240 segons. • Si el tronc de l'individu s'allunya de la posició horitzontal, se li dona les indicacions per a que la recuperi. Si flexiona el tronc, perquè el readreci. • En aquest cas, si es produeix la flexió d'una segona vegada es dona per finalitzada la prova. • Si el pacient refereix dolor lumbar o rampes a les cames, el test s'atura.
Repeticions	1 vegada.

(5) Processat dels registres electromiogràfics

Els paràmetres temporal, d'amplitud i de freqüència del senyal durant l'execució del test Sorensen que constitueixen els factors electromiogràfics d'estudi del present projecte són: la durada del test per a cada individu i sessió, l'amplitud mitjana normalitzada del RMS i el pendent de la recta de regressió de la freqüència mediana normalitzada respecte a la intersecció, per a cada múscul, individu i sessió.

Els paràmetres electromiogràfics s'obtenen en un primer pas del buidatge de dades que proporciona el programari Megawin v3.0 pel processat del senyal EMGS. Posteriorment es va crear un algoritme de càlcul, seguint les teories de Hodges i Bang, amb codi R ([Annex 18](#)), a partir del qual es calcula el temps d'activació muscular i les amplituds mitjanes de RMS normalitzades.

(5). 1. Registres CVM o CVIM

(5). 1.1. Obtenció de l'amplitud mitjana de RMS d'activació dels diferents músculs en CVIM per a cada individu i sessió

Mitjançant el programari Megawin v3.0 es va realitzar un processament del senyal electromiogràfic calculant el RMS per intervals de 100ms. El RMS és l'arrel quadrada de la potència mitjana del senyal brut calculat per a un període de temps específic (T) (*Equació 1*)

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T X^2(t) dt}$$

Equació 1. Root Mean Square

A continuació es va calcular l'amplitud mitjana del RMS per a cada repetició corresponent a un període de 3 segons (2n a 4t segons centrals de cada contracció voluntària isomètrica màxima de la durada de 5 segons). Finalment es va calcular la mitjana entre les tres repeticions. Així, s'obté el valor d'amplitud mitjana de RMS per a cada múscul, individu i sessió que representa el 100% d'activació d'aquest múscul:

$$\overline{CVIM}_{ij}^k \quad \forall i = 1 \div 18; \forall j = 1 \div 2; \forall k = 1 \div 8$$

on *i* indica individu, *j* sessió, *k* múscul

Aquests valors es van exportar a l'Excel per a ser utilitzats en el procés de normalització de l'amplitud mitjana d'activació dels diferents músculs durant el test de Sorensen.

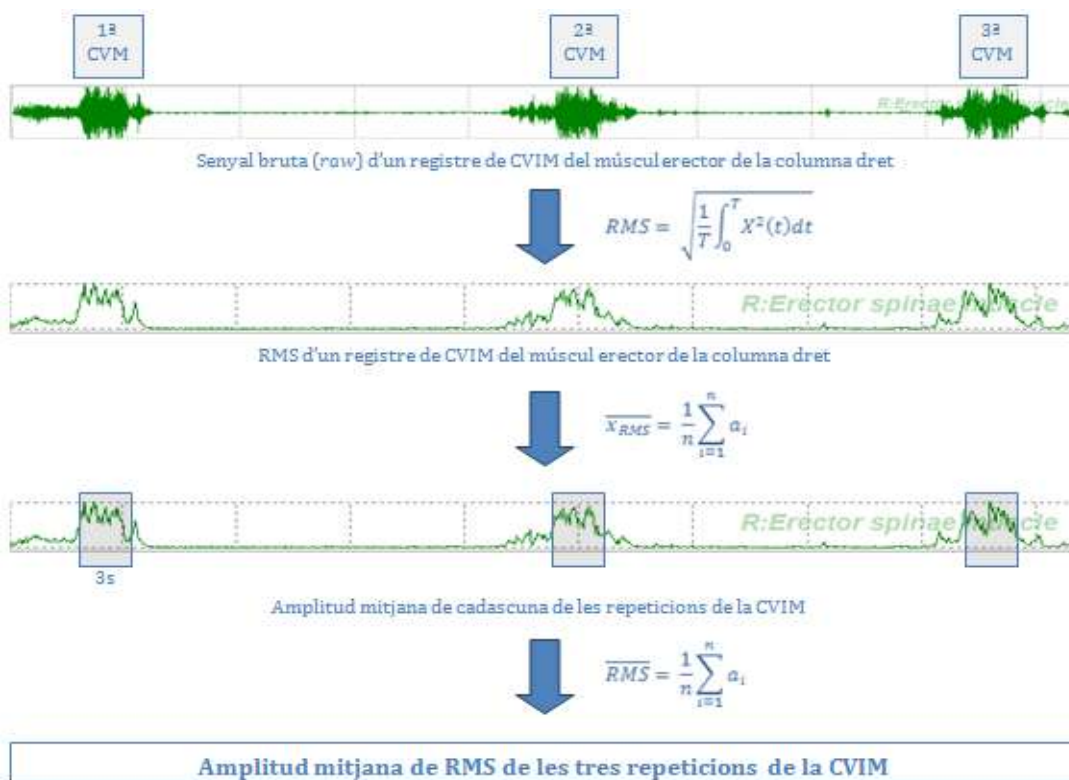


Figura 54. Diagrama del procés d'obtenció de l'amplitud mitjana de RMS de les CVIM

- (5). 1. 2. Obtenció de l'activitat basal mitjana i de la desviació estàndard dels diferents músculs per a cada individu i sessió

Es va realitzar un processat del senyal electromiogràfic amb el Megawin per al càlcul del RMS en intervals de 100ms. A continuació es va calcular l'amplitud mitjana i la desviació estàndard del RMS per a un interval de repòs de 3 segons previ a la CVIM. Amb això s'obtingué l'activitat basal mitjana de RMS i la desviació estàndard per a cada múscul, individu i sessió. Aquests valors s'exportaren llavors a l'Excel pel càlcul del valor llinar (definit com l'amplitud basal més 3 desviacions estàndard) d'activació dels diferents músculs durant el test de Sorensen (*Equació 2*) (*Figura 55*).

$$\text{UMBRAL} = \text{BASAL} + 3\text{SD}$$

Equació 2. Càlcul del valor llindar

El valor llindar fou utilitzat per detectar l'activació-inactivació (*on-off*) dels músculs i determinar la durada del test (veure apartat següent).

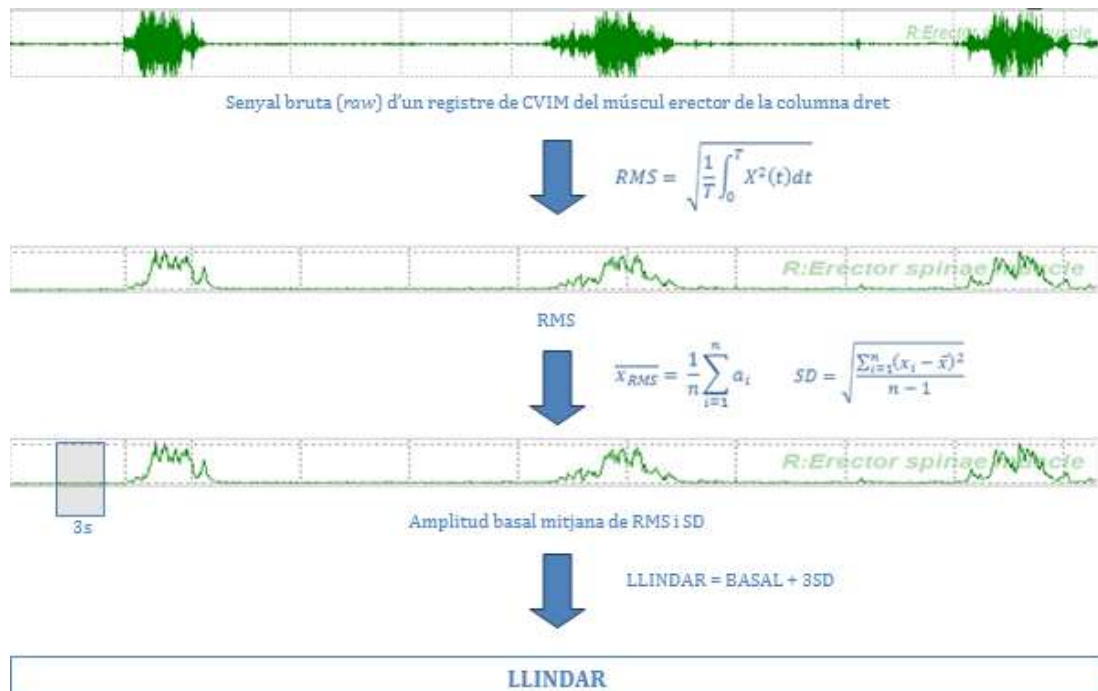


Figura 55. Diagrama del procés d'obtenció del valor llindar d'activació

(5). 2. Registre Test de Sorensen

(5). 2. 1. Obtenció del temps d'activació-inactivació (*on-off*) i de la durada del test Sorensen per a cada individu i sessió

Per a això es va processar el registre fent un suavitzat (RMS *smoothing*) de 50ms de finestra utilitzant el mètode *slide* (desplaçament) per mantenir l'interval de mostreig ([Equació 3](#)).

$$RMS_j = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T X^2(t) dt} \quad \forall j = 1 \div K - 100$$

On k indica el nombre total de mostres del registre

Equació 3. Root Mean Square suavitzat

S'exportaren els registres a fitxers ASCII. A continuació es va dissenyar i aplicar un algoritme amb codi R (**Annex 18**) sobre aquest senyal que identificava el moment en que el registre supera el valor llindar durant un període mínim de 20ms, instant que determinava l'inici del test. El mateix algorisme s'utilitzà per a la detecció del moment en que el senyal és inferior a aquest valor llindar durant un mínim de 20 ms, moment en que determina el final del test. A la vegada, es va calcular la durada del test com la diferència entre l'instant final i l'inicial (**Figura 56**).

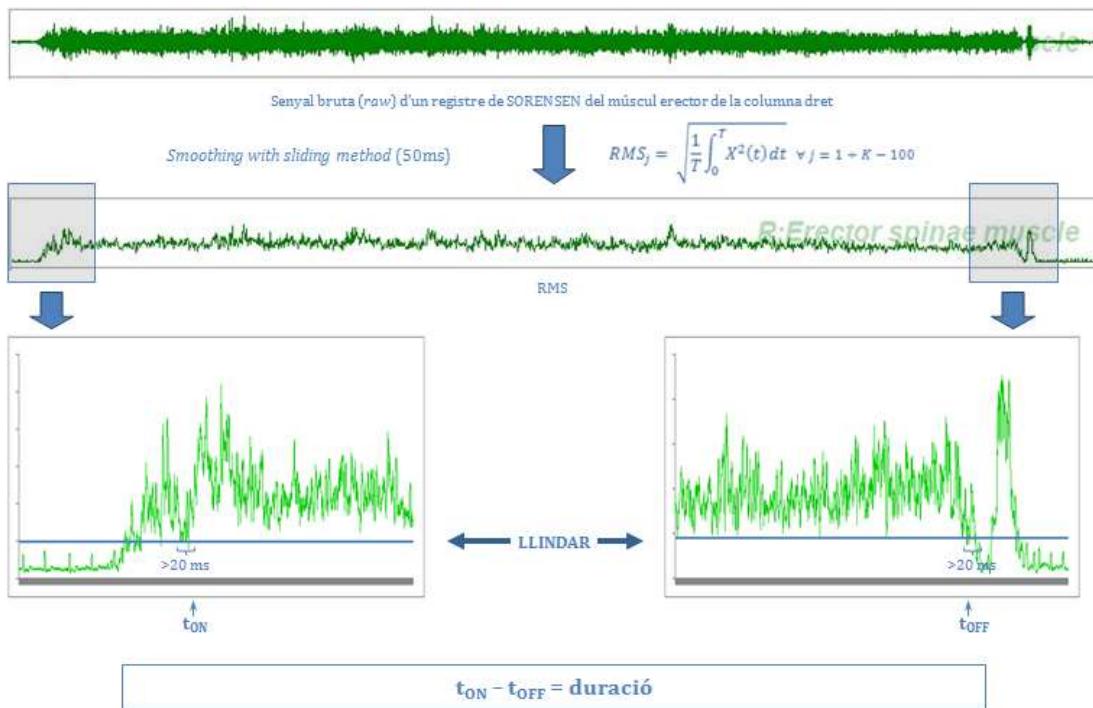


Figura 56. Diagrama del procés d'obtenció del temps d'activació-inactivació (on-off) i de la durada del test Biering-Sorensen

(5). 2. 2. Obtenció de l'amplitud mitjana absoluta de RMS d'activació dels diferents músculs durant l'execució del test per a cada individu i sessió

Es va realitzar un segon processament del registre original (*raw*) mitjançant el càlcul del RMS en intervals de 100ms. A continuació es calculà l'amplitud mitjana absoluta (*aa*) del RMS pel període de durada del test per a cada múscul. Així, s'obtingué el valor d'activació absoluta per a cada múscul, individu i sessió.

$$\overline{aa_{ij}^k} \quad \forall i = 1 \div 18; \forall j = 1 \div 2; \forall k = 1 \div 8$$

on *i* indica individu, *j* sessió, *k* múscul

Aquests valors s'exportaren a l'Excel per al càlcul posterior de l'amplitud mitjana normalitzada (vegeu l'apartat següent).

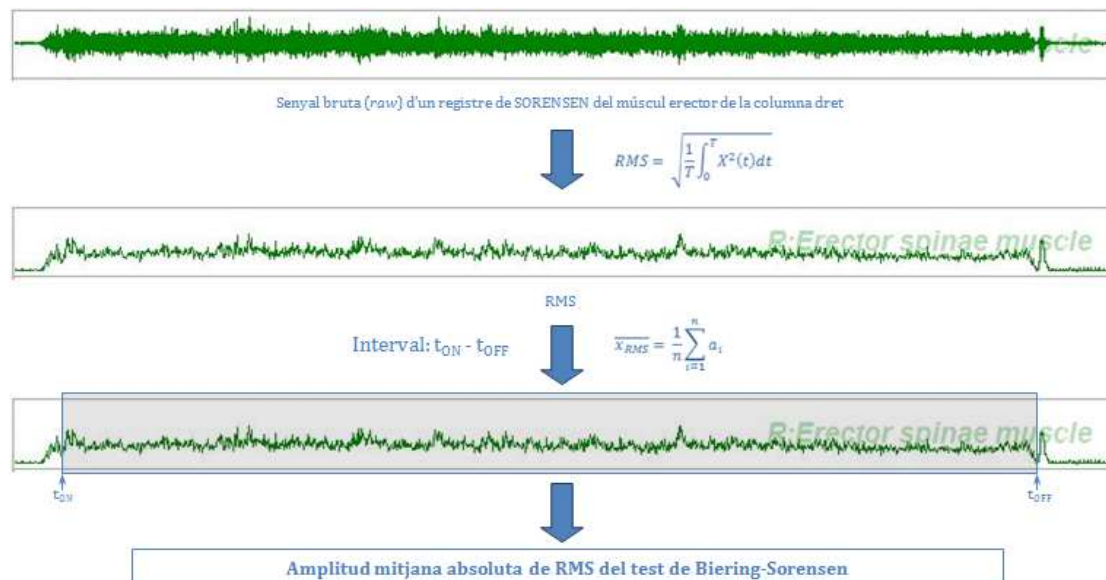


Figura 57. Diagrama del procés d'obtenció de l'amplitud mitjana absoluta d'activació d'un múscul durant el test de Biering-Sorensen

(5). 2. 3. Obtenció de l'amplitud mitjana normalitzada de RMS d'activació dels diferents músculs durant l'execució del test per a cada individu i sessió

Es va dissenyar amb l'Excel un full de càlcul per obtenir el valor d'amplitud mitjana normalitzada (an) respecte a la CVIM (**Equació 4**) de manera que sigui comparable l'activació muscular entre músculs, entre sessions i entre subjectes.

$$an_{ij}^k (\%CVIM) = \frac{aa_{ij}^k}{CVIM_{ij}^k} * 100 \quad \forall i = 1 \div 18; \forall j = 1 \div 2; \forall k = 1 \div 8$$

on i indica individu, j sessió, k múscul

Equació 4. Càlcul de l'amplitud mitjana normalitzada (an) respecte a la CVIM

(5). 2. 4. Obtenció del pendent de la línia de regressió de la freqüència mediana normalitzada respecte a la intersecció.

Es va realitzar un tercer processat del registre original (*raw*) per a l'obtenció de l'espectre de freqüències del senyal electromiogràfic durant l'execució del test Sorensen. Per a això s'aplicà la Transformada Ràpida de Fourier (FFT: *Fast Fourier Transformation*) amb una amplada de finestra de 1024 ms per obtenir l'espectre de freqüències del senyal (**Equació 5**).

$$S(f) = Re^2 + Im^2$$

On $S(f)$ indica l'espectre de potència, Re el terme real i Im el terme imaginari

Equació 5. Transformada Ràpida de Fourier

A continuació es va calcular la freqüència mediana (FM) per a intervals d'1 segon (**Equació 6**).

$$\int_0^{FM} S(f) df = \int_{FM}^0 S(f) df = 1/2 \int_0^{\infty} S(f) df$$

On FM indica la freqüència mediana i $S(f)$ indica l'espectre de potències

Equació 6. Càlcul de la freqüència mediana

Es va realitzar l'anàlisi de regressió lineal i s'ajustà el pendent de la recta de regressió de la freqüència mediana pel mètode de mínims quadrats per a intervals d'un minut, normalitzada respecte a la intersecció¹ (**Equació 7**).

$$FM = \alpha + \beta t + \varepsilon$$

On FM és la recta de regressió, α la intersecció, β el pendent i ε l'error de l'estimació

Equació 7. Recta de regressió de la freqüència mediana

Així, s'obté el valor del pendent de la freqüència mediana per a cada múscul, individu i sessió (**Figura 58**):

$$\overline{f_{ij}^k} \quad \forall i = 1 \div 18; \forall j = 1 \div 2; \forall k = 1 \div 8$$

on i indica individu, j sessió, k múscul

Aquests valors s'expressen després com a tant per cent de la freqüència mediana inicial (intersecció), obtenint el pendent normalitzat per a cada múscul, individu i sessió

$$\overline{fn_{ij}^k} \quad \forall i = 1 \div 18; \forall j = 1 \div 2; \forall k = 1 \div 8$$

on i indica individu, j sessió, k múscul

Els valors obtinguts s'exporten a l'Excel pel seu tractament estadístic de dades.

¹ Intersecció: valor de la freqüència mediana a l'origen en el temps ($t=0ms$).

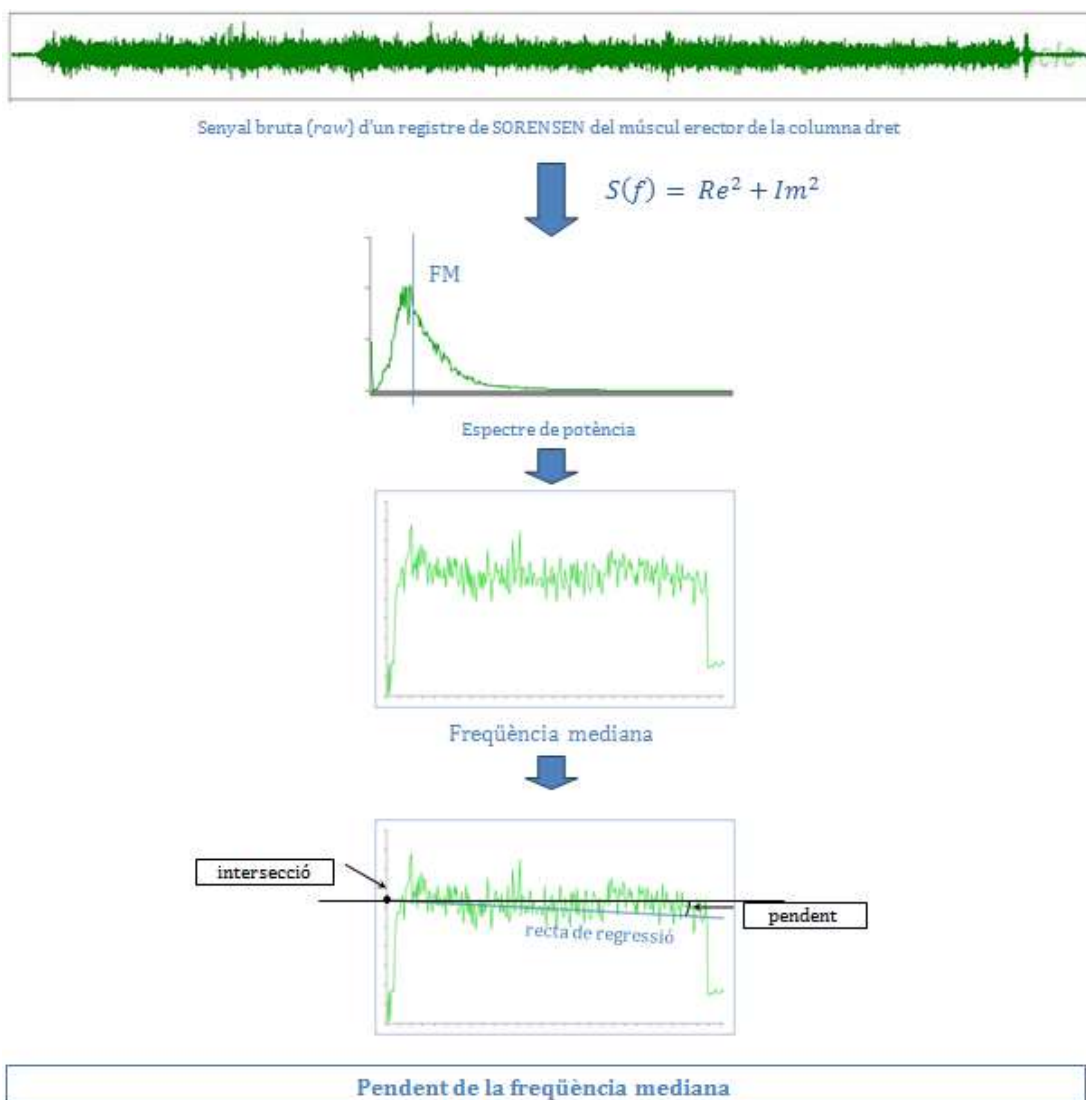


Figura 58. Diagrama del procés d'obtenció del pendent de la freqüència mediana normalitzada respecte a la intersecció durant l'execució del test de Biering-Sorensen

F. Valoració de la discapacitat física

Per a la valoració de la discapacitat específica pel dolor lumbar es va escollir com a instrument de mesura el qüestionari Roland-Morris segons el model validat en versió espanyola per Kovacs et al. (260).

És un qüestionari que consta de 24 preguntes on es puntua 1 per cada frase senyalada i 0 per les no senyalades. L'escala va del 0 a 24. Els valors extrems oscil·len entre 0 (valor que representa l'absència d'incapacitat per lumbàlgia) i 24 (valor que representa la màxima incapacitat possible). Es considera incapacitat molt lleu si el valor està per sota de 4 punts. Una variació en la puntuació només té rellevància clínica si és de 2 o més punts tot i que el DINTEL òptim es considera si està ubicat entre els 3 i 4 punts (221).

L'esportista havia de respondre sol, simplement assenyalant les frases que s'aplicaven al seu cas concret en el moment en què estava responent i no les referides a la situació en què havia estat en el passat o creia que podria passar en el futur (219,221).

G. Valoració del dolor

La valoració del dolor s'obtingué a través de l'Escala Analògica del Dolor.

L'instrument de mesura és l'EVA de 100 mm de longitud (*Annex 11* amb qüestionari), sense marques (255).

L'esportista va senyalar quina sensació de dolor tenia en el moment de passar el test marcant un senyal en la línia de 100 mm. L'avaluador va mesurar amb un regle el punt que havia senyalat l'esportista per tal d'obtenir un valor numèric. Els valors pròxims a l'extrem esquerre significa dolor intens. Els valors pròxims a l'extrem dret indica absència de dolor (255,261).

4.2.8. Descripció de la intervenció i seguiment

La intervenció es va dividir en tres fases que es detallen a continuació.

4.2.8.1. Primera fase de l'estudi

La primera presa de dades es va considerar fixar-la a principis del mes de setembre, quan ja s'havia iniciat la competició esportiva. D'aquesta manera es garantia, després del període de vacances, un punt de partida homogeni de tots els components del grup en la seva pràctica esportiva a nivell organitzatiu, físic, tècnic i competitiu.

Es va realitzar la següent presa de dades:

- Mesures antropomètriques: pes, talla, envergadura, tronc real, longitud de l'extremitat superior (ES) dreta, longitud de l'extremitat inferior (EI) esquerra, longitud de l'EI dreta des de les espina ilíaca antero-superior (EIAS) dreta fins al mal·lèol intern dret, longitud de l'EI esquerra des de les EIAS fins al mal·lèol intern esquerre, longitud de EI dreta des del trocànter major dret fins al mal·lèol extern dret, longitud de l'EI esquerra des del trocànter major esquerre fins al mal·lèol extern esquerre.
- Una valoració de la flexibilitat de la musculatura isquiosural mitjançant els tests angulars de l'elevació de la cama recta (ECR) dreta i esquerra, l'angle popliti (AKE) dret i esquerre i l'angle lumbo-horitzontal en flexió (LHfx); i el test lineal distància dits-peus (DDP).
- Una mesura de la mobilitat de la columna lumbar mitjançant el test de Schöber modificat-modificat i test d'extensió lumbar.
- Exploració radiològica per mesurar: l'angle de Cobb (AC) lumbar, l'angle d'inclinació sacra horitzontal (ASH) i vertical (ASV), l'angle lumbo-sacre (ALS), l'angle de lordosis lumbar (ALL) i l'angle de cifosi lumbo-sacra (ACLS). Aquesta exploració va permetre detectar la presència i ubicació d'espondilolistesi.
- Mesura electromiogràfica del test de Biering-Sorensen.
- Valoració de la discapacitat física específica per dolor lumbar mitjançant el test de Roland-Morris.
- Valoració del dolor mitjançant l'EVA.

Totes les mesures es fan a la mateixa franja horària per evitar modificacions relacionades amb les franges d'entrenament (166,167,254).

4.2.8.2. Segona fase de l'estudi

En els grups d'intervenció T i MT s'aplicà durant 6 mesos el programa d'estiraments (**Figura 68** i **Figura 69**) per a la millora de la rigidesa de la musculatura isquiosural.

Aquesta pauta d'estiraments específics va ser avaluat pel Comitè d'Expert seguint la metodologia Delphi (de l'**Annex 3 al 10**). En aquest programa queda especificat en cada estirament la seva durada, el nombre de repeticions i les sessions setmanals a realitzar. Aquest programa d'estiraments ocupà 1 minut i 12 segons de la part d'escalfament i 9 minuts de la tornada a la calma en cada sessió d'entrenament.

Tots els participants als grups d'intervenció van rebre una instrucció de cadascun dels estiraments que componen el programa mostrats per la investigadora principal (fisioterapeuta), revisats i corregits fins observar l'automatització correcta de cadascun d'ells. Tanmateix, cada individu dels grups d'estudi tenia el document on es detalla pas per pas cadascun dels estiraments d'aquest programa per consultar en cas de dubte. Aquest document està redactat en llengua castellana ja que dins de l'estudi hi participen esportistes que són de fora de Catalunya. A la vegada, es va instruir l'entrenador responsable del grup i que dirigia el programa per garantir la correcta execució dels estiraments. Aquest entrenador va rebre la premissa que en cas de dubte seu i/o dels participants de l'estudi en l'execució de qualsevol estirament, s'havia de posar en contacte amb l'investigador principal. Cal remarcar que la pròpia investigadora ha anat supervisant *in situ* i de forma espontània la seva execució fent el seu seguiment durant aquests 6 mesos.

Els estiraments es van dur a terme segons la descripció especificada l'apartat de resultats 5.1.3. i seguint les indicacions determinades.

La totalitat de sessions realitzades van quedar registrades en un full de control (**Annex 17**) que va permetre saber amb exactitud la quantitat de sessions del

programa d'estiraments realitzat en 6 mesos segons la planificació de la temporada i l'exigència d'entrenaments.

4.2.8.3. Tercera fase de l'estudi

Es va repetir part de la seqüència de presa de dades que es va seguir en la primera fase de l'estudi, a partir dels 6 mesos (19,104,262). Només quedà modificat l'examen radiològic reduït a una projecció frontal en bipedestació i una altra de perfil només en aquells casos on es va determinar a la mesura basal l'existència de patologia.

4.2.9. Anàlisi estadístic

L'anàlisi estadístic de les dades es va dur a terme amb el paquet estadístic SPSS v.21. En una primera instància es van descriure totes les variables mesurades en el basal de l'estudi, agrupades segons facin referència a les característiques socio-demogràfiques i antropomètriques dels esportistes, o a les variables de resultat dels tests angulars i lineal de flexibilitat, els de mobilitat vertebral en el pla sagital, mesures radiològiques, test de Roland-Morris, dolor i electromiografia de superfície. En concret es mostrà els estadístics descriptius que fan referència als valors màxim i mínim, a la mediana, mitjana i desviació estàndard. Posteriorment es comprovà si els tres grups són comparables dos a dos a l'inici de l'estudi en totes les variables esmentades mitjançant el test no paramètric *U de Mann-Whitney*.

Donades les peculiaritats de la selecció dels individus en els grups, ja que aquests tenen unes característiques particulars a fi de poder estar inclosos en els propis programes d'handbol seleccionats, portà a considerar com a variables de resposta per a la comparació aparellada entre els grups els valors que fan referència a l'increment entre la mesura final i basal. És a dir, la no homogeneïtat entre grups per a la majoria de variables (tal i com es pot veure al capítol 5 de

resultats), es solucionà creant la variable diferència (final-basal) a fi de relativitzar la millora de cada individu al seu valor de referència inicial.

En un segon terme es donà els estadístics descriptius dels increments entre final i basal per a totes les variables d'estudi, i aquestos es van comparar entre grups, dos a dos, mitjançant el test no paramètric *U de Mann-Whitney*. Tanmateix, donada les dimensions de la població objectiu, i per tant de la mida de la mostra del present estudi, s'interpretà els resultats obtinguts de les comparacions, avaluant la mida de l'efecte utilitzant els criteris de δ -Cohen, establint els següents punts de tall:

- No hi ha efecte si δ -Cohen < 0,2
- Efecte petit si δ -Cohen > 0,2
- Efecte moderat si δ -Cohen > 0,5
- Efecte gran si δ -Cohen > 0,8

Es mostrà, també, les gràfiques de les mitjanes \pm error estàndard (E.E.) de l'increment, per a cada una de les variables i grup.

En paral·lel, donada l'especificitat i mida de la població, es mostrà en un gràfic de barres els valors inicials i finals de cada individu i per cada grup, comparant-los amb els valors de referència coneguts per a cada una de les variables de resultat. A excepció de les variables de l'electromiografia de superfície referents a la fatiga, els valors es van representar a nivell individual i mitjançant la recta corresponent al comportament de la fatiga de l'individu durant el registre.

En el cas de les variables dels resultats dels tests angulars i lineal de flexibilitat, els de mobilitat vertebral en el pla sagital, mesures radiològiques, test de Roland-Morris i dolor, es va comparar l'increment de cada una d'elles, tenint en compte com a covariable cada una de les variables antropomètriques mitjançant un test ANCOVA.

Per últim, per a cada un dels grups de variables, es va valorar si l'increment de cada una d'elles tenia relació amb la resta amb el *coeficient de correlació de Spearman*.

El nivell de significació s'ha fixat per a $\alpha=0,05$ per a totes les proves estadístiques.

4.2.10. Consideracions ètiques

Inicialment es va obtenir un certificat de col·laboració en aquest estudi d'investigació ([Annex 13](#)) amb el Futbol Club Barcelona (FCB).

Per a l'execució del present estudi es va sol·licitar permís a les institucions sota hospici en que es trobaven els esportistes així com de les institucions esportives corresponents.

El projecte d'estudi va ésser aprovat pel Comitè d'Ètica del centre Consell Català de l'Esport de la Generalitat de Catalunya ([Annex 16](#)), al que pertany el FCB, i pel Comitè d'Ètica de la Universitat Internacional de Catalunya (UIC).

Des de l'inici, i un cop obtinguts els permisos institucionals, es va contactar amb tots els entrenadors dels jugadors per informar-los, de forma individualitzada i detallada dels objectius de l'estudi i de la metodologia de treball.

Tots els pares i/o tutors legals dels participants de l'estudi van estar informats a través d'una sessió comunicativa i van firmar el consentiment informat ([Annex 14](#)), així com els mateixos esportistes que també van estar informats de forma individual i van firmar el consentiment per a formar part d'aquest ([Annex 15](#)).

En tot moment s'han respectat els principis de la declaració Helsinki (2008) per a les investigacions mèdiques, permetent que en qualsevol moment els participants podien abandonar voluntàriament l'estudi de forma lliure sense que això suposés cap perjudici negatiu per a ells.

Les dades han sigut tractades respectant la llei orgànica de protecció de dades 15/1999 de 13 de desembre.

5. RESULTATS

5.1. Resultats del disseny d'un programa de flexibilització de la musculatura isquiosural

En un primer apartat es detalla la composició del programa de flexibilització de la musculatura isquiosural que s'ha dissenyat per tal de ser avaluat. En un segon apartat s'explica els resultats obtinguts de la valoració del programa mitjançant el Comitè d'Experts.

5.1.1. Descripció del programa d'estiraments inicial

Es va procedir a dissenyar el programa d'estiraments ([Annex 2](#)) un cop finalitzada la recerca bibliogràfica dels estiraments musculars.

Es va decidir titular-lo com a "Programa de flexibilització de la musculatura isquiosural". S'escrigué en espanyol degut a que part de la mostra a qui anava destinat era de fora de Catalunya. Per tal que el seu redactat fos entenedor per tota la mostra, es va optar en un redactat col·loquial en comptes de científic.

Aquest programa constà de dues parts. Una part que cal incloure-la dins de l'escalfament que segueix l'equip de jugadors, anomenada com a "*Calentamiento*". Una segona part que s'ha de realitzar una cop finalitzada la sessió d'entrenament, anomenada en el programa com a "*Enfriamiento*".

Per a la primera part i en l'escalfament, es va escollir la tècnica d'estirament actiu en tensió activa. S'hi especifica que cal realitzar cada estirament 3 vegades de cada cama (total 6 cops). S'hi descriu un estirament que sol·licita de manera global la musculatura isquiosural, un analític pel bíceps femoral (BF) i un altre analític pels ventres musculars que conformen la part medial de la cara posterior de la cuixa: el semimembranós (SM) i semitendinos (ST).

Per a la segona part i en el refredament, es va escollir tres estiraments mitjançant la tècnica de Facilitació Neuromuscular Propioceptiva (PNF) i sis

més seguint la tècnica d'estirament passiu. S'hi especifica que cal realitzar cada estirament 3 vegades de cada cama (total 6 cops).

Dels tres estiraments en PNF, un primer es sol·licita la musculatura isquiosural en seva la globalitat, un segon es sol·licita les fibres del BF i un tercer, el conjunt format pel SM i ST.

Els estirament passius descrits a continuació també es diferencien en aquestes 3 regions: global, BF i SM amb ST, cadascun sol·licitat les fibres musculars en el seu terç distal i proximal.

5.1.2. Valoració pel Comitè d'Experts mitjançant el mètode Delphi del programa d'estiraments

El Comitè d'Experts que va avaluar aquest programa d'estiraments estava format per 9 diplomats en Fisioteràpia, un del qual també és llicenciat en Ciències de l'Activitat Física i l'Esport (CAFE), i un que només és llicenciat en CAFE. En el moment que van formar part del Comitè d'Experts, hi havia 2 doctors, 6 doctorands, un graduat i un diplomad. Tots els membres, a excepció d'un d'ells, han estat seleccionats per formar part del grup d'experts per complir el requisit de ser docents universitaris d'alguna assignatura que conté temàtica relacionada amb els estiraments. El membre restant forma part d'aquest grup per la seva experiència professional vinculada amb el món de l'esport. Entre els 10 experts 8 (80%) eren dones i 2 (20%) eren homes. L'expert més jove tenia 32 anys i el més gran 46, amb una mitjana de $36,7 \pm 5,1$ anys. El grau d'expertesa dels components del grup segons ells mateixos van manifestar, d'acord amb una pregunta per aquest fi i fou, en una escala de Likert de 5 punts ("molt expert", "bastant expert", "expert", "mitjanament expert" i "poc expert") de $3,9 \pm 0,7$. La valoració més alta fou "molt expert" i la més baixa fou "expert".

En la primera circulació del qüestionari (Q1) de la primera versió del programa d'estiraments, la majoria d'experts estaven entre "molt d'acord" i "d'acord" en la majoria de les preguntes a excepció d'entre 5 i 7 preguntes.

En canvi, hi ha 3 experts que en la majoria de preguntes hi estan “d’acord” o “indiferent” a excepció de les mateixes 5-7 preguntes que els experts anteriors, en les que estan en “desacord” (*Figura 59*).

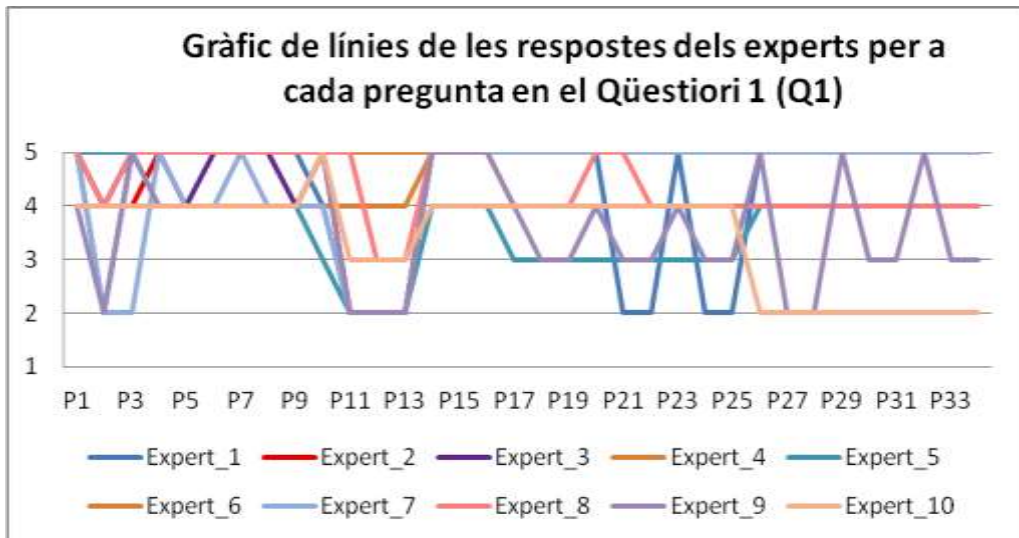


Figura 59. Gràfic de línies del qüestionari 1 segons experts

Per a cada una de les preguntes s’observa en la següent taula (*Taula 23*) i figura (*Figura 60*) les freqüències de respostes en una escala de Likert de 5 punts. En 10 preguntes de les 34 (P1, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P14, P15 i P16), el 100% dels experts han contestat que hi estaven “d’acord” o “molt d’acord”. En les preguntes P10, P17, P18, P19, P20 i P23 només un o dos experts han considerat que els hi eren “indiferent”, la resta opinaven “d’acord” o “molt d’acord”. En canvi, per a les preguntes P2, P3, P11, P12, P13, P21, P22 i de la P24 a la P34, com a mínim un expert hi estava en “desacord”. Es destaca que en les preguntes P11, P12 i P13, el 50% dels experts no hi estaven d’acord (“en desacord”). S’observa que no hi ha cap pregunta en la que algun expert l’hagi considerada “molt en desacord”.

Taula 23. Freqüències de resposta dels experts, qüestionari 1.

Q1	Molt en desacord	En desacord	Indiferent	D'acord	Molt d'acord
P1	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P2	0 %	30 %	0 %	50 %	20 %
P3	0 %	10 %	0 %	30 %	60 %
P4	0 %	0 %	0 %	40 %	60 %
P5	0 %	0 %	0 %	60 %	40 %
P6	0 %	0 %	0 %	50 %	50 %
P7	0 %	0 %	0 %	40 %	60 %
P8	0 %	0 %	0 %	50 %	50 %
P9	0 %	0 %	0 %	60 %	40 %
P10	0 %	0 %	10 %	30 %	60 %
P11	0 %	50 %	10 %	10 %	30 %
P12	0 %	50 %	20 %	10 %	20 %
P13	0 %	50 %	20 %	10 %	20 %
P14	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P15	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P16	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P17	0 %	0 %	10 %	30 %	60 %
P18	0 %	0 %	20 %	20 %	60 %
P19	0 %	0 %	20 %	20 %	60 %
P20	0 %	0 %	10 %	20 %	70 %
P21	0 %	10 %	20 %	10 %	60 %
P22	0 %	10 %	20 %	20 %	50 %
P23	0 %	0 %	10 %	30 %	60 %
P24	0 %	10 %	20 %	20 %	50 %
P25	0 %	10 %	20 %	20 %	50 %
P26	0 %	10 %	0 %	20 %	70 %
P27	0 %	20 %	0 %	20 %	60 %
P28	0 %	20 %	0 %	20 %	60 %
P29	0 %	10 %	0 %	20 %	70 %
P30	0 %	10 %	10 %	20 %	60 %
P31	0 %	10 %	10 %	20 %	60 %
P32	0 %	10 %	0 %	20 %	70 %
P33	0 %	10 %	10 %	20 %	60 %
P34	0 %	10 %	10 %	20 %	60 %

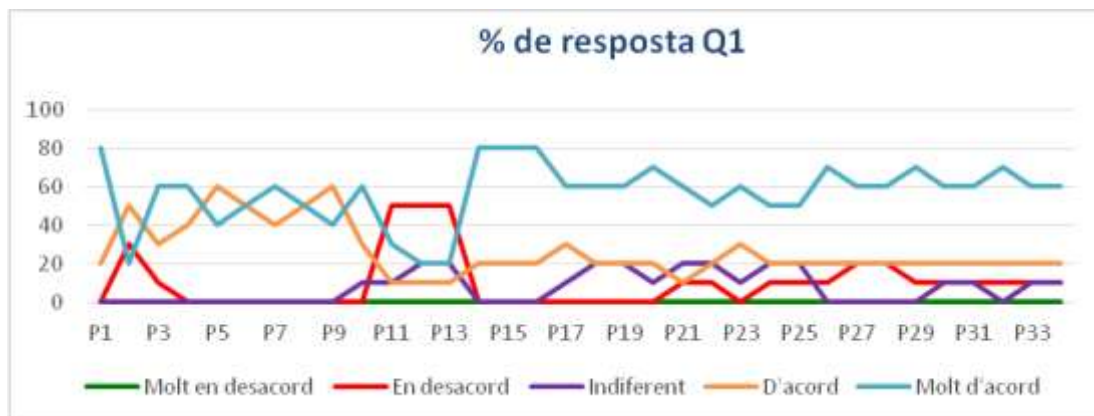


Figura 60. Freqüències de resposta dels experts, qüestionari 1

Fruit d'aquests resultats s'elaborà el qüestionari 2 (Q2) per rebre les opinions dels experts.

De les respostes de la pregunta P2 es va extreure que el temps d'execució de l'estirament actiu en tensió activa, ubicat en l'escalfament, caldria especificar una xifra entre 4 i 6 segons per evitar la fatiga del múscul i la irritació de les estructures vàsculo-nervioses. És per això que en el programa de la versió final s'hi va especificar 6 segons. Referent a aquesta tipologia d'estirament, també es va considerar oportú reduir les repeticions a 2 vegades per extremitat inferior i de forma alternativa (dreta/esquerra).

En la pregunta P10 es qüestionava si els 12 estiraments del programa són suficients per millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural, tenint en compte d'interferir el mínim possible en la rutina normal de les sessions d'entrenament. La conclusió que es va extreure dels experts va ésser que cal reduir el nombre d'estiraments de la fase del refredament ja que consideraven que 9 exercicis era excessiu. Feien l'incís d'eliminar aquells que incideixen en el terç distal i proximal mantenint el global. Fins i tot, un dels experts apuntava que l'extensió del programa d'estiraments s'aproximava més a un entrenament de flexibilitat i no pas a una pauta d'estiraments per millorar la flexibilitat muscular. En conseqüència, en el programa definitiu es va substituir els estiraments en PNF i els estàtic passius per

un sol estirament seguint la modalitat d'*Stretching*. Aquest únic exercici s'inicia en una posició d'estirament de la musculatura isquiosural mantinguda 30 segons per progressar cap a dues noves posicions buscant de nou major tensió muscular.

Mitjançant l'avaluació del Comitè d'Experts i gràcies a les preguntes P11, P12 i P13, es va detectar un error en la descripció dels estiraments actius en tensió activa per a la musculatura isquiosural. La redacció en l'execució d'aquest exercicis s'especificà "retroversió" de la pelvis en el programa inicial quan caldria indicar "anteversió". Tanmateix, els advertiments gràfic que senyalen la direcció del gest sí que eren els correctes.

De l'opinió dels experts que s'obtingué de les preguntes P21, P22, P24 i P25 es va modificar les fotografies que remarcaven les rotacions (interna i externa) de tibia ja que els experts van considerar que creaven confusió. Els experts ho raonaven que s'identificaven més amb la inversió i l'eversió del peu. Per tant, aquesta puntualització es va reflectir ja modificada en els tres exercicis dels estiraments d'escalfament del programa definitiu.

En les opinions aportades en les preguntes P14 a P16 i de P26 a P34, es va proposar canviar la posició d'execució dels estiraments de la fase de refredament. En el programa inicial es detallava la posició en sedestació i en la versió final s'especificà en bipedestació. Els experts consideraven que és la posició més corrent en que els esportistes ho podran realitzar amb major comoditat. Tanmateix, per tal que els esportistes ubiquessin i executessin el moviment descrit de flexió anterior de tronc des de les articulacions de maluc, es recomanà que en la fotografia que es mostra l'estirament es posicionessin les mans a nivell de les articulacions coxo-femorals. Consideraven que d'aquesta manera es reduïa la possibilitat que l'esportista realitzés el moviment erroni de flexió anterior de columna vertebral.

En conclusió, recollides totes les aportacions dels experts especificades en el qüestionari 2 i degut al mutu acord de reduir el número d'estiraments, es va determinar redissenyar el programa de flexibilitat de la musculatura isquiosural per tal de tornar a ser avaluat de nou pel Comitè d'Experts. En conseqüència, això va donar peu a la confecció del qüestionari 3 (Q3) eliminant les preguntes de la P18 a la P25, ambdues incloses, i de la P27 fins a la P34.

En el qüestionari 3, com s'observa en la [Figura 61](#), el 100% dels experts van contestar el 100% de les preguntes en “molt d'acord” o “d'acord” convergint cap al consens.

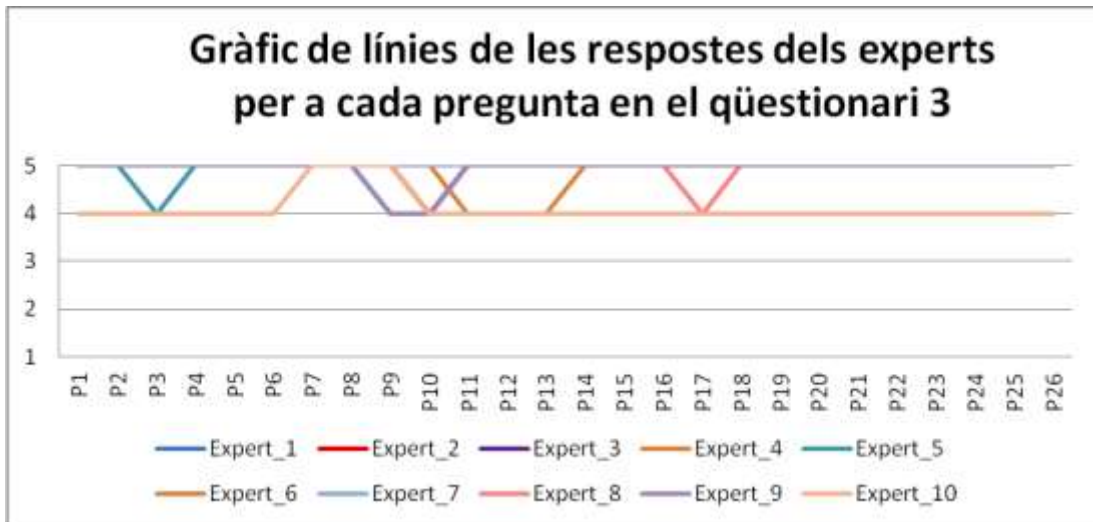


Figura 61. Gràfic de línies del qüestionari 3 segons experts

Visualitzant la taula ([Taula 24](#)) i la figura ([Figura 62](#)) de les freqüències de resposta del Q3 s'hi destaca les preguntes P11, P12, P13 i P17 el 30% dels experts hi estan “d'acord” i el 70% “molt d'acord”. La resta de preguntes en excepció de la P10 només el 10 o 20% responen “d'acord”. La pregunta P10 és l'única en que la majoria dels experts (60%) hi estan “d'acord”. No hi ha cap pregunta en que algun expert la consideri “indiferent”, “en desacord” o “molt en desacord”. Per a les 26 preguntes en aquesta circulació s'ha aconseguit disminuir l'espai interquartílic ([Taula 25](#)).

Taula 24. Freqüències de resposta dels experts, qüestionari 3.

Q3	Molt en desacord	En desacord	Indiferent	D'acord	Molt d'acord
P1	0 %	0 %	0 %	10 %	90 %
P2	0 %	0 %	0 %	10 %	90 %
P3	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P4	0 %	0 %	0 %	10 %	90 %
P5	0 %	0 %	0 %	10 %	90 %
P6	0 %	0 %	0 %	10 %	90 %
P7	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
P8	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
P9	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P10	0 %	0 %	0 %	60 %	40 %
P11	0 %	0 %	0 %	30 %	70 %
P12	0 %	0 %	0 %	30 %	70 %
P13	0 %	0 %	0 %	30 %	70 %
P14	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P15	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P16	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P17	0 %	0 %	0 %	30 %	70 %
P18	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P19	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P20	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P21	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P22	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P23	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P24	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P25	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %
P26	0 %	0 %	0 %	20 %	80 %



Figura 62. Freqüències de resposta dels experts, qüestionari 3

Dels estadístics descriptius que es mostren en la [Taula 25](#) i , es destaca que a les preguntes P2 i P11 la mitjana de resposta va ésser superior a 3 i menor a 4 en la primera circulació (Q1), tot i que cal dir que la desviació estàndard és gran. Mentre que en la tercera circulació (Q3) aquesta era clarament superior a 4. També remarcar que en la mateixa primera circulació (Q1) només les preguntes P12 i P13 atansen una mitjana inferior a 3, amb una desviació de 1,25.

De les 26 preguntes que consten en ambdós qüestionaris n'hi ha 10 que en la primera circulació com a mínim un expert considera que hi està “en desacord”, mentre que per a totes aquestes preguntes en la tercera circulació la totalitat dels experts hi estan com a mínim “d'acord”. Per a totes les preguntes en ambdues circulacions sempre hi ha algun expert que la considera “molt d'acord”.

Es destaca la baixa puntuació de la mediana per a les preguntes P11, P12 i P13, que és de 2,5 en la primera de les circulacions. Finalment observar que en la tercera circulació tots els experts estan “molt d'acord” en les preguntes P7 i P8, és a dir la variabilitat és de 0.

Taula 25. Estadístics descriptius del qüestionari 1 i 3.

		Mínim	Màxim	Quartil 1	Mediana	Quartil 3	Espai IQ	Mitjana	SD
P1	Q1	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,9	0,32
P2	Q1	2	5	2,5	4	4	1,5	3,6	1,17
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,9	0,32
P3	Q1	2	5	4	5	5	1	4,4	0,97
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
P4	Q1	4	5	4	5	5	1	4,6	0,52
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,9	0,32
P5	Q1	4	5	4	4	5	1	4,4	0,52
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,9	0,32
P6	Q1	4	5	4	4,5	5	1	4,5	0,53
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,9	0,32
P7	Q1	4	5	4	5	5	1	4,6	0,52
	Q3	5	5	5	5	5	0	5	0,00
P8	Q1	4	5	4	4,5	5	1	4,5	0,53
	Q3	5	5	5	5	5	0	5	0,00
P9	Q1	4	5	4	4	5	1	4,4	0,52
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
P10	Q1	3	5	4	5	5	1	4,5	0,71
	Q3	4	5	4	4	5	1	4,4	0,52
P11	Q1	2	5	2	2,5	4,75	2,75	3,2	1,40
	Q3	4	5	4,25	5	5	0,75	4,7	0,48
P12	Q1	2	5	2	2,5	3,75	1,75	3	1,25
	Q3	4	5	4,25	5	5	0,75	4,7	0,48
P13	Q1	2	5	2	2,5	3,75	1,75	3	1,25
	Q3	4	5	4,25	5	5	0,75	4,7	0,48
P14	Q1	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
P15	Q1	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
P16	Q1	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
P17	Q1	3	5	4	5	5	1	4,5	0,71
	Q3	4	5	4,25	5	5	0,75	4,7	0,48

		Mínim	Màxim	Quartil 1	Mediana	Quartil 3	Espai IQ	Mitjana	SD
P18	Q1	3	5	4	5	5	1	4,4	0,84
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
P19	Q1	3	5	4	5	5	1	4,4	0,84
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
P20	Q1	3	5	4,25	5	5	0,75	4,6	0,70
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
P21	Q1	2	5	3,25	5	5	1,75	4,2	1,14
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
P22	Q1	2	5	3,25	4,5	5	1,75	4,1	1,10
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
P23	Q1	3	5	4	5	5	1	4,5	0,71
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
P24	Q1	2	5	3,25	4,5	5	1,75	4,1	1,10
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
P25	Q1	2	5	3,25	4,5	5	1,75	4,1	1,10
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
P26	Q1	2	5	4,25	5	5	0,75	4,5	0,97
	Q3	4	5	5	5	5	0	4,8	0,42
P27	Q1	2	5	4	5	5	1	4,2	1,23
P28	Q1	2	5	4	5	5	1	4,2	1,23
P29	Q1	2	5	4,25	5	5	0,75	4,5	0,97
P30	Q1	2	5	4	5	5	1	4,3	1,06
P31	Q1	2	5	4	5	5	1	4,3	1,06
P32	Q1	2	5	4,25	5	5	0,75	4,5	0,97
P33	Q1	2	5	4	5	5	1	4,3	1,06
P34	Q1	2	5	4	5	5	1	4,3	1,06

S'observa a la [Figura 63](#) que la pregunta P1 el quartil 1, la mediana i el quartil 3 coincideixen en el valor “molt d'acord” tant en la circulació 1 com 3. Per aquesta pregunta l'espai interquartílic és de 0 ja a la primera circulació. El mateix succeeix per a les preguntes P14, P15 i P16 de la [Figura 64](#).

La pregunta P10 és l'única per a la que els quartils 1 i 3 són els mateixos en la circulació 1 i 3, essent “d'acord” i “molt d'acord” respectivament. En canvi, en

aquesta mateixa pregunta la mediana passa de “molt d’acord” en la primera circulació a “d’acord” en la tercera circulació (*Figura 64*).

Per a la pregunta P17 de la *Figura 65*, tant a la primera circulació (Q1) com a la tercera (Q3), la mediana i el quartil 1 coincideixen si bé en el qüestionari 3 el valor augmenta tendint al quartil 3.

Per a la resta de preguntes observem que les seves gràfiques dels quartils mostren una forma d’embut, indicant un consens absolut en la tercera circulació.

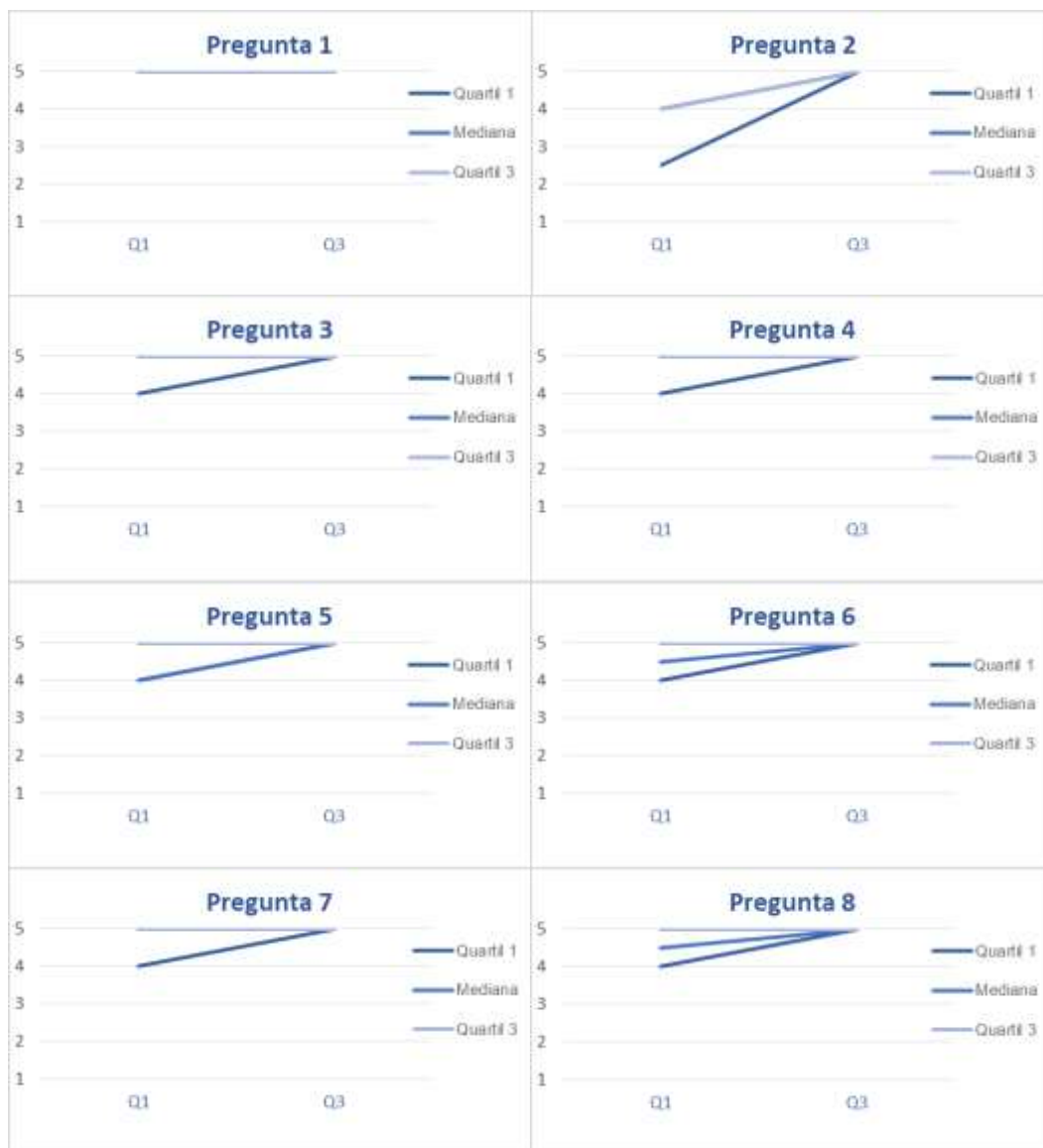


Figura 63. Gràfics de quartils dels qüestionaris 1 i 3 de les preguntes P1 a P8

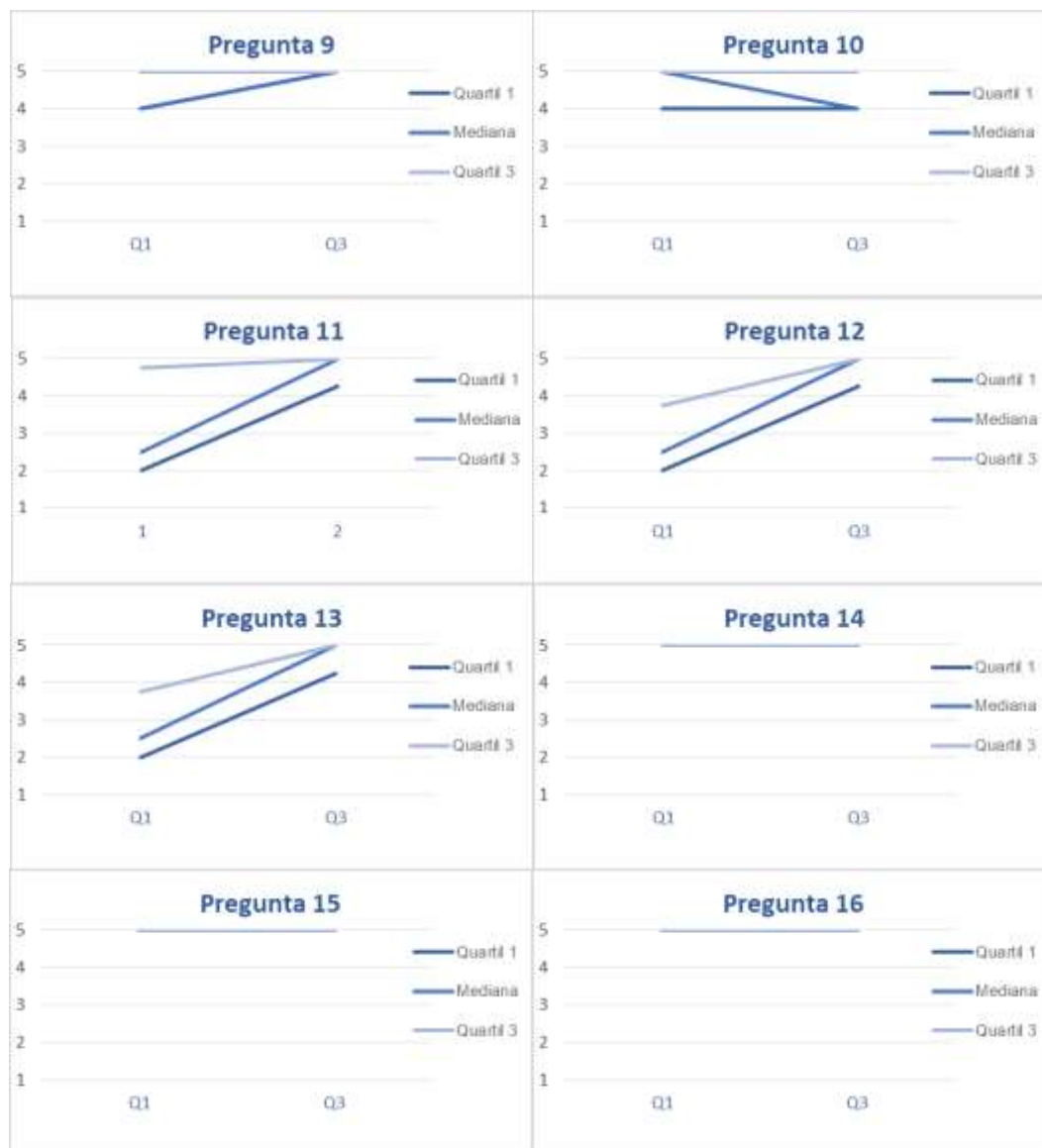


Figura 64. Gràfics de quartils dels qüestionaris 1 i 3 de les preguntes P9 a P16

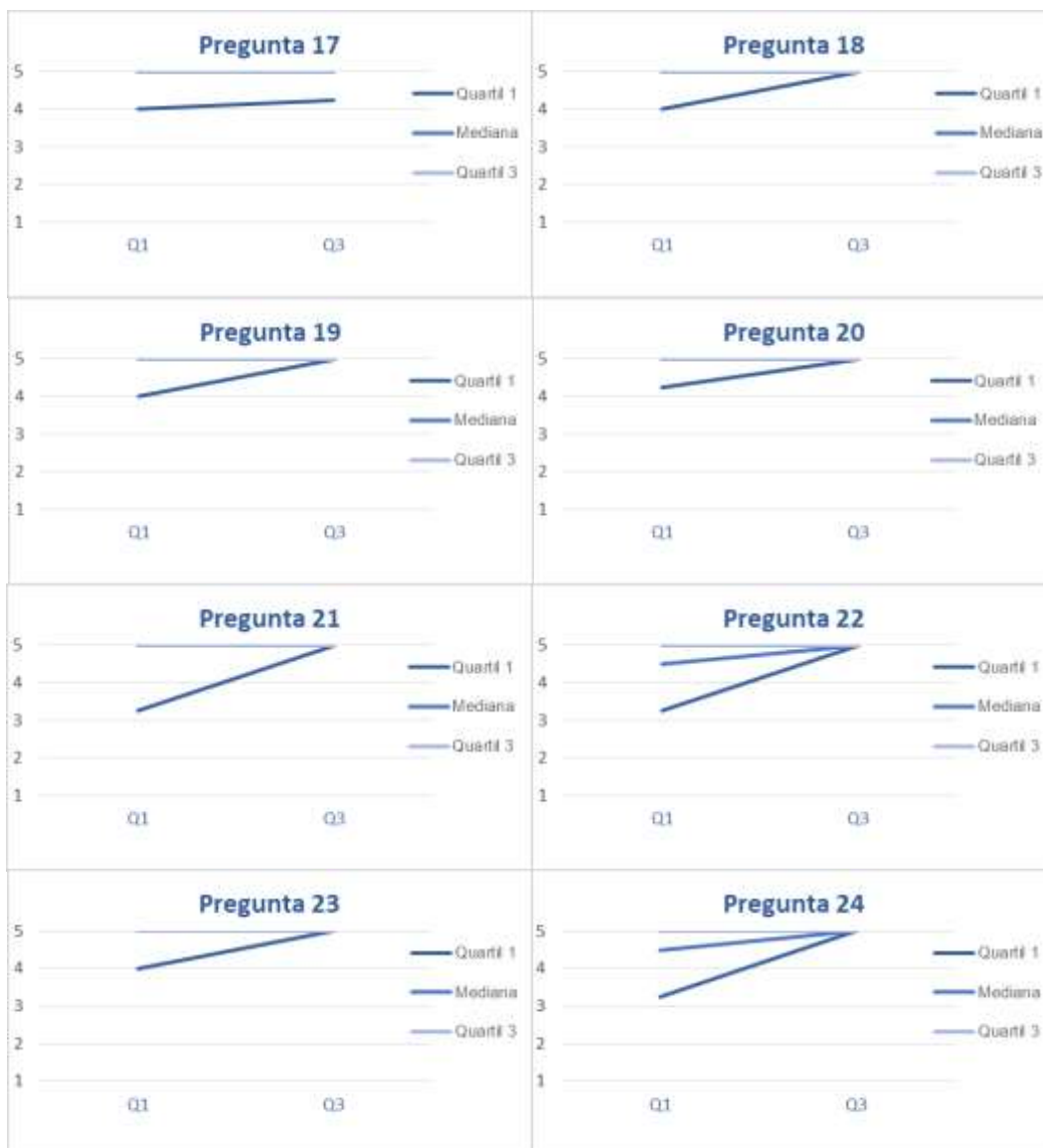


Figura 65. Gràfics de quartils dels qüestionaris 1 i 3 de les preguntes P17 a P24

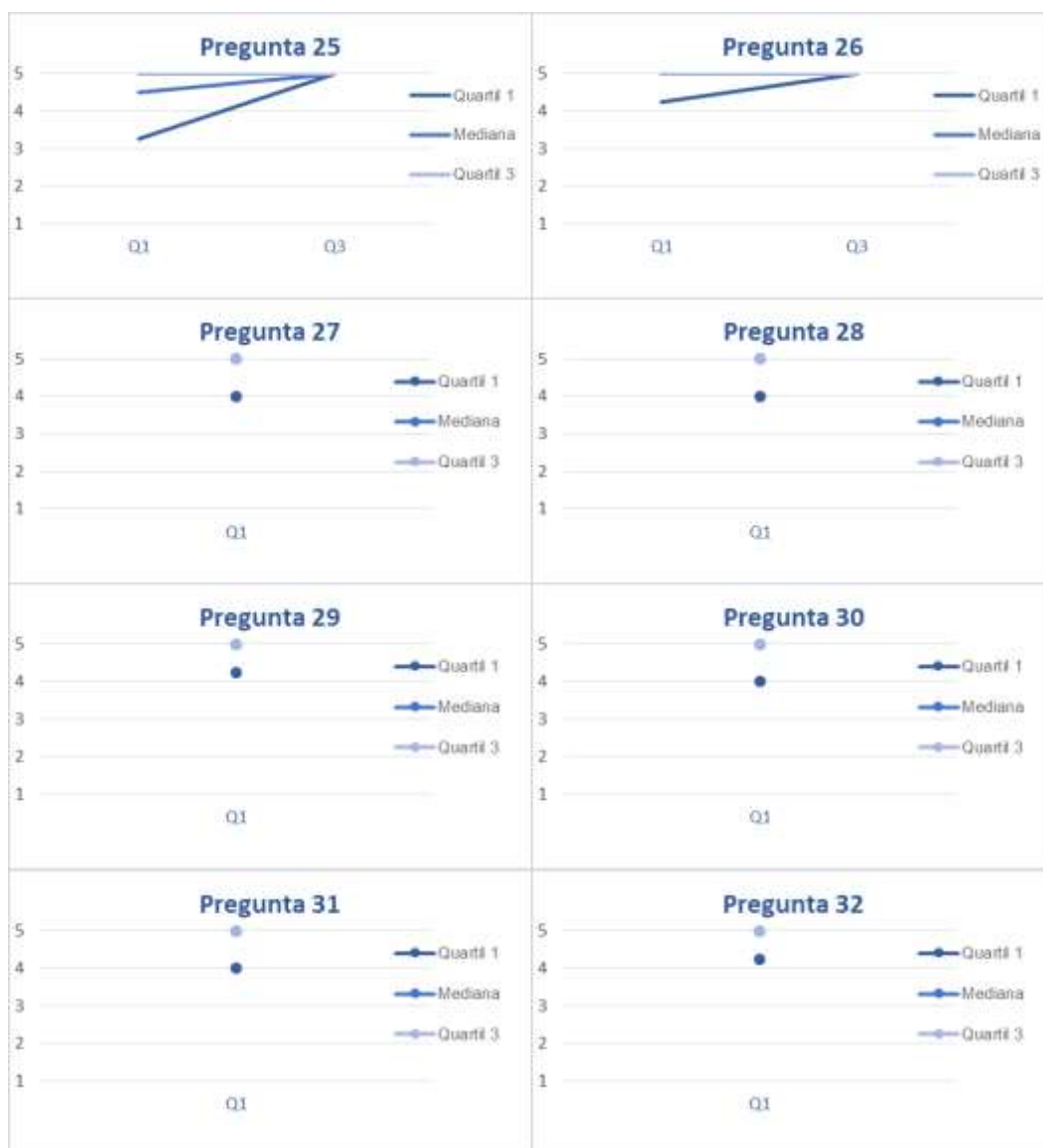


Figura 66. Gràfics de quartils dels qüestionaris 1 i 3 de les preguntes P25 a P32



Figura 67. Gràfics de quartils dels qüestionaris 1 i 3 de les preguntes P33 a P34

D'aquesta validació del programa d'estiraments de la musculatura isquiosural mitjançant el mètode Delphi (253) se n'extreu un informe que es concreta en el programa de millora del to muscular dels isquiosurals (apartat 5.1.3.).

5.1.3. Descripció del programa d'estiraments definitiu

El programa de flexibilització de la musculatura isquiosural (*Figura 68* i *Figura 69*) està dividit en dues parts.

La primera part s'aplica just abans de començar l'escalfament de l'equip. El temps que es requereix per a realitzar els exercicis és d'un minut i dotze segons.

La segona part del programa d'estirament es realitza durant la tornada a la calma, un cop finalitzat la sessió d'entrenament. Aquesta seqüència de sol·licitacions musculars s'executa en nou minuts.

Aquesta primera part del programa s'inicia amb 3 estiraments actius en tensió activa dels isquiosurals. S'ubica amb anterioritat a l'escalfament. Aquest escalfament que segueix l'equip sorgeix d'una adaptació a l'handbol d'un estudi de la Federació Internacional de Futbol Associació (FIFA) i el seu Centre d'Avaluació i Investigació Mèdica (F-MARC). Van descriure uns exercicis d'escalfament que el van anomenar "11+". Són 15 exercicis i es compon de 3 parts. La primera part són sis exercicis de carrera a poca velocitat combinats amb estiraments actius i contactes controlats amb el company. La segona part són sis grups d'exercicis centrats en la força del tronc i cames, l'equilibri i la pliometria/agilitat. La tercera part

són tres exercicis de carrera a velocitat moderada/alta combinats amb moviments de canvis de direcció. Els estudis publicats han demostrat que la seva aplicació pot reduir les lesions entre un 30 i un 50% (263-265). Aquesta adaptació de l'escalfament a l'handbol la va realitzar els entrenadors de la base de la secció d'handbol del FCB conjuntament amb el seu Servei Mèdic. Els tres estiraments actius en tensió activa del programa de flexibilització que són previs a l'escalfament descrit, no consten dins de l'escalfament que segueix l'equip i per tant, no són repetitius.

Aquests tres estiraments actius en tensió activa (global, BF i ST amb SM) del programa de flexibilització es realitzen 2 vegades de cada EI alternant dreta/esquerra (**Figura 68**). Tots ells tenen una posició de partida en bipedestació amb el genoll semiflexionat i alineat amb el turmell. Per tal de posar el múscul en estirament cal realitzar un parell de forces; la primera consisteix en dirigir una força del taló contra el terra i la segona s'obté de realitzar una anteversió de la pelvis. D'aquesta manera s'allarga origen i inserció muscular. Mantenint la força del taló contra el terra (reclutament de les fibres musculars en isometria) en la posició d'allargament muscular (conservant aquest parell de forces descrites), s'inicia la fase excèntrica de l'estirament realitzant una flexió anterior de tronc amb l'eix del moviment ubicat a l'articulació coxofemoral, de forma lenta i progressiva durant 6 segons. En el primer d'ells es manté el peu alineat amb el genoll, sense rotacions tibials (estirament global). El segon es realitza amb una rotació interna de tibia per incidir majoritàriament en el BF. El tercer estirament actiu en rotació externa per sol·licitar major predomini fibril·lar del SM conjuntament amb el ST.

La "tornada a la calma" s'ubica un cop finalitzada la sessió d'entrenament. És un sol estirament passiu (**Figura 69**) en la modalitat d'*Stretching*, incidint en la musculatura isquiosural de forma global. L'esportista realitza l'estirament en bipedestació. Per efectuar aquest estirament és necessari ubicar el peu damunt d'una superfície (espatllera, banqueteta, etc.) que permeti partir d'una posició de flexió de genoll de 90°, sense rotacions tibials i mantenint la posició neutra de l'articulació tibio-astragalina (90°). Les mans de l'esportista estan col·locades a les articulacions coxo-femorals (per sentir millor el moviment de flexió anterior de tronc). La posada en tensió de la musculatura isquiosural s'aconsegueix fent una anteversió de la pelvis i realitzant una flexió anterior de tronc, amb la columna

vertebral alineada, tot generant el moviment des de les coxo-femorals fins notar la sensació d'estirament en la cara posterior de la cuixa. Aquesta posició es manté durant 30 segons. Seguidament es busca una nova posició de tensió muscular ubicant l'articulació de genoll en una flexió de 45°, conservant l'anteversió de la pelvis i augmentant la flexió anterior de tronc. Aquesta posició es manté durant 30 segons més. Finalment, es realitza una última posada en tensió flexionant només 10° l'articulació de genoll, amb anteversió de la pelvis i ampliant la flexió anterior de tronc fins obtenir una nova sensació de tensió muscular a la cara posterior de la cuixa. Es manté 30 segons més. Aquesta seqüència de moviments es realitza 3 vegades en cada EI alternant dreta i esquerra.

PROGRAMA DE MEJORA DEL TONO MUSCULAR LOS ISQUIOSURALES.

CALENTAMIENTO: Realizar cada estiramiento 2 veces de cada extremidad inferior alternativamente izquierda y derecha (TOTAL=4veces).

1. Estiramiento activo en Tensión Activa de la musculatura Isquiosural (Global)		
	<p>Posición de partida:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Alinear rodilla con tobillo 2. Empuje: talón contra el suelo manteniendo el pie alineado sin rotaciones. 3. Contraempuje: anteversión pélvica, inclinar la pelvis hacia delante. 	
	<p>Posición final:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mantenemos el empuje y contraempuje 2. Realizamos una flexión anterior de tronco desde la cadera (bajar el busto hacia la rodilla) y con la espalda alineada durante 6 segundos. 	
2. Estiramiento activo en Tensión Activa de la musculatura Isquiosural para el Biceps Femoral (rotación interna de tibia)		
	<p>Posición de partida:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Alinear rodilla con tobillo 2. Empuje: talón contra el suelo. 3. Manteniendo la rodilla alineada, rotar la tibia hacia adentro, hacia la línea media en rotación interna. 4. Contraempuje: anteversión pélvica, inclinar la pelvis hacia delante. 	
	<p>Posición final:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mantenemos el empuje, la rotación interna de tibia y el contraempuje. 2. Realizamos una flexión anterior de tronco desde la cadera (bajar el busto hacia la rodilla) y con la espalda alineada durante 6 segundos. 	
3. Estiramiento activo en Tensión Activa de la musculatura Isquiosural para el Semimembranoso y Semitendinoso (rotación externa de tibia)		
	<p>Posición de partida:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Alinear rodilla con tobillo 2. Empuje: talón contra el suelo. 3. Manteniendo la rodilla alineada, rotar la tibia hacia afuera, en rotación externa. 4. Contraempuje: anteversión pélvica, inclinar la pelvis hacia delante. 	
	<p>Posición final:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mantenemos el empuje, la rotación externa de tibia y el contraempuje. 2. Realizamos una flexión anterior de tronco desde la cadera (bajar el busto hacia la rodilla) y con la espalda alineada durante 6 segundos. 	

En el presente programa de estiramientos se ha optado por el redactado coloquial en vez del científico.

Figura 68. "Escalfament" de la versió definitiva del programa de flexibilitat de la musculatura isquiosural

PROGRAMA DE MEJORA DEL TONO MUSCULAR DE LOS ISQUIOSURALES.

VUELTA A LA CALMA: Realizar cada estiramiento 3 veces de cada extremidad inferior alternativamente (izquierda y derecha) (TOTAL: 6 veces).

1. Estiramiento pasivo de la musculatura Isquiosural.



Posición de partida:

1. Talón del pie apoyado encima de la superficie, rodilla semiflexionada 90°.
2. Pie sin rotaciones con flexión dorsal de 90° de tobillo.
3. **Anteversión pélvica (inclinarse la pelvis hacia delante)**. Poner las manos en la cadera para sentir el movimiento.
4. Realizamos una flexión anterior de tronco desde la cadera (bajar el busto hacia la rodilla) y con la **espalda alineada** hasta notar la tensión en la cara posterior del muslo.

Posición final: manteniendo la colocación de partida:

1. Sentir la tensión del estiramiento de la musculatura isquiosural con la rodilla a 90° de flexión y mantener **30 segundos** (tercio proximal). Mantener la **anteversión pélvica (inclinarse la pelvis hacia delante)**, realizar una flexión anterior de tronco desde la cadera (bajar el busto hacia la rodilla) y con la **espalda alineada** hasta notar la tensión en la cara posterior del muslo.
2. **Estirar la rodilla 45°** hasta sentir el estiramiento en el tercio medio y mantener **30 segundos**. Mantener la **anteversión pélvica (inclinarse la pelvis hacia delante)**, realizar una flexión anterior de tronco desde la cadera (bajar el busto hacia la rodilla) y con la **espalda alineada** hasta notar la tensión en la cara posterior del muslo.
3. **Estirar la rodilla hasta mantener 10° de flexión** y sentir el estiramiento en el tercio distal de la cara posterior del muslo y mantener **30 segundos**. Mantener la **anteversión pélvica (inclinarse la pelvis hacia delante)**, realizar una flexión anterior de tronco desde la cadera (bajar el busto hacia la rodilla) y con la **espalda alineada** hasta notar la tensión en la cara posterior del muslo.



En el presente programa de estiramientos se ha optado por el redactado coloquial en vez del científico.

Figura 69. "Tornada a la calma" de la versió definitiva del programa de flexibilitat de la musculatura isquiosural

5.2. Resultats de l'avaluació del programa de flexibilització de la musculatura isquiosural

En aquest segon apartat del capítol es presenten els resultats de l'aplicació del programa d'estiraments dels isquiosurals en una mostra de jugadors d'handbol de la categoria juvenil del FCB.

Com bé s'ha exposat a la introducció, en aquest col·lectiu, és d'especial interès millorar la simptomatologia lumbar i la seva posició lumbo-pelviana degut a que sovint queda afectada per la pròpia pràctica esportiva de l'handbol.

En aquest sentit, s'estructuren els apartats exposant els diferents grups de variables, com són les de flexibilitat, mobilitat, tests angulars, test lineal, angles radiològics, test de discapacitat, mesures electromiogràfiques d'activació muscular i fatiga, a fi de veure quines relacions s'estableixen entre aquestes i el dolor lumbar i/o el posicionament de la zona lumbo-pelviana.

Prèviament però, es descriuen les dades socio-demogràfiques i les característiques individuals i antropomètriques dels individus que configuren la mostra final. Aquesta mostra, que inicialment en el reclutament dels individus era de 18 jugadors, ubicant-se 6 a cada un dels tres grups: grup Control (C), grup Tarda (T) i grup Matí i Tarda (MT). Al final del seguiment, la mostra queda conformada per un total de 4 individus al grup C, 5 al grup T i 5 al grup d'intervenció MT. El motiu de les pèrdues de l'estudi ha sigut per lesions esportives de més d'un mes del període d'entrenament i/o competitiu durant la fase d'estudi a excepció d'un individu del grup C que va abandonar l'equip.

Els esportistes reclutats tenien una mitjana d'edat de $16,78 \pm 0,50$, repartits en diferents posicions de joc de forma bastant equitativa tal com es pot observar a la

Figura 70.

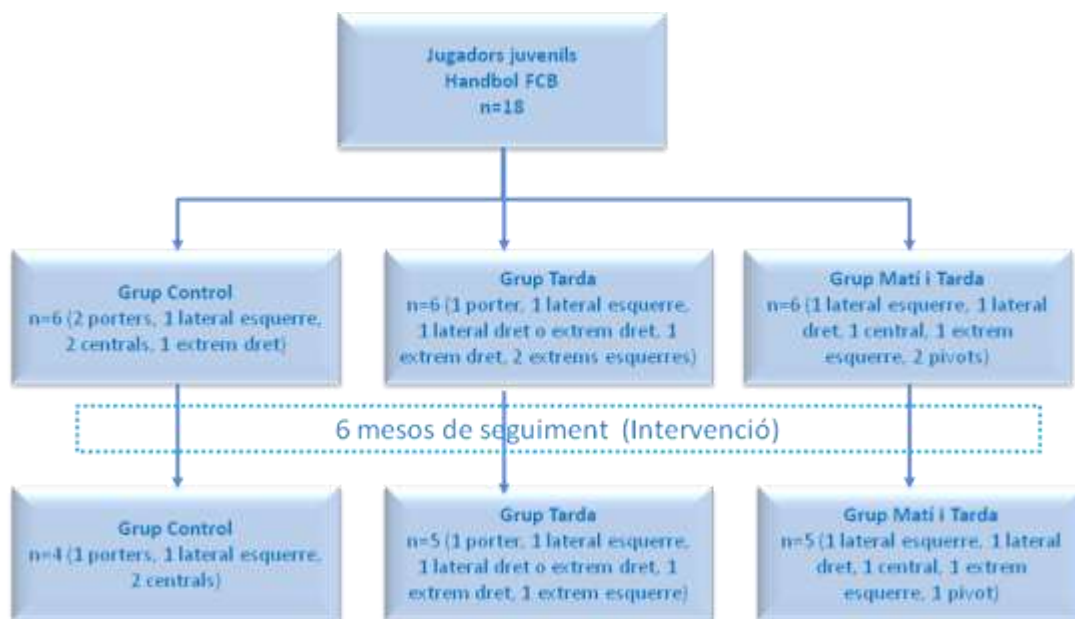


Figura 70. Perfil de la mostra.

Del registre d'entrenaments proporcionat pel Director Tècnic de l'handbol formatiu del FCB se n'extreu que el grup de tecnificació ha realitzat 256 entrenaments durant la temporada 2013-2014. Aquests esportistes estan distribuïts aleatòriament en el grup control (C) i el grup d'intervenció MT. Dels 256 entrenaments hi ha 116 sessions físiques i 140 sessions de tàctica, corresponent al 45% i al 55% respectivament del total d'entrenaments (*Figura 71*).

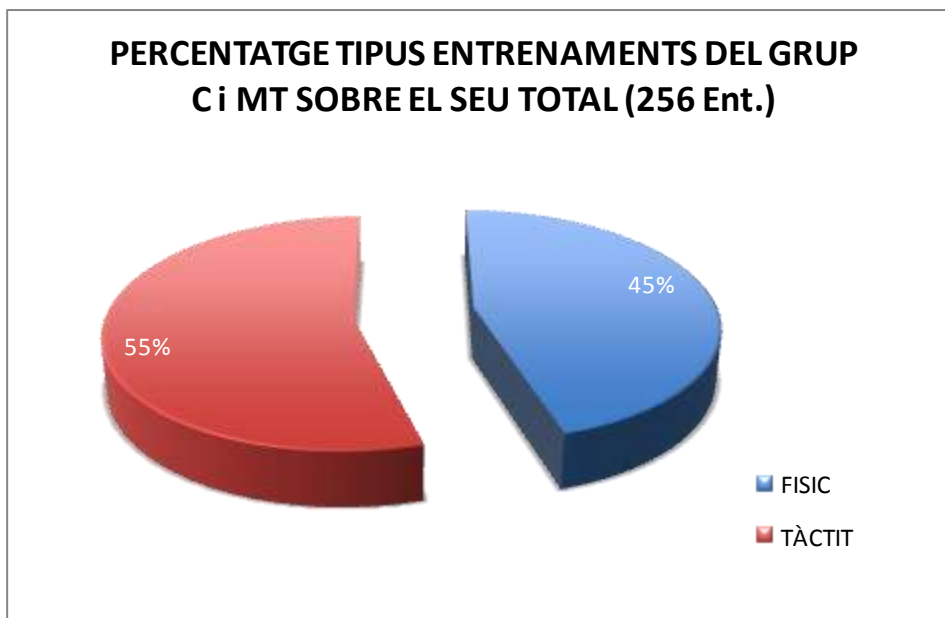


Figura 71. Representació del percentatge del tipus d'entrenament realitzat pel grup de tecnificació.

Distribució del percentatge de les 256 sessions d'entrenament segons físic i tàctic.

En canvi, el grup T ha realitzat 141 entrenaments dels quals hi ha 43 sessions de físic (30%) i 98 tàctiques (70%) (*Figura 72*).

De la comparativa del número d'entrenaments realitzats entre els grups C i MT versus al grup T, se n'extreu que els grups de tecnificació (C i MT) han entrenat un 82% més respecte al grup de tarda (*Figura 73*). La distribució d'aquest 82% més d'entrenaments es correspon un 64% a sessions físiques i un 36% a sessions tàctiques (*Figura 74*).

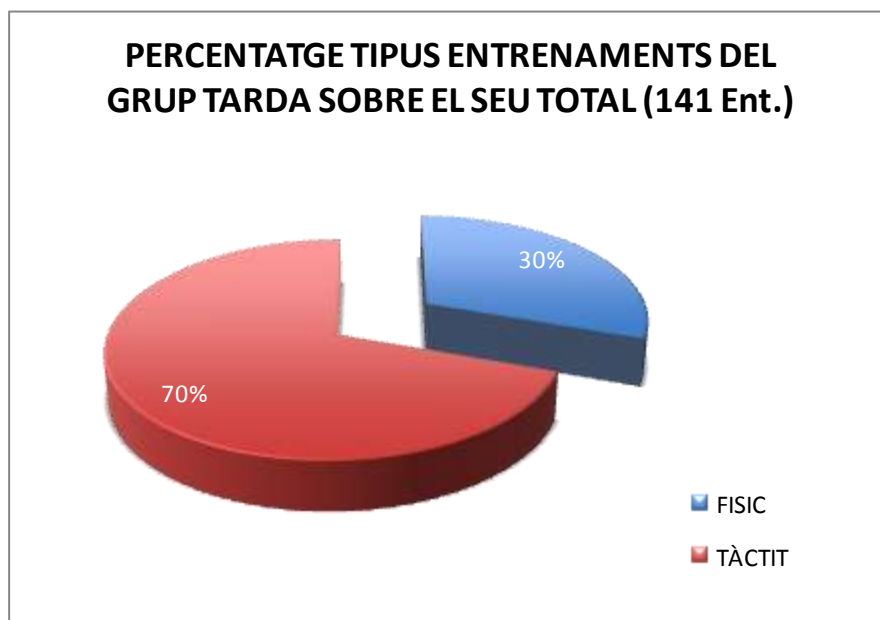


Figura 72. Representació del percentatge del tipus d'entrenament realitzat pel grup de tarda.

Distribució del percentatge de les 141 sessions d'entrenament segons físic i tàctic.

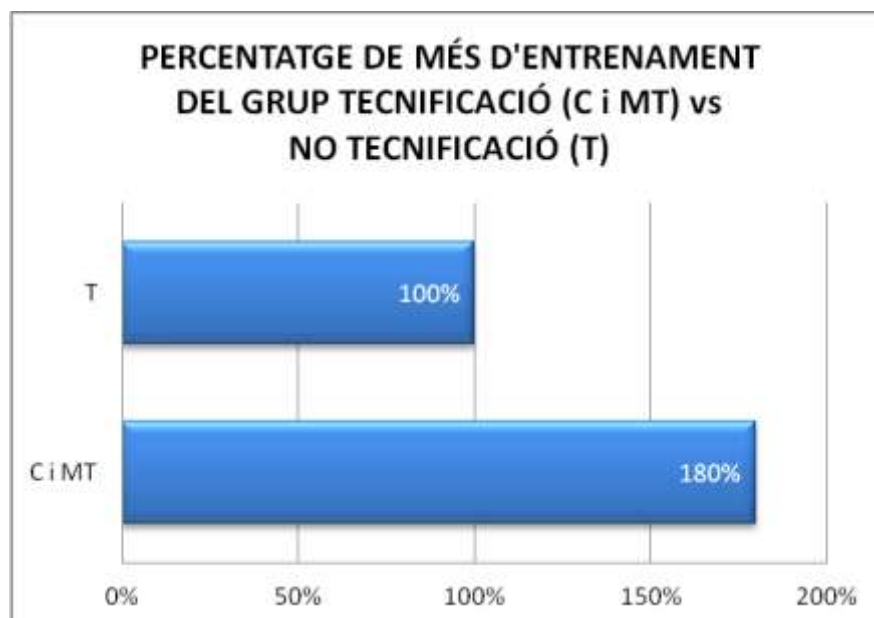


Figura 73. Percentatge de més d'entrenament dels grups C i MT vs T

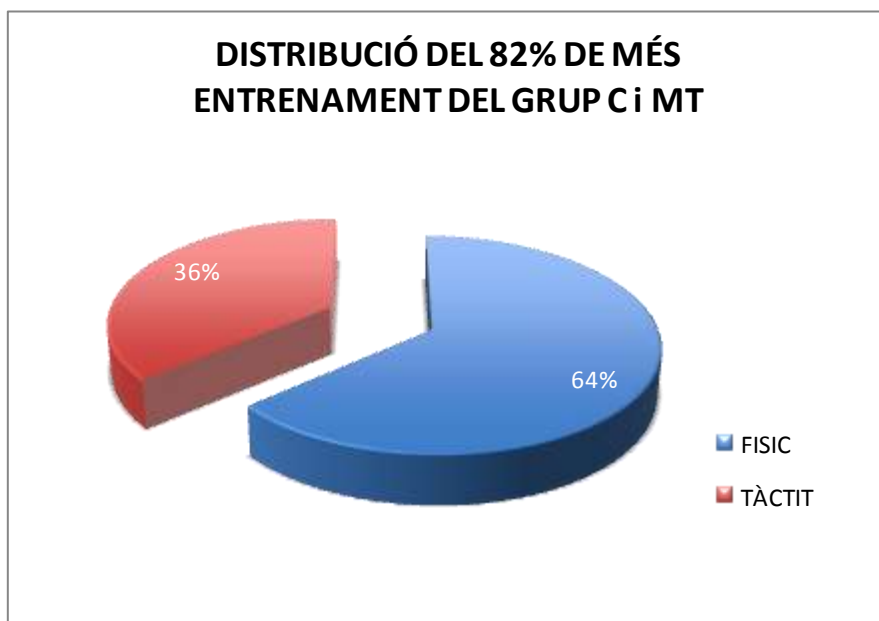


Figura 74. Distribució del 82% de més d'entrenaments del grup de tecnificació.

El compliment del programa de flexibilitat s'obté del full de control d'estiraments (**Annex 17**), el qual té relació directa amb l'assistència a l'entrenament. El grup C té un 75% d'assistència versus un 25% de faltes (**Figura 75**). El grup T té una assistència quasi total (**Figura 76**).

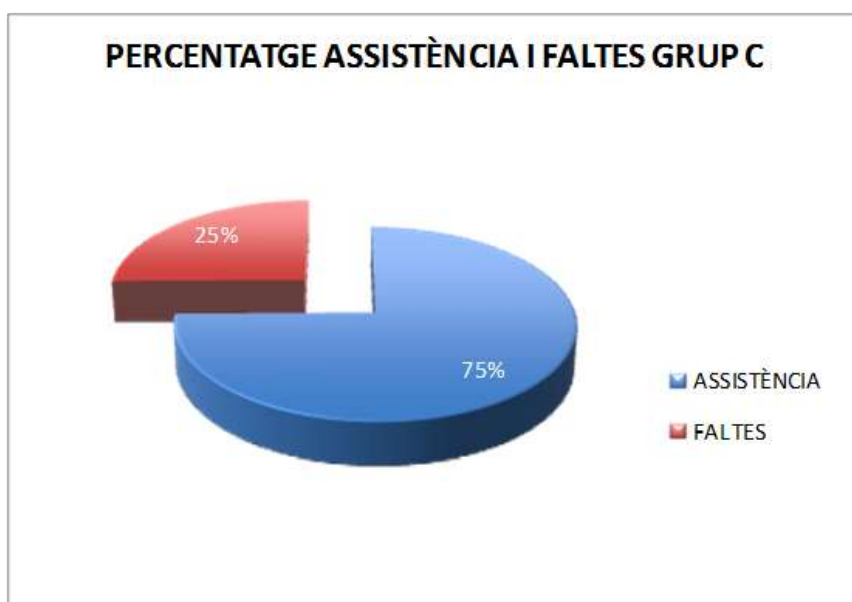


Figura 75. Percentatge d'assistència a les sessions d'entrenament del grup C

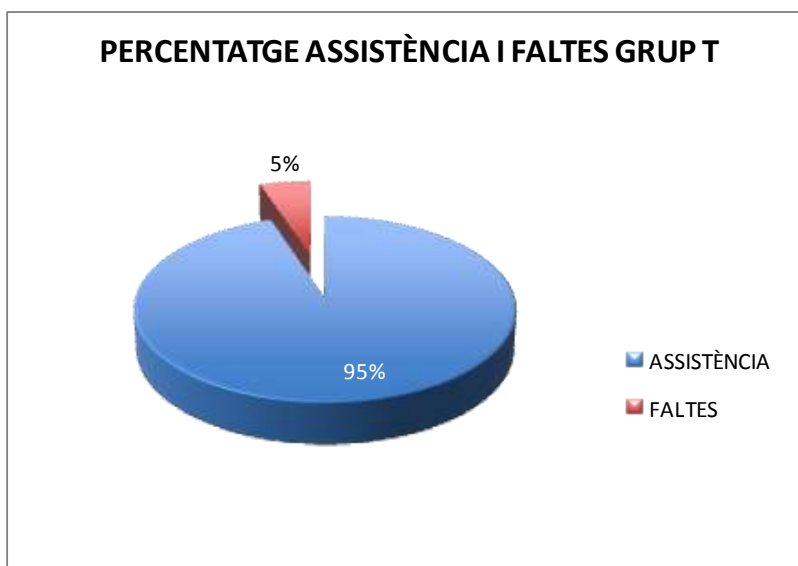


Figura 76. Percentatge d'assistència a les sessions d'entrenament del grup T

I finalment el grup de tecnificació MT compleix amb una assistència del 77% als entrenaments respecte a un 23% de faltes (*Figura 77*). D'aquestes dades s'evidencia que els dos grups de tecnificació (C i MT) tenen una assistència similar als entrenaments. Tanmateix, aquesta és menor respecte a l'assistència del grup de no tecnificació o grup T.

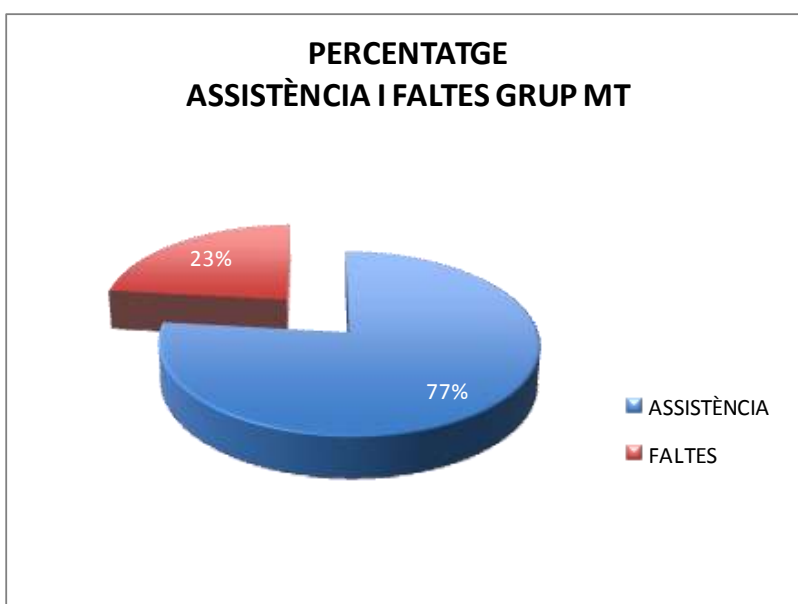


Figura 77. Percentatge d'assistència a les sessions d'entrenament del grup MT

5.2.1. Característiques socio-demogràfiques i antropomètriques dels individus d'estudi

Respecte a les característiques socio-demogràfiques i antropomètriques dels esportistes a l'inici de l'estudi, destacar que pel que fa a l'edat, el pes, l'Índex de Massa Corporal (IMC) i la longitud del tronc hi ha homogeneïtat entre els grups (*Taula 26*). Cal destacar que l'IMC dels tres grups es va establir en el lliandar considerat pes normal segons l'Organització Mundial de la Salut.

En canvi, per a la resta de mesures antropomètriques es troben diferències entre aquests. Així per exemple pel que fa respecte a l'alçada, es troben diferències entre els dos grups d'intervenció, en concret els esportistes del grup MT eren 8 cm més alts que els del grup T (*Taula 26* i *Taula 27*). S'observa que per a totes les longituds de les extremitats inferiors, tant a nivell de EIAS versus mal·lèol intern com a nivell de trocànter versus mal·lèol extern, el grup de tarda presenta longituds entre 3 i 5 cm menors que els altres dos grups ($p\text{-valor}\leq 0,05$) (*Taula 26* i *Taula 27*).

Taula 26. Estadístics descriptius de les variables socio-demogràfiques i antropomètriques en la mesura basal.

Variable	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
Edat (anys)	Control	16,21	17,03	16,53	16,57 (0,32)
	Tarda	16,16	17,21	16,74	16,68 (0,38)
	Matí i tarda	16,11	17,71	17,34	17,07 (0,45)
Pes (kg)	Control	75,20	101,50	86,80	87,58 (10,89)
	Tarda	59,50	85,10	74,40	73,80 (9,43)
	Matí i tarda	71,00	97,60	76,60	78,88 (10,90)
Alçada (cm)	Control	182,10	196,30	184,50	186,85 (41,78)
	Tarda	172,60	188,20	180,60	180,52 (5,52)
	Matí i tarda	182,30	196,50	188,10	188,50 (5,93)
IMC (kg/m²)	Control	21,83	26,37	25,97	25,04 (2,17)
	Tarda	19,97	24,03	22,86	22,56 (1,67)
	Matí i tarda	20,07	26,45	21,20	22,18 (2,67)
Envergadura (cm)	Control	189,00	207,00	195,00	196,50 (8,83)
	Tarda	171,50	189,50	183,60	182,38 (6,60)
	Matí i tarda	181,70	197,10	191,60	191,62 (6,31)
Tronc (cm)	Control	82,40	90,00	89,20	87,70 (3,58)
	Tarda	84,70	91,20	87,70	88,26 (2,70)
	Matí i tarda	86,20	94,50	88,70	89,86 (3,14)

Variable	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
ESd (cm)	Control	82,00	86,00	84,50	84,25 (1,67)
	Tarda	78,00	81,20	78,50	79,14 (1,41)
	Matí i tarda	78,90	87,00	81,50	82,76 (3,34)
ESe (cm)	Control	81,50	86,50	84,35	84,18 (2,07)
	Tarda	78,00	81,20	78,50	79,04 (1,35)
	Matí i tarda	78,70	87,00	81,40	82,38 (3,20)
Eld EIASd vs mal·lèol int d (cm)	Control	98,00	107,20	101,00	101,80 (3,95)
	Tarda	90,50	99,00	96,50	94,90 (3,52)
	Matí i tarda	97,00	106,00	99,50	100,82 (3,99)
Ele EIASe vs mal·lèol int e (cm)	Control	98,00	107,20	101,00	101,80 (3,95)
	Tarda	90,50	99,00	96,50	95,20 (3,75)
	Matí i tarda	97,20	106,00	99,40	100,92 (4,08)
Eld trocànter d vs mal·lèol ext d (cm)	Control	89,00	94,00	89,50	90,50 (2,38)
	Tarda	80,50	87,50	85,60	84,52 (2,77)
	Matí i tarda	87,00	96,80	89,50	91,16 (4,27)
Ele trocànter e vs mal·lèol ext e (cm)	Control	89,00	94,00	89,50	90,50 (2,38)
	Tarda	80,50	87,50	85,40	84,68 (2,92)
	Matí i tarda	87,00	97,00	89,30	91,26 (4,46)

Taula 27. Comparació entre els grups d'intervenció de les variables socio-demogràfiques i antropomètriques en la mesura basal.

Variable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Edat (anys)	0,699	0,240	0,240
Pes (kg)	0,132	0,589	0,589
Alçada (cm)	0,132	0,015	0,310
IMC (kg/m ²)	0,589	0,937	0,485
Envergadura (cm)	0,015	0,041	0,937
Tronc (cm)	0,937	0,180	0,394
ESd (cm)	0,015	0,026	0,937
ESe (cm)	0,015	0,026	0,818
Eld EIASd vs mal·lèol int d (cm)	0,026	0,009	0,937
Ele EIASe vs mal·lèol int e (cm)	0,041	0,026	0,937
Eld trocànter d vs mal·lèol ext d (cm)	0,015	0,004	0,485
Ele trocànter e vs mal·lèol ext e (cm)	0,015	0,004	0,485

Els valors ressaltats indiquen p-valors ≤ 0,05 del test U de Mann-Whitney

Tenint en compte aquestes diferències estadísticament significatives a l'inici de l'estudi, la comparació de l'evolució al llarg del temps d'estudi entre els diferents grups, no es fa amb els valors absoluts obtinguts en la mesura final, si no que es fa amb els valors relatius resultants de l'increment entre el valor final i el valor inicial de cada un dels individus. Així doncs a la **Taula 28** i als gràfics de la **Figura 78** a la **Figura 88**, es poden observar els estadístics descriptius de cada un dels increments per a cada una de les variables i grup, dels que s'observa que el canvi que s'ha produït durant els sis mesos de seguiment en els registres antropomètrics valorats, no ha estat rellevant per a cap dels grups.

Taula 28. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal de les variables antropomètriques.

Variable	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
Increment Pes (kg)	Control	-2,90	1,80	-0,10	-0,33 (1,96)
	Tarda	-1,10	1,80	0,50	0,42 (1,03)
	Matí i Tarda	-2,60	1,40	0,60	0,16 (1,59)
Increment Alçada (cm)	Control	0,80	1,60	1,20	1,20 (0,37)
	Tarda	0,40	2,20	0,80	0,96 (0,71)
	Matí i Tarda	0,20	3,00	1,00	1,28 (1,09)
Increment IMC (kg/m²)	Control	-1,14	0,19	-0,17	-0,28 (0,48)
	Tarda	-0,51	0,07	-0,02	-0,09 (0,21)
	Matí i Tarda	-1,49	0,37	-0,01	-0,21 (0,65)
Increment Envergadura (cm)	Control	0,20	0,40	0,35	0,33 (0,10)
	Tarda	0,20	0,40	0,30	0,32 (0,08)
	Matí i Tarda	0,20	0,50	0,30	0,34 (0,11)
Increment Tronc (cm)	Control	0,30	0,80	0,60	0,58 (0,22)
	Tarda	0,20	1,10	0,40	0,48 (0,36)
	Matí i Tarda	0,10	1,50	0,50	0,64 (0,55)
Increment ESd (cm)	Control	-0,10	0,20	0,10	0,08 (0,13)
	Tarda	0,00	0,20	0,10	0,10 (0,07)
	Matí i Tarda	0,00	0,10	0,10	0,08 (0,04)
Increment ESe (cm)	Control	-0,10	0,30	0,10	0,10 (0,16)
	Tarda	0,10	0,30	0,10	0,16 (0,09)
	Matí i Tarda	0,10	0,50	0,20	0,22 (0,16)
Increment Eld EIASd vs mal·lèol int d (cm)	Control	0,30	0,80	0,60	0,58 (0,22)
	Tarda	0,20	1,40	0,40	0,68 (0,54)
	Matí i Tarda	0,10	1,50	0,50	0,64 (0,55)
Increment Ele EIASe vs mal·lèol int e (cm)	Control	0,30	0,80	0,60	0,58 (0,22)
	Tarda	0,20	1,10	0,40	0,48 (0,36)
	Matí i Tarda	-0,10	1,50	0,50	0,62 (0,61)

Increment Eld trocànter d vs mal·lèol ext d (cm)	Control	0,30	0,80	0,60	0,58 (0,22)
	Tarda	0,20	1,10	0,40	0,48 (0,36)
	Matí i Tarda	0,10	1,60	0,40	0,58 (0,59)
Increment Ele trocànter e vs mal·lèol ext e (cm)	Control	0,30	0,80	0,60	0,58 (0,22)
	Tarda	0,20	1,20	0,40	0,50 (0,40)
	Matí i Tarda	0,10	1,50	0,40	0,58 (0,54)

A la taula **Taula 29** es mostren els resultats de la comparació d'aquests increments entre els diferents grups d'estudi, dos a dos, mitjançant la prova no paramètrica *U de Mann-Whitney*, dels que se'n desprèn que no hi ha diferències estadísticament significatives en cap d'elles.

Taula 29. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal de les variables antropomètriques.

Variable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment Pes (kg)	0,556	0,841	0,556
Increment Alçada (cm)	0,286	0,690	0,905
Increment IMC (kg/m²)	0,699	0,937	0,699
Increment Envergadura (cm)	0,905	0,841	0,905
Increment Tronc (cm)	0,413	0,690	0,905
Increment ESd (cm)	0,910	0,690	0,910
Increment ESe (cm)	0,560	0,690	0,410
Increment Eld EIASd vs mal·lèol int d (cm)	0,905	0,905	0,905
Increment Ele EIASE vs mal·lèol int e (cm)	0,413	0,413	1,000
Increment Eld trocànter d vs mal·lèol ext d (cm)	0,413	0,413	0,556
Increment Ele trocànter e vs mal·lèol ext e (cm)	0,413	0,413	0,556

Els valors ressaltats indiquen p-valors ≤ 0,05 del test U de Mann-Whitney

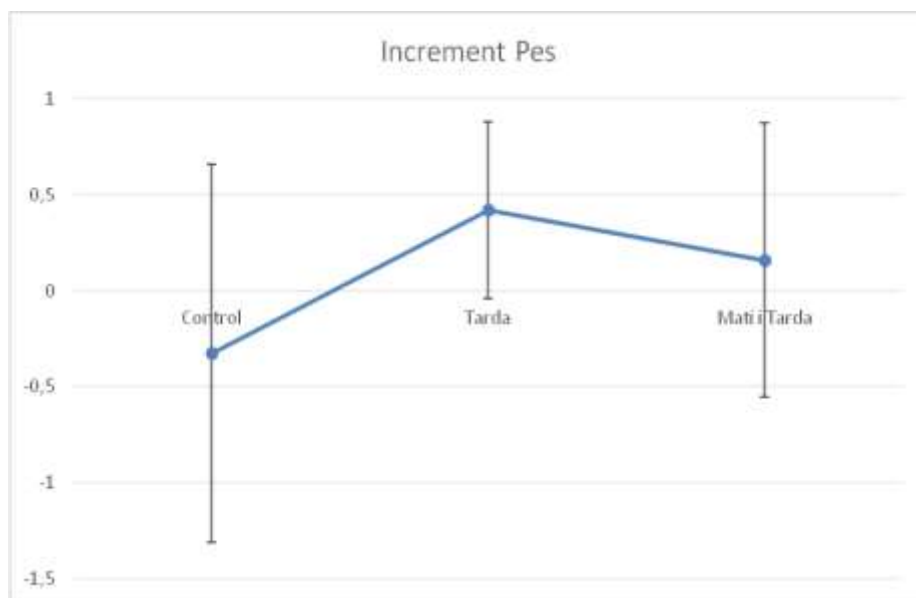


Figura 78. Gràfic de la mitjana \pm E.E. del pes (kg) segons grup d'estudi

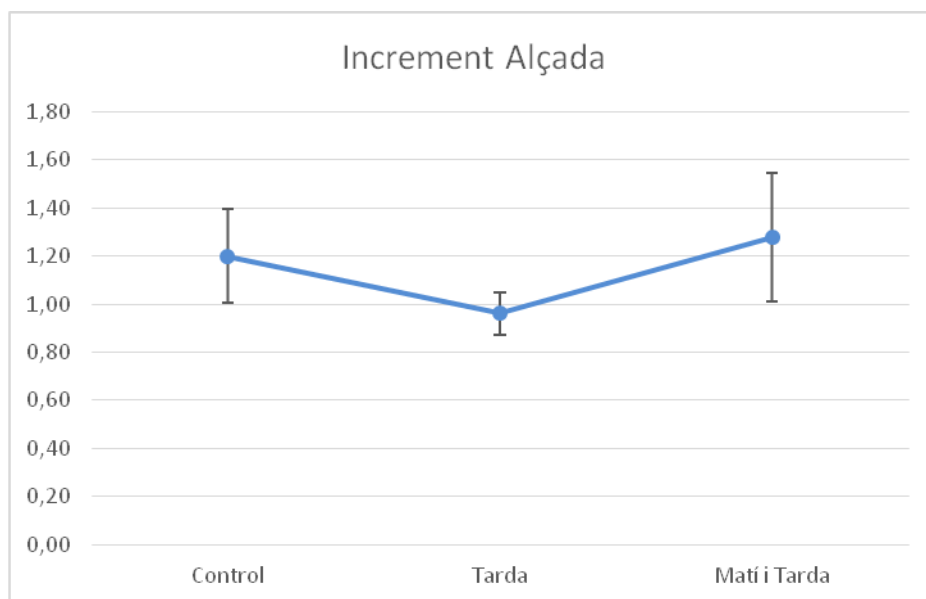


Figura 79. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment d'alçada (m) segons grup d'estudi

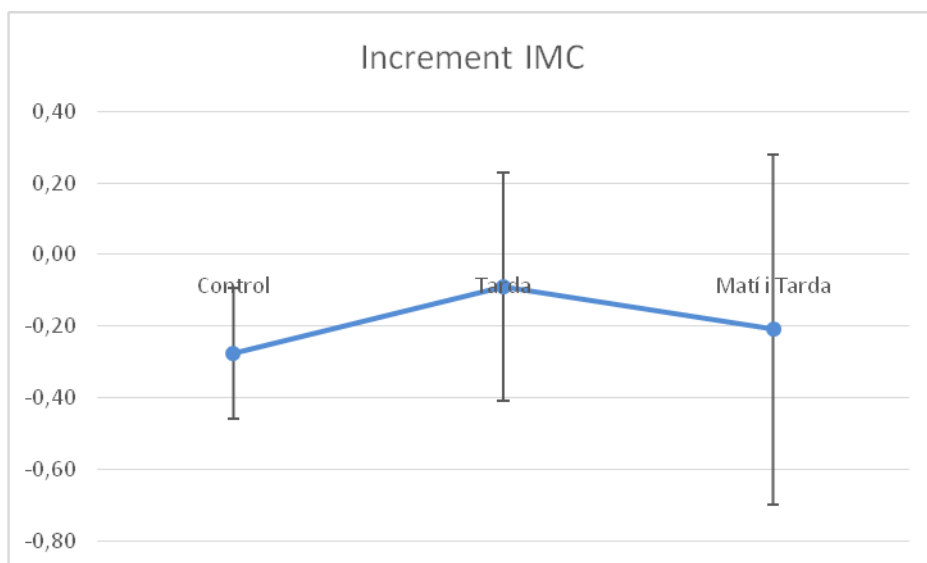


Figura 80. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment d'IMC (kg/m^2) segons grup d'estudi

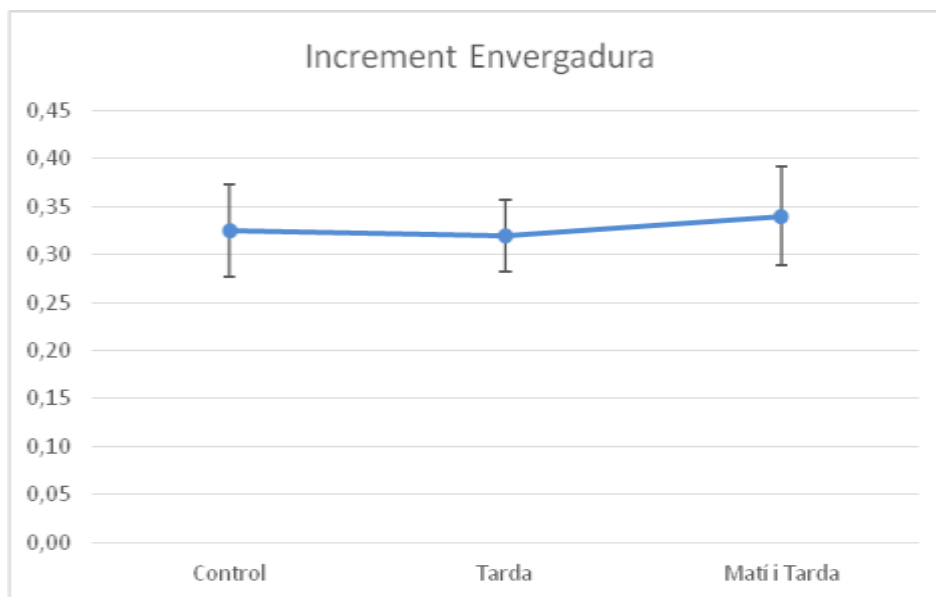


Figura 81 Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment d'envergadura (cm) segons grup d'estudi

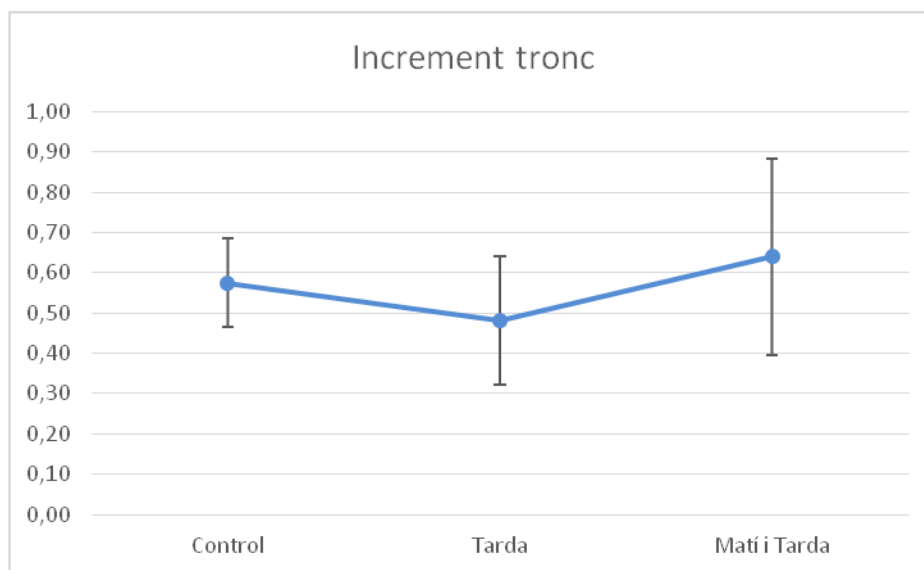


Figura 82. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de longitud real de tronc (cm) segons grup d'estudi

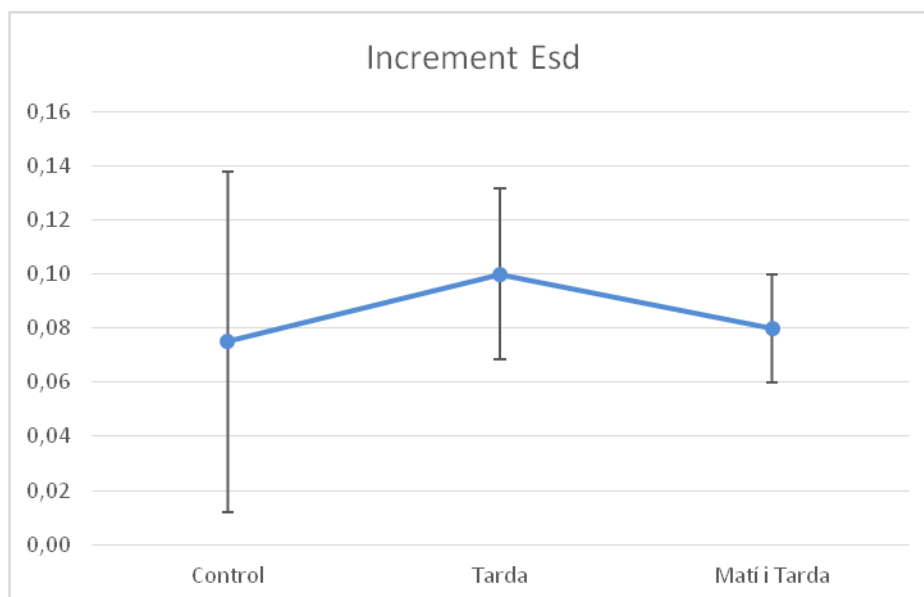


Figura 83. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'extremitat superior dreta (cm) segons grup d'estudi

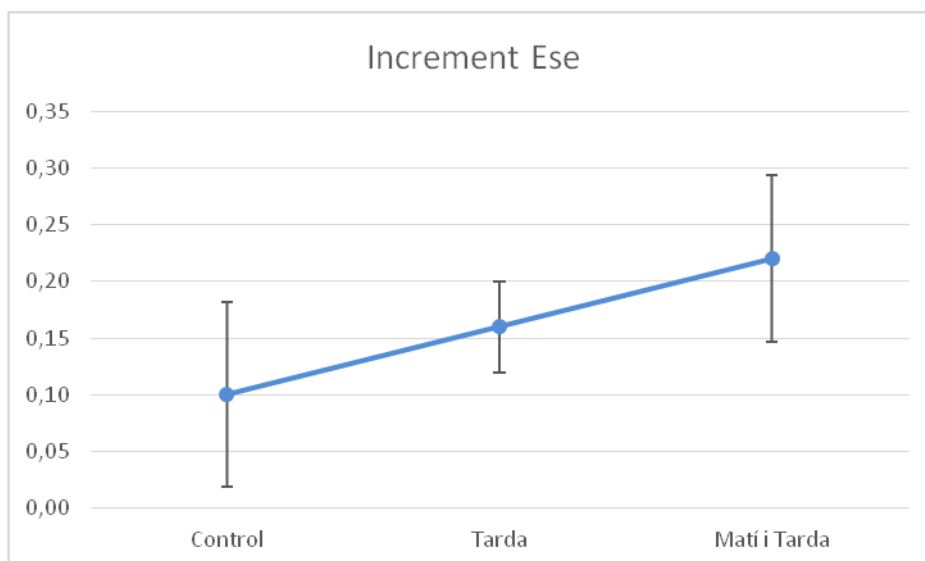


Figura 84. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'extremitat superior esquerra (cm) segons grup d'estudi

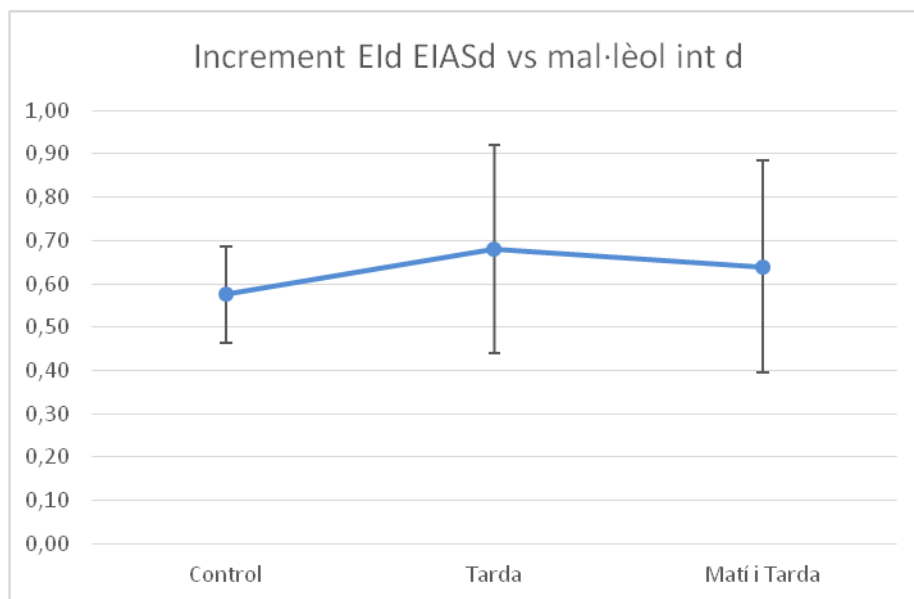


Figura 85. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'extremitat superior dreta; EIASd vs mal·lèol intern dret (cm) segons grup d'estudi

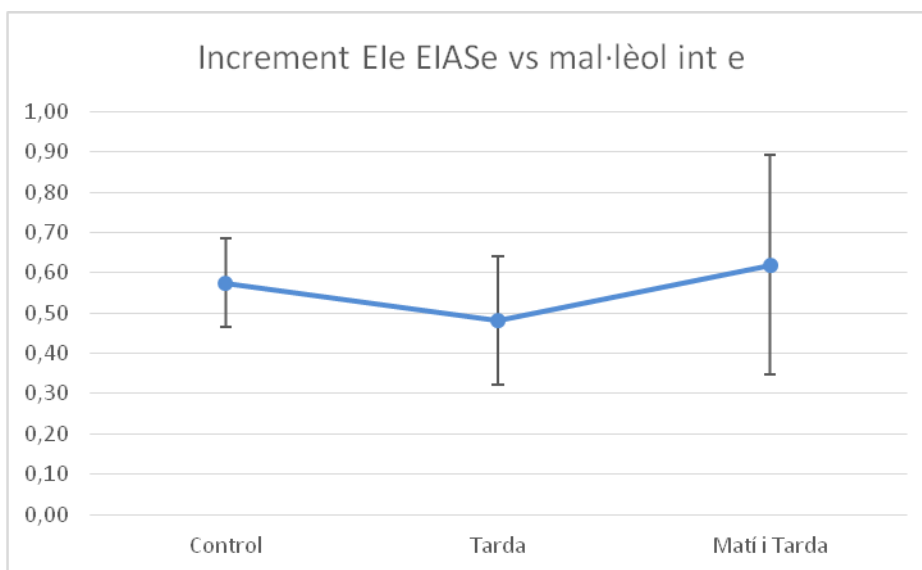


Figura 86. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'extremitat superior esquerra; EIASE vs mal·lèol intern esquerra (cm) segons grup d'estudi

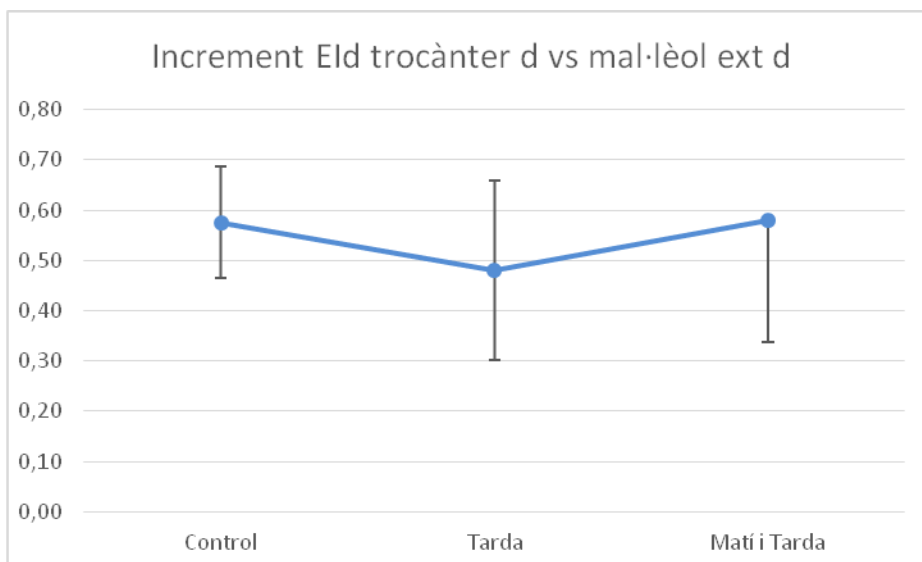


Figura 87. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'extremitat superior dreta; trocànter dret vs mal·lèol extern dret (cm) segons grup d'estudi

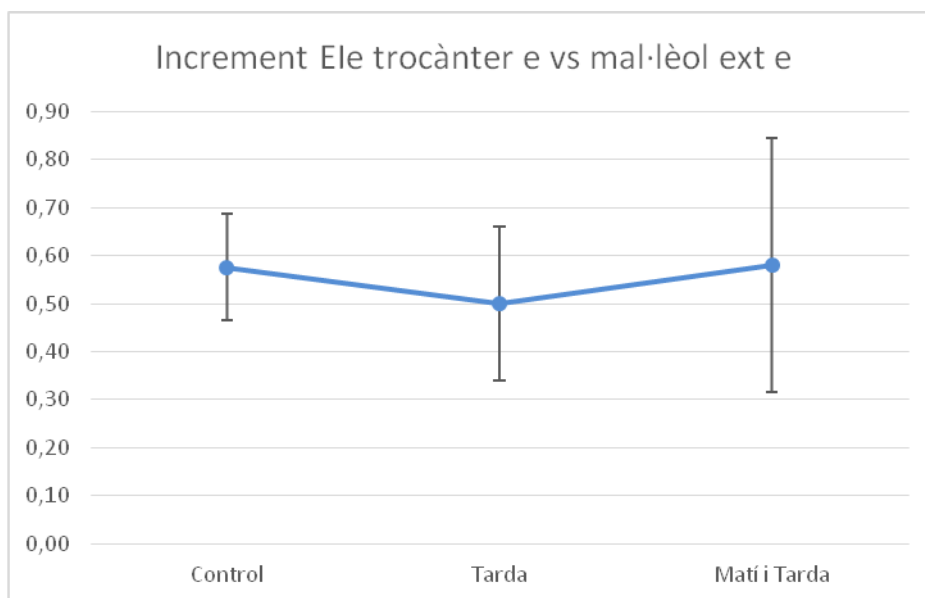


Figura 88. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'extremitat superior esquerra; trocànter esquerra vs mal·lèol extern esquerra (cm) segons grup d'estudi

5.2.2. Tests angulars i lineal de flexibilitat

En les mesures basals de les variables de flexibilitat es troben diferències estadísticament significatives (p -valor $\leq 0,05$) en el test d'elevació de la cama recta dreta (ECRd) i l'angle popliti dret (AKEd) entre els grups T i MT, grups en els que aplica el programa de flexibilitat d'isquiosurals durant les sessions d'entrenament, si bé en diferent número. S'observa a la [Taula 30](#) que a l'inici del seguiment l'AKEd és de 10° superior en el grup MT versus al grup T, diferència que es dona de forma similar, tot i que lleugerament menor, per l'AKEe. Si bé, per la lateralitat esquerra, no es veuen diferències estadísticament significatives degut a que en el grup T hi ha una variabilitat molt més gran en relació el número de mostra que en el grup MT.

Igualment s'observa una diferència significativa (p -valor $\leq 0,05$) en la mesura de l'angle lumbo-horitzontal en flexió (LHfx) entre el grup C i el grup MT ([Taula 31](#)). Per aquesta variable es destaca que la mediana de graus d'angle lumbar és 15° superior en el grup MT.

Taula 30. Estadístics descriptius de les variables de flexibilitat en la mesura basal.

Variable	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
ECRd (°)	Control	50,00	75,50	56,00	59,38 (11,24)
	Tarda	59,50	65,50	61,00	62,00 (2,62)
	Matí i tarda	44,50	63,00	54,50	53,10 (7,31)
ECRe (°)	Control	49,00	73,00	52,25	56,63 (11,03)
	Tarda	51,00	70,00	57,00	58,10 (7,25)
	Matí i tarda	37,50	62,00	52,50	49,90 (10,96)
AKE Dret (°)	Control	17,00	42,00	23,75	26,63 (11,06)
	Tarda	15,00	37,00	27,00	27,30 (9,05)
	Matí i tarda	25,00	51,00	34,00	36,80 (9,76)
AKE Esquerre (°)	Control	36,00	54,00	42,50	43,75 (7,76)
	Tarda	33,00	47,50	47,00	43,20 (6,33)
	Matí i tarda	47,00	54,00	49,00	49,40 (2,77)
LHfx (°)	Control	71,33	91,67	84,50	83,00 (8,49)
	Tarda	76,00	115,00	85,00	90,67 (15,23)
	Matí i tarda	81,00	107,33	100,33	98,87 (10,65)
DDP (cm)	Control	3,13	21,40	6,40	9,33 (8,59)
	Tarda	-10,17	17,00	4,73	4,86 (10,00)
	Matí i tarda	-9,53	10,80	3,37	2,43 (7,91)

Taula 31. Comparació entre els grups d'intervenció de les variables de flexibilitat en la mesura basal.

Variable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
ECRd (°)	0,093	0,015	0,240
ECRe (°)	0,394	0,132	0,485
AKE Dret (°)	0,240	0,009	0,937
AKE Esquerre (°)	0,699	0,132	0,065
LHfx (°)	0,818	0,240	0,041
DDP (cm)	0,589	0,394	0,132

Els valors ressaltats indiquen p -valor $\leq 0,05$ del test U de Mann-Whitney

S'observa en els valors descriptius de la [Taula 32](#) que per a tots els grups i per a totes les variables de flexibilitat hi ha un increment entre els valors basals i finals. Resultat que es corroborarà en trobar diferències significatives (p -valor $\leq 0,05$) en el *test de Wilcoxon* per a la comparació entre la mesura final i basal de cada una de les variables. Si bé, tot i que la diferència entre les dues mesures no és significativament diferent entre els tres grups ([Taula 33](#)), degut a que hi ha bastant

dispersió entre els diferents individus d'un mateix grup, es pot observar tant a la **Taula 32** com en els gràfics de barres individuals que hi ha una tendència diferent segons el grup. En concret, es destaca que per la variable distància dits-peus (DDP) en el grup C pràcticament no hi ha increment (0,82 cm) i en canvi, pels grups que fan els estiraments hi ha un increment de 1,85 i 3,90 cm pel grup MT i T respectivament (**Taula 32**). Això es reflexa en la gràfica dels valors de cada individu en el grup T (**Figura 105**) on tots els jugadors milloren inclòs l'únic individu que està fora de la normalitat, passant d'escurçament grau II a escurçament grau I, pròxim a la normalitat. En canvi, en el grup MT (**Figura 106**) prima la millora tot i que cal destacar dos extrems; el discret empitjorament d'un jugador (tot i mantenint-se dins de la normalitat) i la millora significativa d'un altre individu (que juga en posició de pivot), que d'estar pròxim a l'escurçament grau II passa a estar pròxim a la normalitat. Aquests resultats per a la DDP es constaten, al calcular la δ -Cohen per a la mesura on es troba que entre l'increment que s'ha produït al grup control versus al del grup T, així com entre el del grup T versus al del grup MT aquesta està en el llindar que considera un efecte gran (**Taula 34** i **Figura 94**). Es destaca també, que aquesta mesura de l'efecte és gran en la comparació de l'AKEd entre el grup C i els altres dos, i moderat entre els dos grups d'intervenció. En canvi per a l'AKEe l'efecte és petit o inexistent. Pel que refereix a l'elevació de cama recta, (ECR) en el cas de l'extremitat dreta observem un canvi petit entre el grup C i el grup T, moderat entre el grup C i grup MT, però gran entre el dos grups d'intervenció. Per contra, per l'extremitat esquerra la diferència d'increment entre realitzar la intervenció només a la tarda o bé al matí i a la tarda és petita. Per aquesta mateixa extremitat hi ha un efecte moderat al comparar qualsevol dels grups intervenció amb el grup control. Es destaca, però l'increment que hi ha hagut d'ECR, tant dreta com esquerra, en el grup MT. Aquest ha assolit valors de 17,10 i 17,80 respectivament (**Taula 32**, **Figura 89** i **Figura 90**), superiors als increments produïts en els altres dos grups.

L'angle LHfx té un increment que dista amb un efecte gran entre el grup MT i el grup C, així com també entre el grup T i el grup C, i al vegada l'efecte és moderat entre MT i T.

Taula 32. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal de les variables de flexibilitat.

Variable	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
Increment ECRd (°)	Control	9,00	17,50	12,25	12,75 (3,66)
	Tarda	1,50	19,50	10,00	10,90 (6,61)
	Matí i Tarda	7,50	32,50	16,00	17,10 (9,28)
Increment ECR _e (°)	Control	7,5	17,5	9,50	11,00 (4,60)
	Tarda	6,5	27,5	14,50	15,10 (7,71)
	Matí i Tarda	4,0	38,5	15,00	17,80 (13,48)
Increment AKE Dret (°)	Control	-33,50	-9,50	-22,75	-22,13 (10,29)
	Tarda	-25,50	-6,00	-11,50	-12,50 (7,99)
	Matí i Tarda	-23,00	0,00	-12,50	-10,10 (9,65)
Increment AKE Esquerre (°)	Control	-28,50	-9,00	-15,00	-16,88 (8,87)
	Tarda	-23,50	-4,50	-18,50	-15,70 (8,35)
	Matí i Tarda	-27,50	9,00	-14,00	-13,00 (13,99)
Increment LHfx (°)	Control	-12,67	3,33	-1,00	-2,83 (6,89)
	Tarda	-14,33	-2,00	-6,67	-7,27 (4,46)
	Matí i Tarda	-21,67	-1,33	-14,00	-11,60 (9,63)
Increment DDP (cm)	Control	-4,20	4,40	1,55	0,82 (3,85)
	Tarda	0,67	6,93	3,70	3,90 (2,64)
	Matí i Tarda	-2,27	5,20	2,70	1,85 (2,88)

Taula 33. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal de les variables de flexibilitat.

Variable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment ECRd (°)	0,905	0,421	0,556
Increment ECR _e (°)	0,556	0,841	0,556
Increment AKE _d (°)	0,190	0,841	0,190
Increment AKE _e (°)	0,905	1,000	0,905
Increment LHfx (°)	0,190	0,841	0,111
Increment DDP (cm)	0,286	0,310	0,548

Els valors ressaltats indiquen p -valors $\leq 0,05$ del test U de Mann-Whitney

Taula 34. δ -Cohen de l'increment de les variables flexibilitat.

Variable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment ECRd	0,38	-0,86	-0,67
	PETIT	GRAN	MODERAT
Increment ECR _e	-0,71	-0,27	-0,73
	MODERAT	PETIT	MODERAT
Increment AKE _d	-1,21	-0,30	-1,37
	GRAN	PETIT	GRAN
Increment AKE _e	-0,16	-0,26	-0,36
	NO	PETIT	PETIT

Increment LHfx	0,89	0,65	1,16
	GRAN	MODERAT	GRAN
Increment DDP	-1,24	0,83	-0,43
	GRAN	GRAN	PETIT

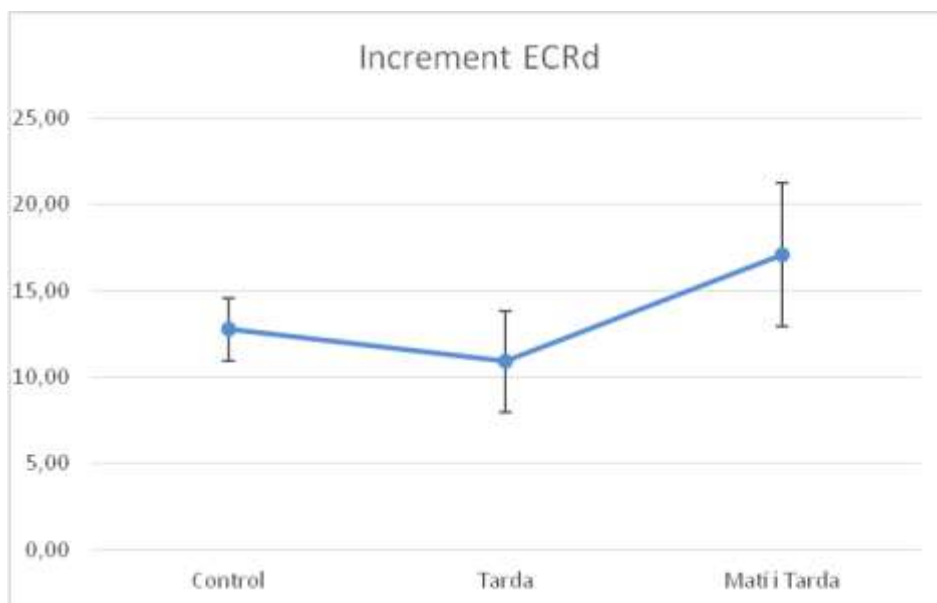


Figura 89. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment del test d'Elevació de la Cama Recta (ECR) dreta ($^{\circ}$) segons grup d'estudi

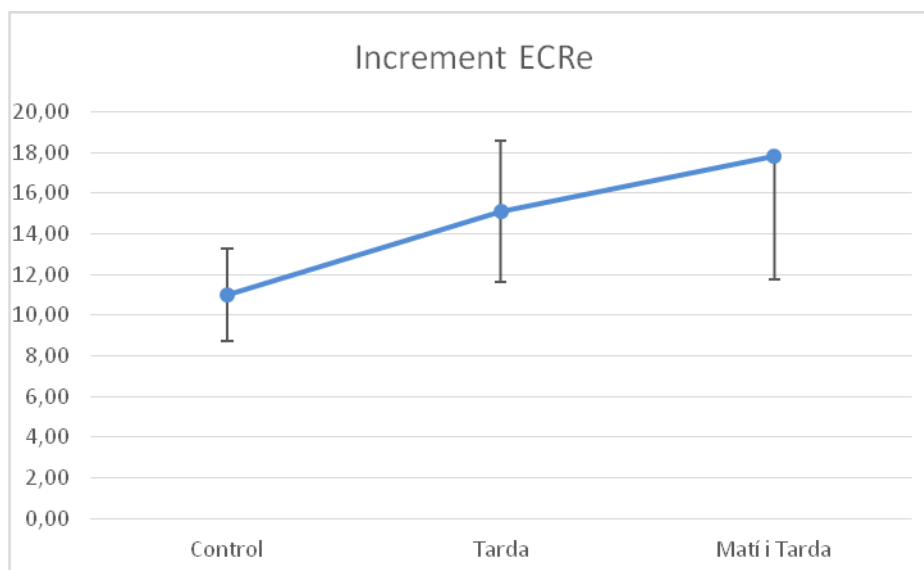


Figura 90. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment del test d'Elevació de la Cama Recta (ECR) esquerra (°) segons grup d'estudi

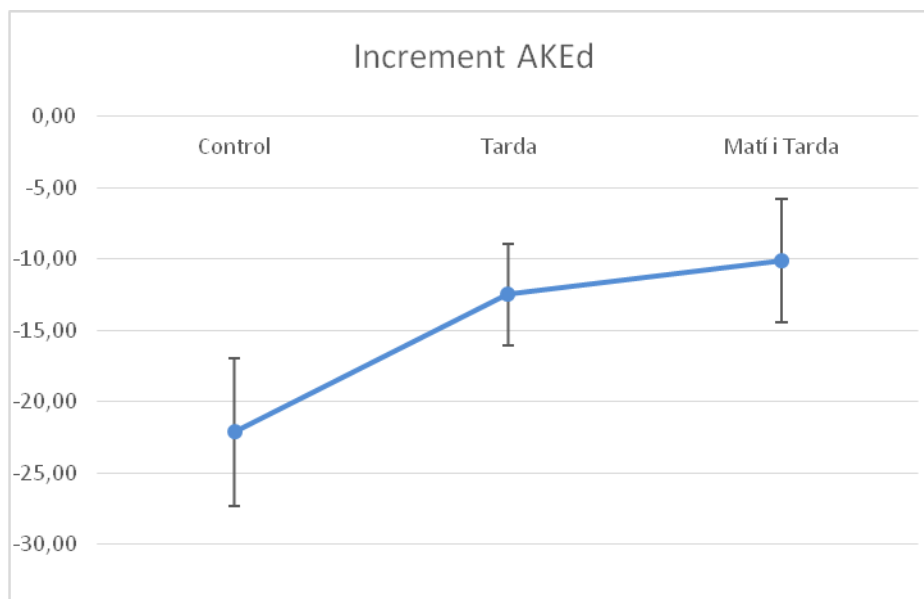


Figura 91. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'angle popliti (AKE) dret (°) segons grup d'estudi

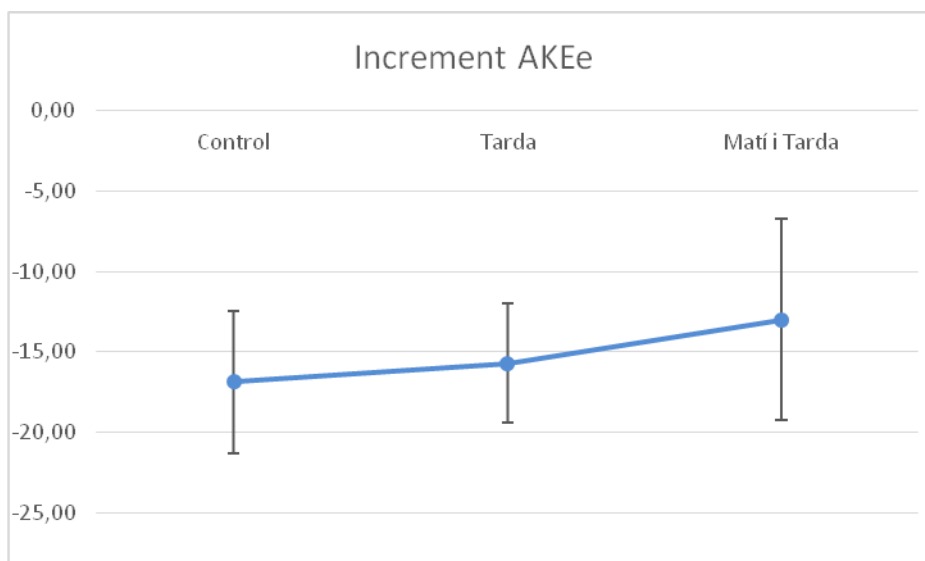


Figura 92. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'angle popliti (AKE) esquerra ($^{\circ}$) segons grup d'estudi

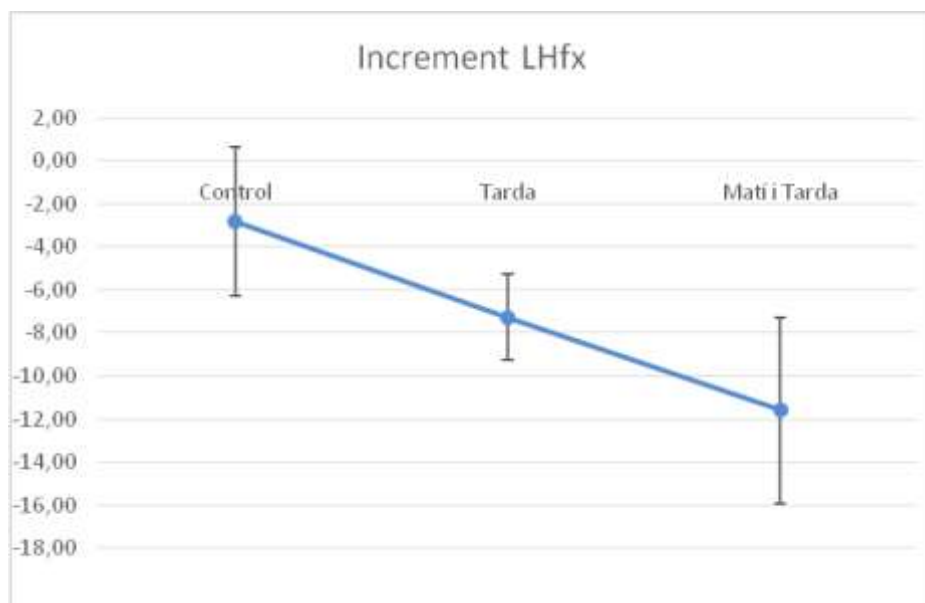


Figura 93. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'angle lumbo-horizantal en flexió (LHfx) ($^{\circ}$) segons grup d'estudi

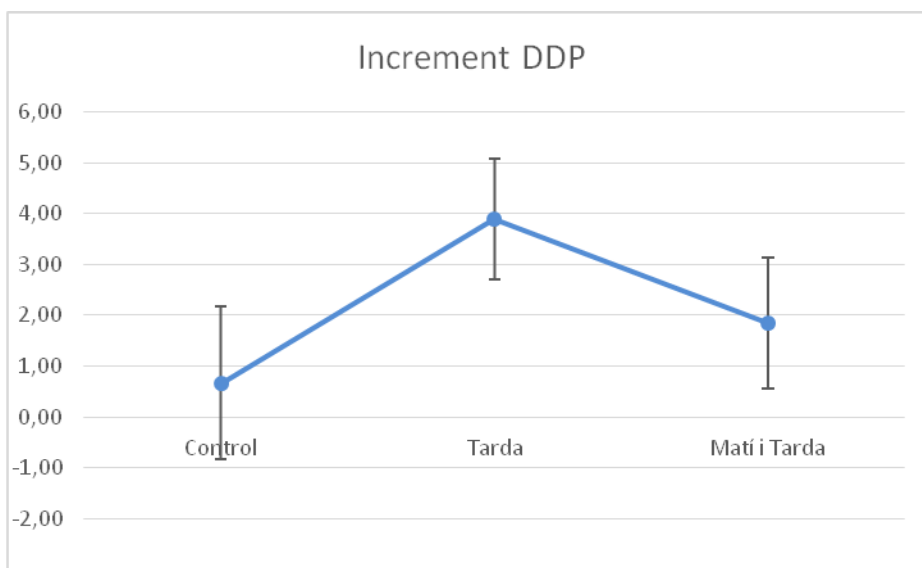
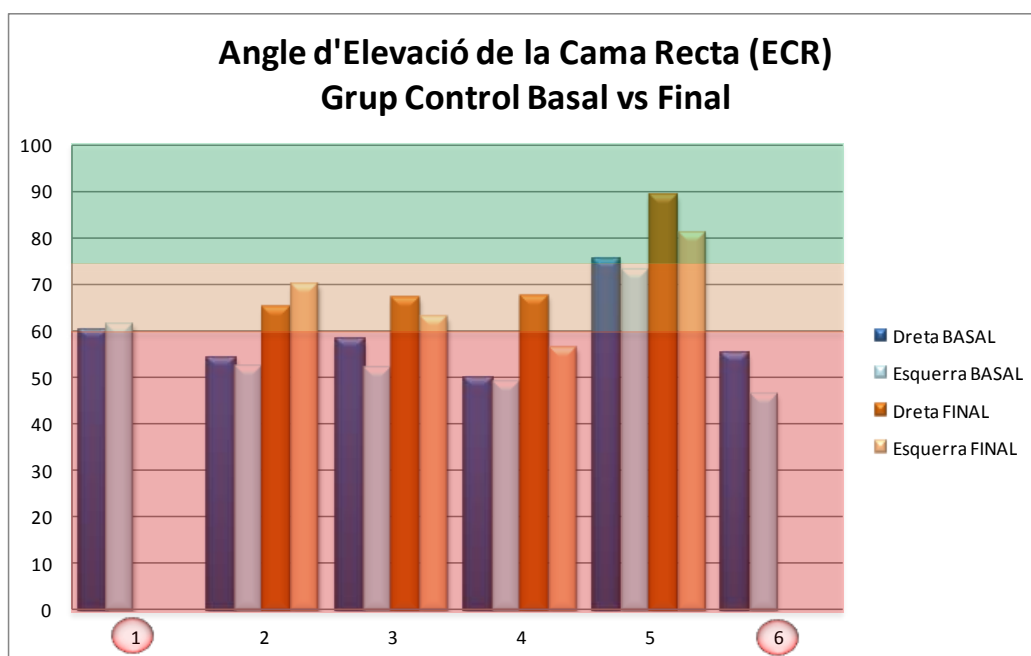


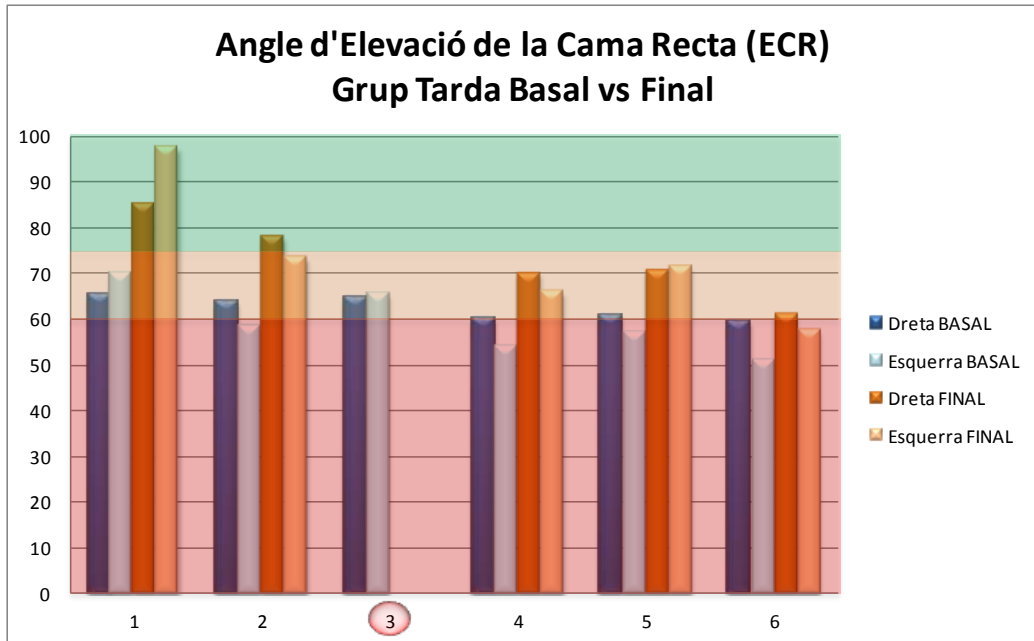
Figura 94. Gràfic de la mitjana ± E.E. de l'increment de la Distància Dits-Peus (DDP) (cm) segons grup d'estudi

Tanmateix, es destaca en els gràfics de barres individuals d'ECR una predominança en els valors d'escurçament (grau II i grau I) en la majoria dels individus dels tres grups de la mostra (*Figura 95, Figura 96 i Figura 97*).



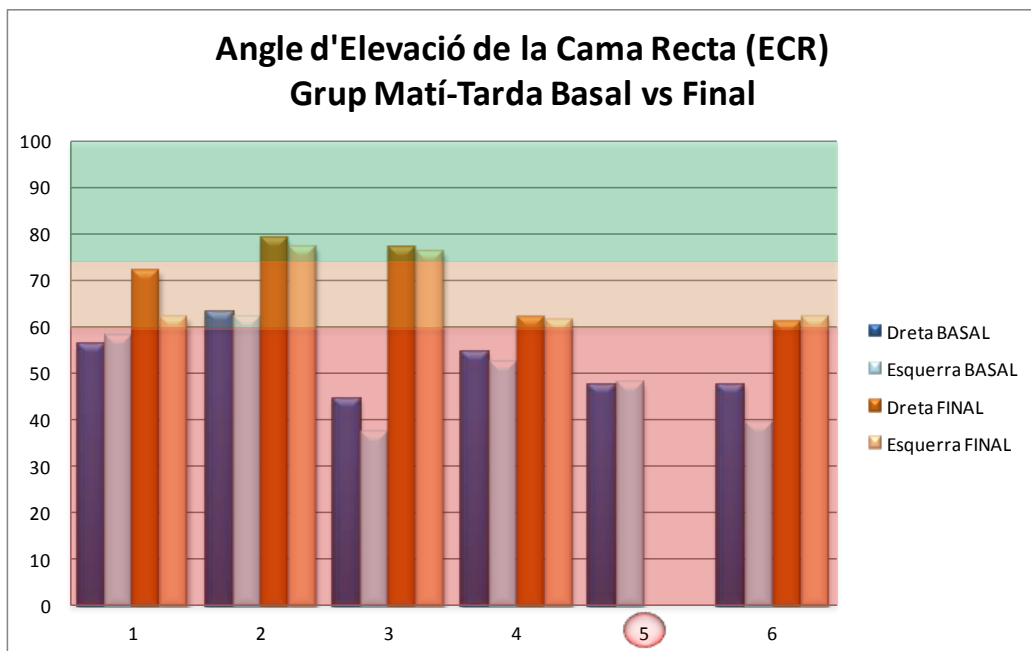
Verd: valor de Normalitat.
 Taronja: valor d'Escurçament de grau I.
 Vermell: valor d'Escurçament de grau II.

Figura 95. Valors individuals ECR (°) del grup C; basal vs final.



Verd: valor de Normalitat.
 Taronja: valor d'Escurçament de grau I.
 Vermell: valor d'Escurçament de grau II.

Figura 96. Valors individuals ECR (°) del grup T; basal vs final.

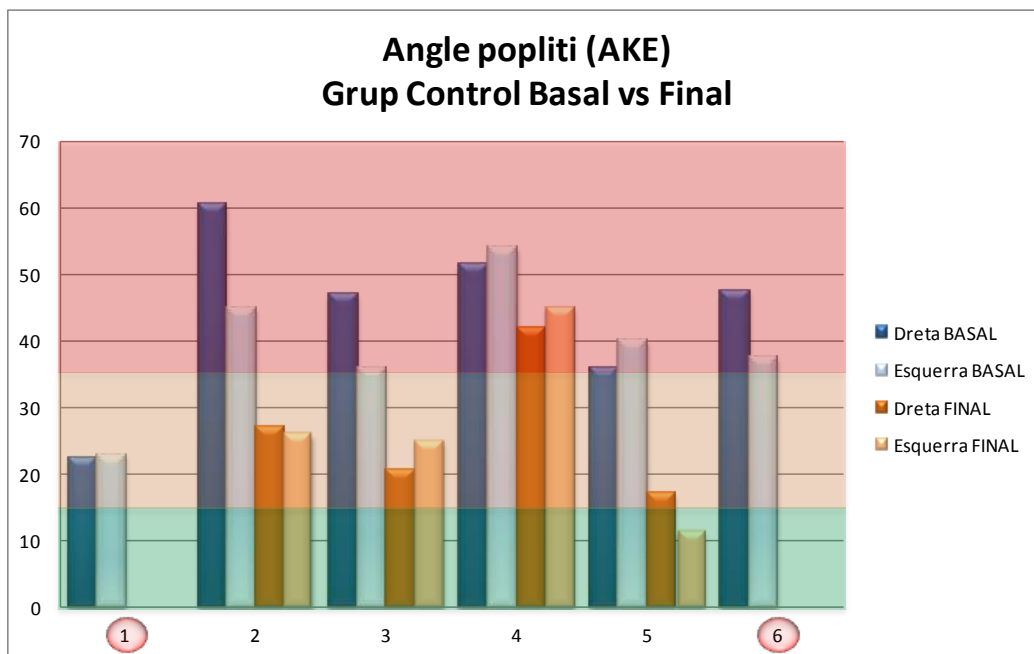


Verd: valor de Normalitat.
 Taronja: valor d'Escurçament de grau I.
 Vermell: valor d'Escurçament de grau II.

Figura 97. Valors individuals ECR (°) del grup MT; basal vs final.

La mateixa predominança destacada per a l'ECR, es dona amb els valors de l'angle popliti (AKE) on els seus gràfics de barres individuals s'hi observa que la majoria dels valors dels tres grups s'ubiquen en grau d'escurçament, tot i la seva disminució i conseqüent millora (*Figura 98, Figura 99 i Figura 100*).

Referent a les gràfiques de barres individuals de l'increment de l'angle lumbo-horitzontal en flexió (LHfx) es destaca que tot els seus valors disminueixen. Els dos grups d'intervenció milloren més respecte al grup C, destacant el grup d'intervenció MT amb un valor descriptiu basal de -11,60 de mitjana (*Taula 32*). Aquesta millora queda reflectida en la totalitat dels valors dels seus gràfics de barres individuals dels tres grups, ubicant-se tots ells dins de la normalitat (*Figura 101, Figura 102 i Figura 103*).

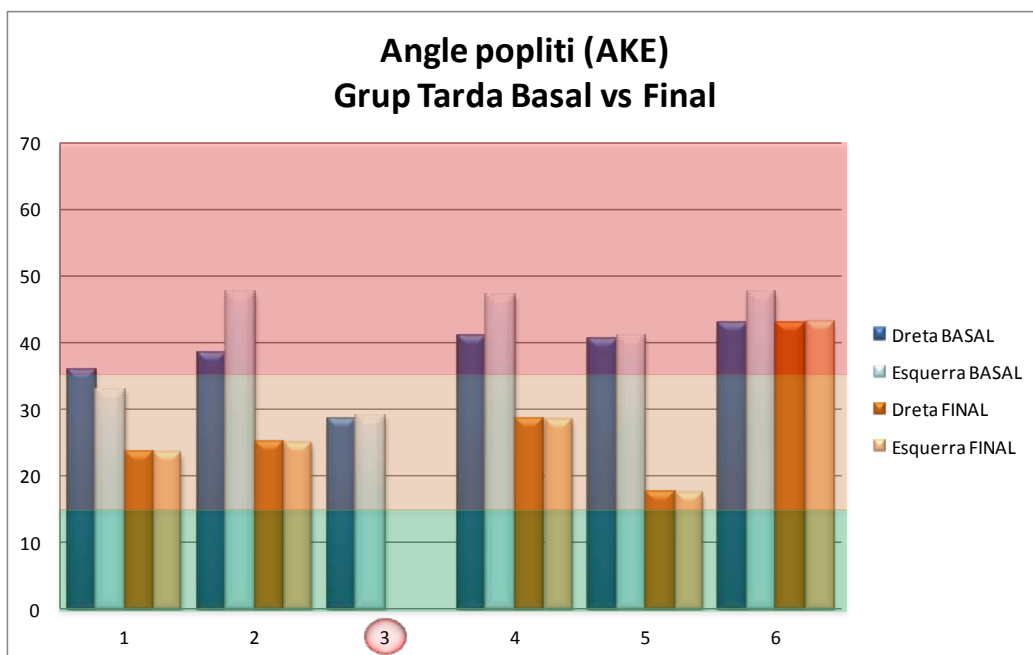


Verd: valor de Normalitat.

Taronja: valor d'Escurçament de grau I.

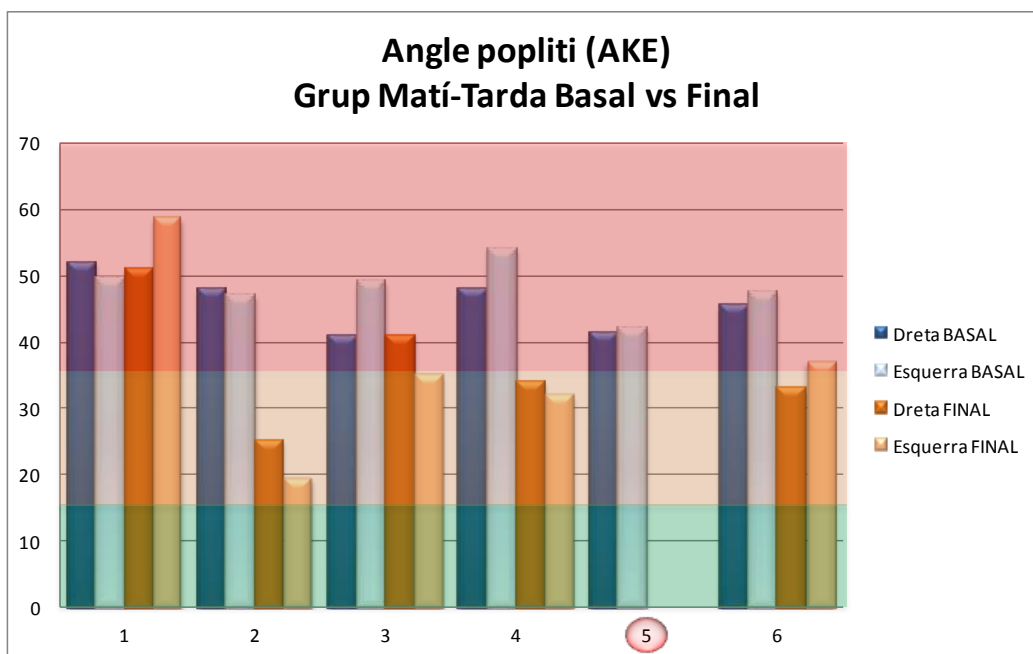
Vermell: valor d'Escurçament de grau II.

Figura 98. Valors individuals AKE (°) del grup C; basal vs final.



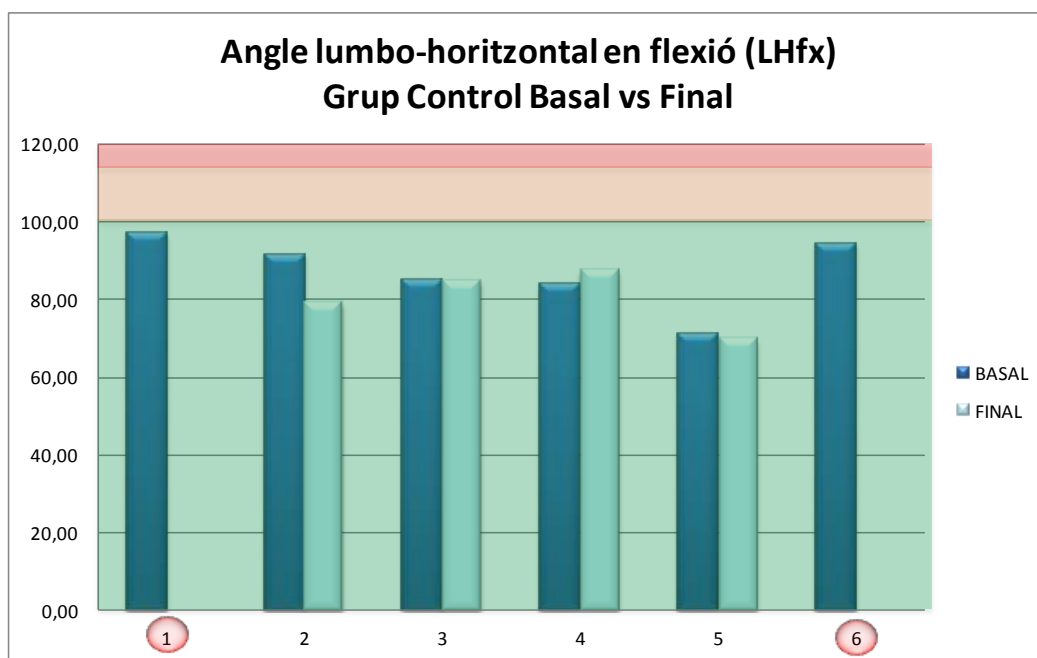
Verd: valor de Normalitat.
 Taronja: valor d'Escurçament de grau I.
 Vermell: valor d'Escurçament de grau II.

Figura 99. Valors individuals AKE (°) del grup T; basal vs final.



Verd: valor de Normalitat.
 Taronja: valor d'Escurçament de grau I.
 Vermell: valor d'Escurçament de grau II.

Figura 100. Valors individuals AKE(°) del grup MT; basal vs final.

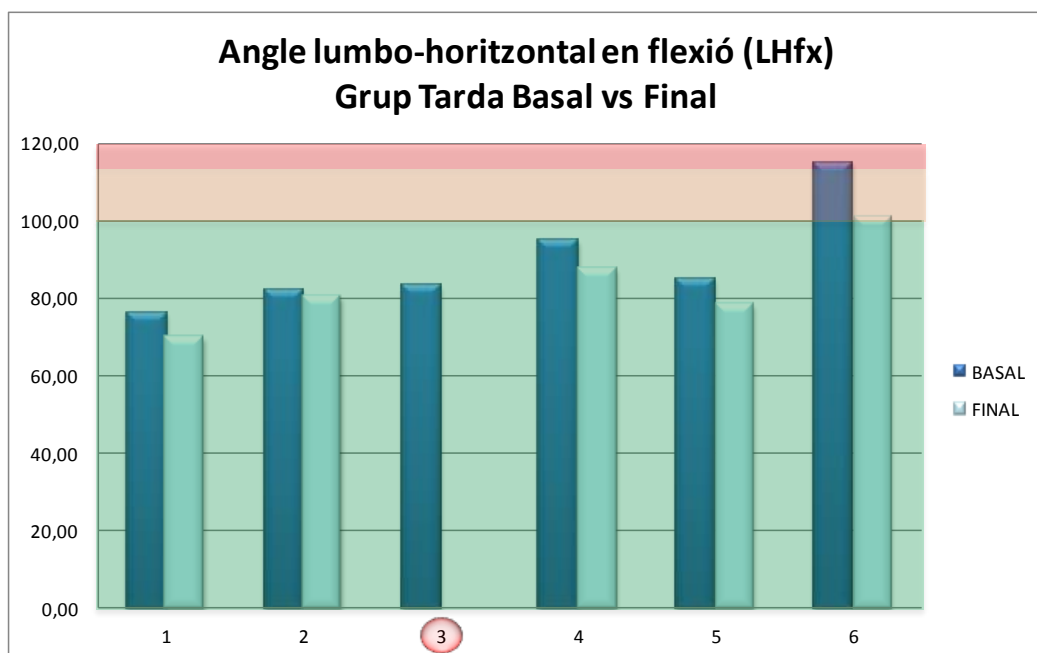


Verd: valor de Normalitat.

Taronja: valor d'Escurçament de grau I.

Vermell: valor d'Escurçament de grau II.

Figura 101. Valors individuals LHfx (°) del grup C; basal vs final.

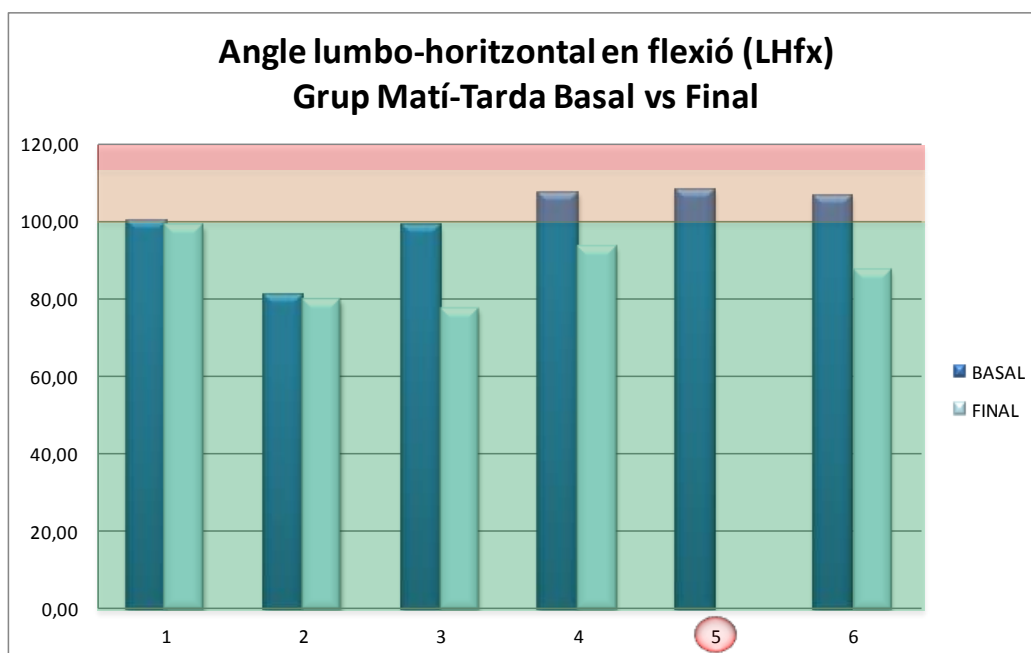


Verd: valor de Normalitat.

Taronja: valor d'Escurçament de grau I.

Vermell: valor d'Escurçament de grau II.

Figura 102. Valors individuals LHfx (°) del grup T; basal vs final.

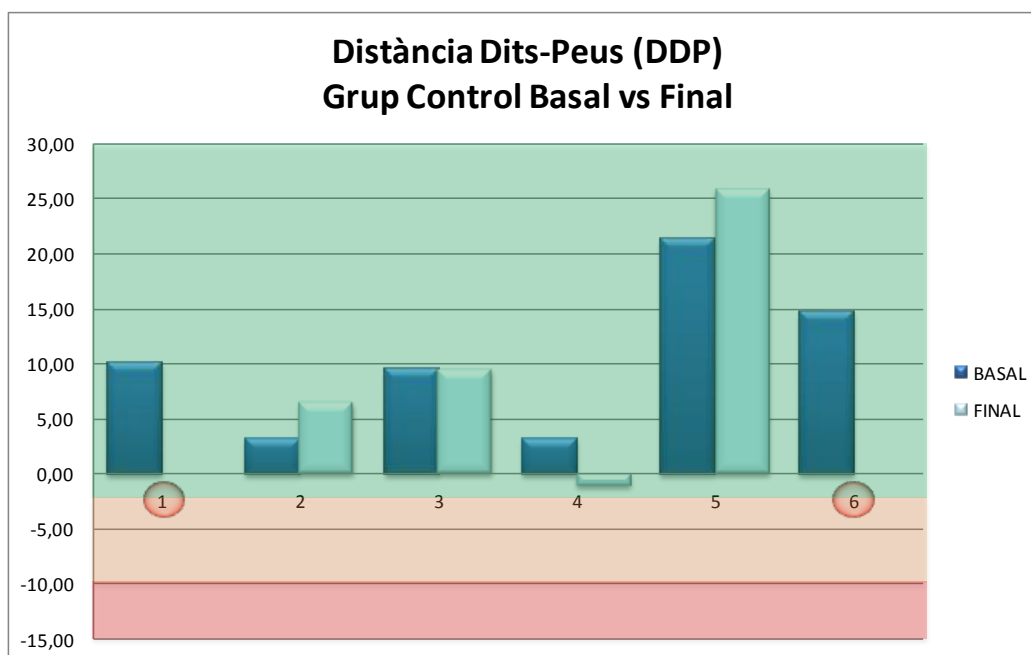


Verd: valor de Normalitat.

Taronja: valor d'Escarçament de grau I.

Vermell: valor d'Escarçament de grau II.

Figura 103. Valors individuals LHfx (°) del grup MT; basal vs final.

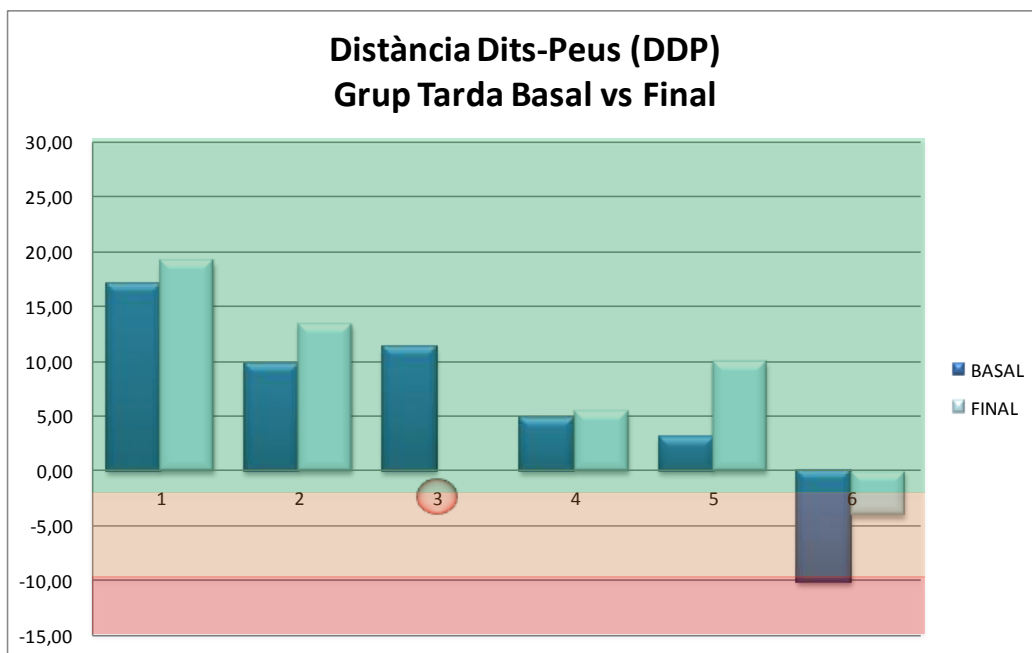


Verd: valor de Normalitat.

Taronja: valor d'Escarçament de grau I.

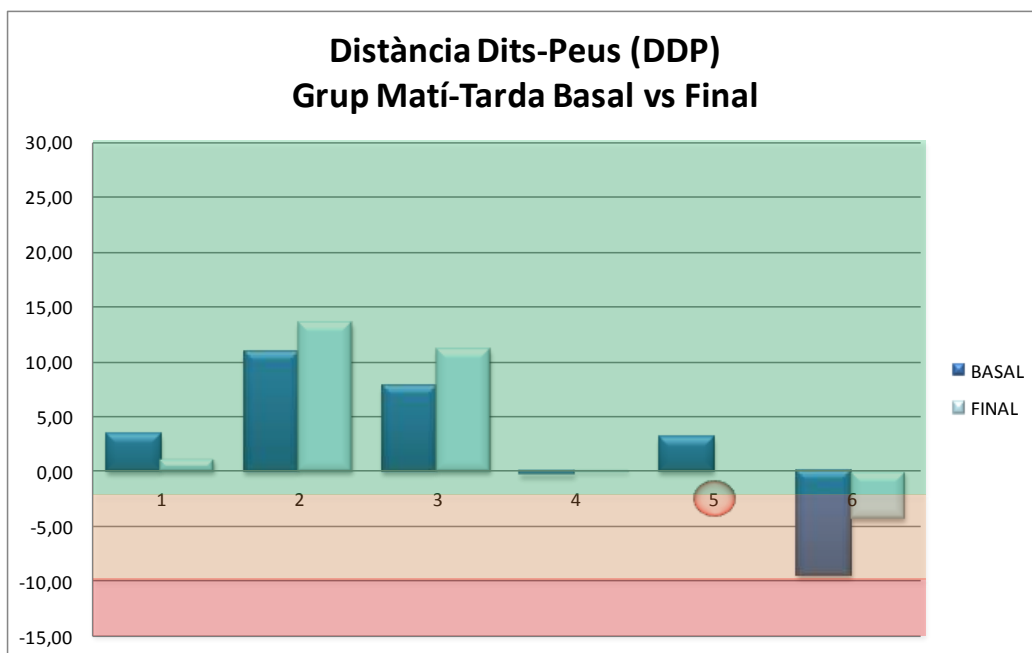
Vermell: valor d'Escarçament de grau II.

Figura 104. Valors individuals DDP (cm) del grup C; basal vs final.



Verd: valor de Normalitat.
 Taronja: valor d'Escurçament de grau I.
 Vermell: valor d'Escurçament de grau II.

Figura 105. Valors individuals DDP (cm) del grup T; basal vs final.



Verd: valor de Normalitat.
 Taronja: valor d'Escurçament de grau I.
 Vermell: valor d'Escurçament de grau II.

Figura 106. Valors individuals DDP (cm) del grup MT; basal vs final.

Les diferències entre les variables antropomètriques vistes a l'apartat anterior, i els resultats a dalt esmentats fan pensar en l'estudi de les comparacions entre els grups, dos a dos, quant els valors de l'increment de cada una de les variables de flexibilitat tenint en compte els valors antropomètrics de cada individu. Amb aquest objectiu doncs es dur a terme un anàlisi de la variància amb covariable, ANCOVA, per a cada variable de flexibilitat i cada una de les variables antropomètriques, tal i com es mostra a la **Taula 35**. D'aquesta comparació, s'observa que en cap cas es troben diferències estadísticament significatives ($p > 0,05$), és a dir que les variables antropomètriques no explicarien les diferències observades quant es considera la magnitud de l'efecte amb la δ -Cohen.

Taula 35. ANCOVA de l'increment de les variables de flexibilitat amb covariables antropomètriques.

	Covariable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment ECRd (°)	Pes (kg)	0,641	0,275	0,414
	Alçada (cm)	0,522	0,259	0,405
	IMC (kg/m2)	0,566	0,274	0,399
	Envergadura (cm)	0,581	0,255	0,402
	Tronc (cm)	0,576	0,268	0,411
	ESd (cm)	0,904	0,258	0,398
	ESe (cm)	0,746	0,257	0,399
	Eld EIASd vs mal·lèol int d (cm)	0,211	0,256	0,401
	Ele EIASe vs mal·lèol int e (cm)	0,260	0,257	0,403
	Eld trocànter d vs mal·lèol ext d (cm)	0,337	0,258	0,399
	Ele trocànter e vs mal·lèol ext e(cm)	0,405	0,239	0,401
Increment ECRe (°)	Pes (kg)	0,396	0,692	0,353
	Alçada (cm)	0,380	0,721	0,379
	IMC (kg/m2)	0,401	0,669	0,370
	Envergadura (cm)	0,373	0,705	0,364
	Tronc (cm)	0,392	0,747	0,380
	ESd (cm)	0,375	0,721	0,359
	ESe (cm)	0,376	0,721	0,371
	Eld EIASd vs mal·lèol int d (cm)	0,394	0,705	0,377
	Ele EIASe vs mal·lèol int e (cm)	0,398	0,707	0,389
	Eld trocànter d vs mal·lèol ext d(cm)	0,387	0,710	0,365
	Ele trocànter e vs mal·lèol ext e(cm)	0,386	0,711	0,366

	<i>Covariable</i>	<i>Control vs Tarda</i>	<i>Tarda vs Matí i Tarda</i>	<i>Control vs Matí i Tarda</i>
<i>Increment AKE Dret (°)</i>	Pes (kg)	0,120	0,777	0,105
	Alçada (cm)	0,146	0,695	0,111
	IMC (kg/m2)	0,139	0,746	0,112
	Envergadura (cm)	0,142	0,694	0,108
	Tronc (cm)	0,158	0,696	0,115
	ESd (cm)	0,152	0,666	0,106
	ESe (cm)	0,151	0,685	0,112
	Eld EIASd vs mal·lèol int d (cm)	0,140	0,701	0,110
	Ele EIASe vs mal·lèol int e (cm)	0,129	0,700	0,120
	Eld trocànter d vs mal·lèol ext d(cm)	0,144	0,697	0,119
	Ele trocànter e vs mal·lèol ext e(cm)	0,144	0,694	0,105
<i>Increment AKE esquerra (°)</i>	Pes (kg)	0,859	0,715	0,657
	Alçada (cm)	0,847	0,703	0,635
	IMC (kg/m2)	0,870	0,785	0,624
	Envergadura (cm)	0,829	0,706	0,647
	Tronc (cm)	0,848	0,709	0,623
	ESd (cm)	0,830	0,686	0,628
	ESe (cm)	0,827	0,685	0,631
	Eld EIASd vs mal·lèol int d (cm)	0,847	0,699	0,628
	Ele EIASe vs mal·lèol int e (cm)	0,850	0,685	0,625
	Eld trocànter d vs mal·lèol ext d(cm)	0,848	0,696	0,629
	Ele trocànter e vs mal·lèol ext e(cm)	0,851	0,691	0,625
<i>Increment LHfx (°)</i>	Pes (kg)	0,256	0,364	0,114
	Alçada (cm)	0,270	0,406	0,173
	IMC (kg/m2)	0,274	0,353	0,138
	Envergadura (cm)	0,269	0,397	0,147
	Tronc (cm)	0,255	0,414	0,172
	ESd (cm)	0,282	0,398	0,175
	ESe (cm)	0,282	0,387	0,169
	Eld EIASd vs mal·lèol int d (cm)	0,262	0,395	0,171
	Ele EIASe vs mal·lèol int e (cm)	0,284	0,374	0,140
	Eld trocànter d vs mal·lèol ext d(cm)	0,279	0,401	0,142
	Ele trocànter e vs mal·lèol ext e(cm)	0,280	0,399	0,146
<i>Increment DDP (cm)</i>	Pes (kg)	0,136	0,362	0,486
	Alçada (cm)	0,134	0,286	0,572
	IMC (kg/m2)	0,124	0,301	0,479
	Envergadura (cm)	0,139	0,289	0,487
	ESd (cm)	0,131	0,279	0,524

<i>Covariable</i>	<i>Control vs Tarda</i>	<i>Tarda vs Matí i Tarda</i>	<i>Control vs Matí i Tarda</i>
ESe (cm)	0,140	0,303	0,473
Eld EIASd vs mal·lèol int d (cm)	0,136	0,320	0,501
Ele EIASe vs mal·lèol int e (cm)	0,136	0,298	0,489
Eld trocànter d vs mal·lèol ext d (cm)	0,134	0,284	0,488
Ele trocànter e vs mal·lèol ext e(cm)	0,125	0,285	0,479

Els valors ressaltats indiquen p-valors \leq 0,05

De les relacions que s'estableixen entre les mesures de flexibilitat, es destaca una alta correlació positiva entre l'increment ECRd i l'increment ECRe en el grup T (*Taula 36*). En el mateix grup s'estableix una forta correlació significativa i directament proporcional entre l'increment ECRe i l'increment DDP i entre l'increment ECRe i l'increment LHfx (*Taula 37*). En el cas del grup control només es troba correlació significativa entre els increment AKEd i l'increment DDP, en aquest cas inversament proporcional (*Taula 39*).

Taula 36. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment d'Elevació de la Cama Recta (ECR) dreta ($^{\circ}$) i increment de les variables de flexibilitat

		<i>Increment ECRd ($^{\circ}$)</i>
Increment ECRe ($^{\circ}$)	Control	-0,800
	Tarda	0,900
	Matí i Tarda	0,410
Increment AKEd ($^{\circ}$)	Control	0,800
	Tarda	-0,308
	Matí i Tarda	0,564
Increment DDP (cm)	Control	-0,200
	Tarda	-0,600
	Matí i Tarda	0,103
Increment LHfx ($^{\circ}$)	Control	0,400
	Tarda	0,800
	Matí i Tarda	-0,154

Taula 37. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment d'Elevació de la Cama Recta (ECR) esquerra ($^{\circ}$) i increment de les variables de flexibilitat

Increment ECR_e ($^{\circ}$)		
Increment AKE_e ($^{\circ}$)	Control	-0,400
	Tarda	-0,300
	Matí i Tarda	-0,200
Increment DDP (cm)	Control	0,400
	Tarda	-0,200
	Matí i Tarda	0,900
Increment LHfx ($^{\circ}$)	Control	-0,800
	Tarda	0,900
	Matí i Tarda	-0,700

Taula 38. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment de l'angle popliti (AKE) dret ($^{\circ}$) i increment de les variables de flexibilitat

Increment AKE_d ($^{\circ}$)		
Increment AKE_e ($^{\circ}$)	Control	0,400
	Tarda	0,616
	Matí i Tarda	0,700
Increment DDP (cm)	Control	-0,400
	Tarda	-0,462
	Matí i Tarda	0,100
Increment LHfx ($^{\circ}$)	Control	0,800
	Tarda	-0,564
	Matí i Tarda	-0,700

Taula 39. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment de l'angle popliti (AKE) esquerra ($^{\circ}$) i increment de les variables de flexibilitat

Increment AKE_e ($^{\circ}$)		
Increment AKE_d ($^{\circ}$)	Control	0,400
	Tarda	0,616
	Matí i Tarda	0,700
Increment DDP (cm)	Control	-0,997
	Tarda	-0,300
	Matí i Tarda	-0,100

		Increment AKEe (°)
Increment LHfx (°)	Control	0,800
	Tarda	-0,500
	Matí i Tarda	-0.300

Taula 40. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment de la Distància Dits-Peus (DDP) (°) i increment de les variables de flexibilitat

		Increment DDP (°)
Increment LHfx (°)	Control	-0.800
	Tarda	-0.100
	Matí i Tarda	-0.600

5.2.3. Test de mobilitat vertebral en el pla sagital

S'observa que per a les variables resultants del test de Schöber i del test d'extensió els grups són homogenis a l'inici de l'estudi ([Taula 42](#)). En ambdues variables i pels tres grups la variabilitat entre les mesures es destaca per ser minsa entre els individus ([Taula 41](#)).

Taula 41. Estadístics descriptius de les variables de mobilitat vertebral en el pla sagital en la mesura basal.

Variable	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
Test de Schöber (cm)	Control	7,23	8,27	7,35	7,55 (0,49)
	Tarda	6,53	9,03	6,77	7,37 (1,06)
	Matí i tarda	6,93	7,93	7,30	7,33 (0,39)
Test d'extensió (cm)	Control	2,23	3,53	2,68	2,78 (0,57)
	Tarda	0,50	3,10	2,73	2,27 (1,07)
	Matí i tarda	1,60	4,23	2,80	2,76 (1,05)

Taula 42. Comparació entre els grups d'intervenció de les variables de mobilitat vertebral en el pla sagital en la mesura basal.

Variable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Test de Schöber (cm)	0,485	0,310	0,699
Test d'extensió (cm)	0,937	0,937	0,818

Els valors ressaltats indiquen $p\text{-valor} \leq 0,05$ del test *U* de Mann-Whitney

Tot i que per aquestes dues variables té sentit comparar directament els valors obtinguts al final de l'estudi, al no haver-hi diferències estadísticament significatives en el basal, es comparen també els increments entre final i basal a fi de mantenir una homogeneïtat en l'estructura dels altres grups de variables, en les que si hi ha diferències basals.

S'observa pel test de Schöber que hi ha hagut una disminució de la puntuació respecte l'inici de l'estudi ([Taula 43](#)), aquesta diferència es corroborà amb el test no paramètric de Wilcoxon ($p\text{-valor} \leq 0,05$). No obstant no és així pel test d'extensió, en el que no s'han trobat diferències estadísticament significatives entre la puntuació basal i la realitzada després de sis mesos.

Si s'observen [Taula 43](#), en la que es mostren els estadístics descriptius de l'increment de cada una de les variables, la [Figura 107](#) i la [Figura 108](#), es denota que les diferències produïdes en el cas del test de Schöber, són molt similars en els tres grups, donant lloc a que els resultats del test *U* de Mann-Whitney indiquin un $p\text{-valor} > 0,05$ per a tots els casos ([Taula 44](#)). Tot i que, degut a la poca variabilitat tant en la mesura basal com final, les petites diferències absolutes que es veuen, condueixen a que si s'estima la mesura de l'efecte a través de la $\delta\text{-Cohen}$, la diferència d'increment del test de Schöber entre el grup C i el grup MT estigui en el llindar d'un efecte gran. Així, el test d'extensió té un increment més gran pel grup MT versus el grup T segons la tendència que s'estima amb la $\delta\text{-Cohen}$ ([Taula 45](#)).

Taula 43. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal de les variables de mobilitat vertebral en el pla sagital.

Variable	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
Increment Test de Schöber (cm)	Control	3,90	5,73	4,83	4,82 (0,75)
	Tarda	2,97	5,20	4,73	4,47 (0,87)
	Matí i tarda	3,90	4,90	4,03	4,27 (0,44)
Increment Test d'extensió (cm)	Control	-0,03	0,93	0,07	0,26 (0,45)
	Tarda	-0,23	1,33	0,57	0,49 (0,60)
	Matí i tarda	-2,07	1,23	-0,10	-0,46 (1,35)

Taula 44. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal de les variables de mobilitat vertebral en el pla sagital.

Variable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment de Schöber (cm)	0,556	0,421	0,413
Increment d'extensió (cm)	0,556	0,310	0,556

Els valors ressaltats indiquen $p\text{-valor} \leq 0,05$ del test U de Mann-Whitney

Taula 45. δ -Cohen de l'increment de les variables de mobilitat vertebral en el pla sagital.

	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment T. Schöber	0,50	0,31	1,06
	PETIT	PETIT	GRAN
Increment T. d'extensió	-0,49	1,02	0,77
	PETIT	GRAN	MODERAT

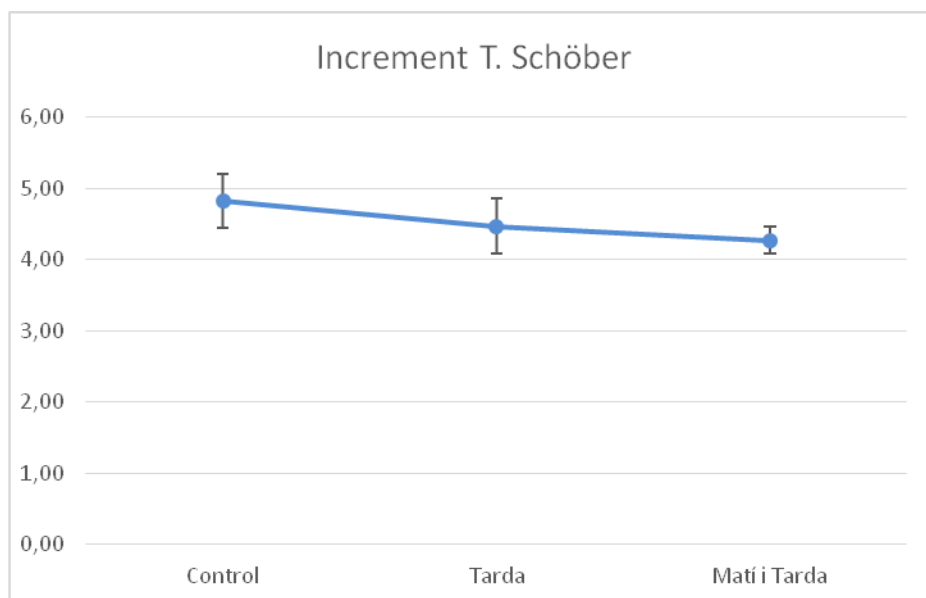


Figura 107. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment del test Schöber (cm) segons grup d'estudi

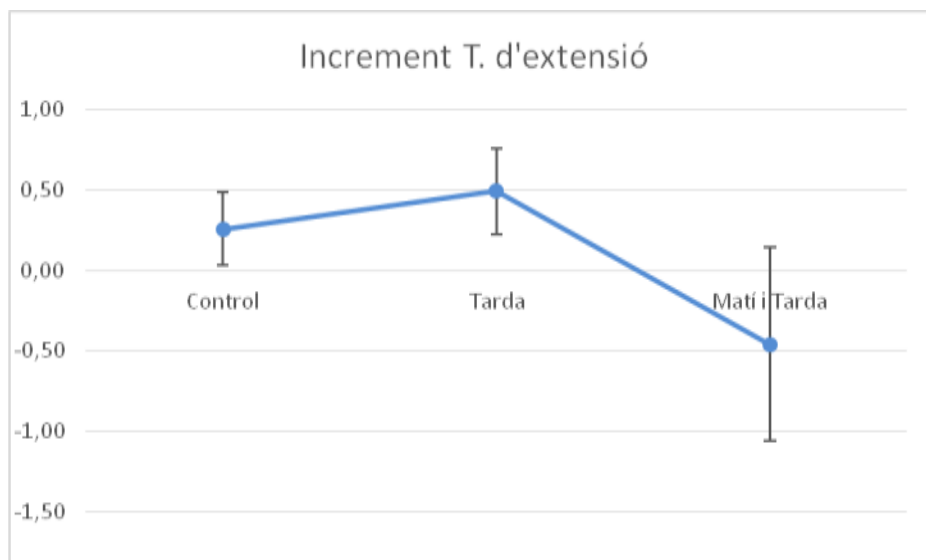


Figura 108. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment del test d'extensió (cm) segons grup d'estudi

Així com en els gràfics de barres individuals del test de Schöber s'hi observa un creixement en la totalitat dels valors finals dels tres grups ([Figura 109](#), [Figura 110](#) i

Figura 111), en el test d'extensió existeix una variabilitat sense una tendència definida (*Figura 112*, *Figura 113* i *Figura 114*).

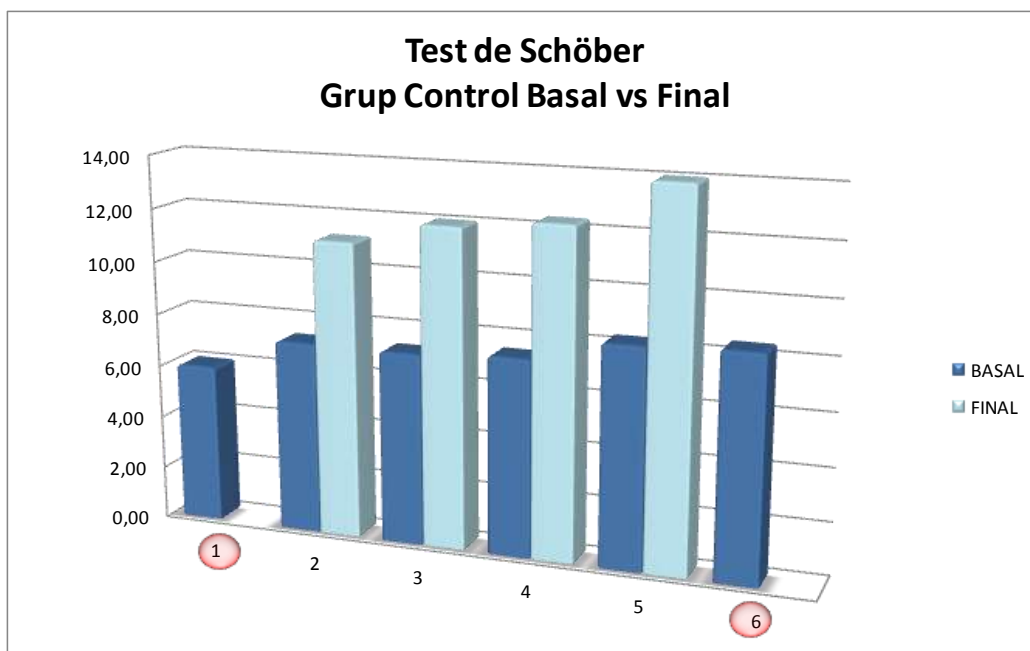


Figura 109. Valors individuals del test de Schöber (cm) del grup C; basal vs final.

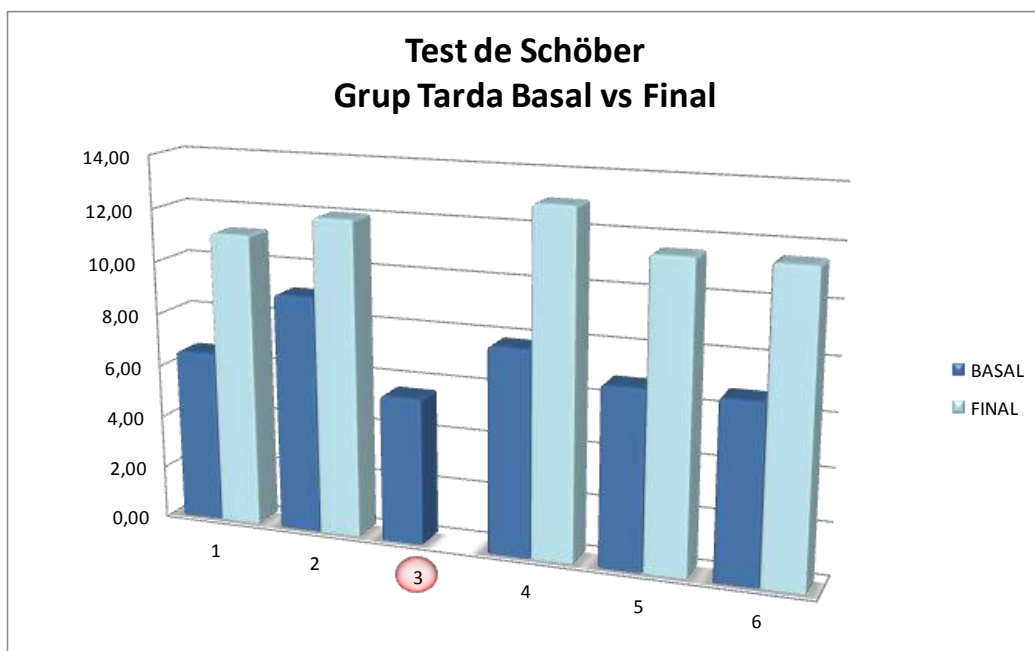


Figura 110. Valors individuals del test de Schöber (cm) del grup T; basal vs final.

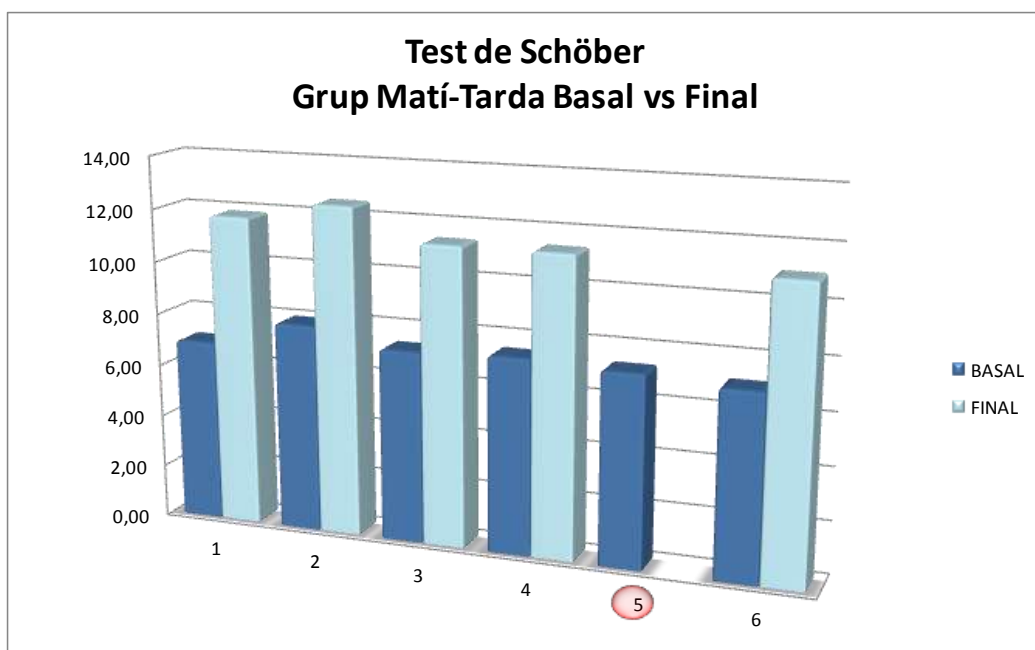


Figura 111. Valors individuals del test de Schöber (cm) del grup MT; basal vs final.

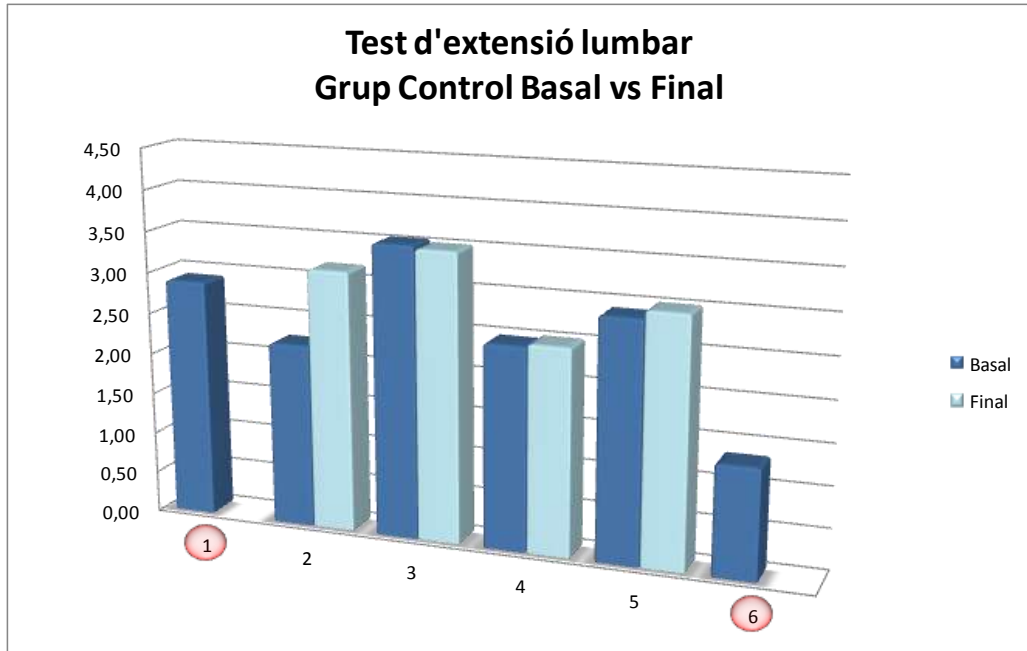


Figura 112. Valors individuals del test d'extensió (cm) del grup C; basal vs final.

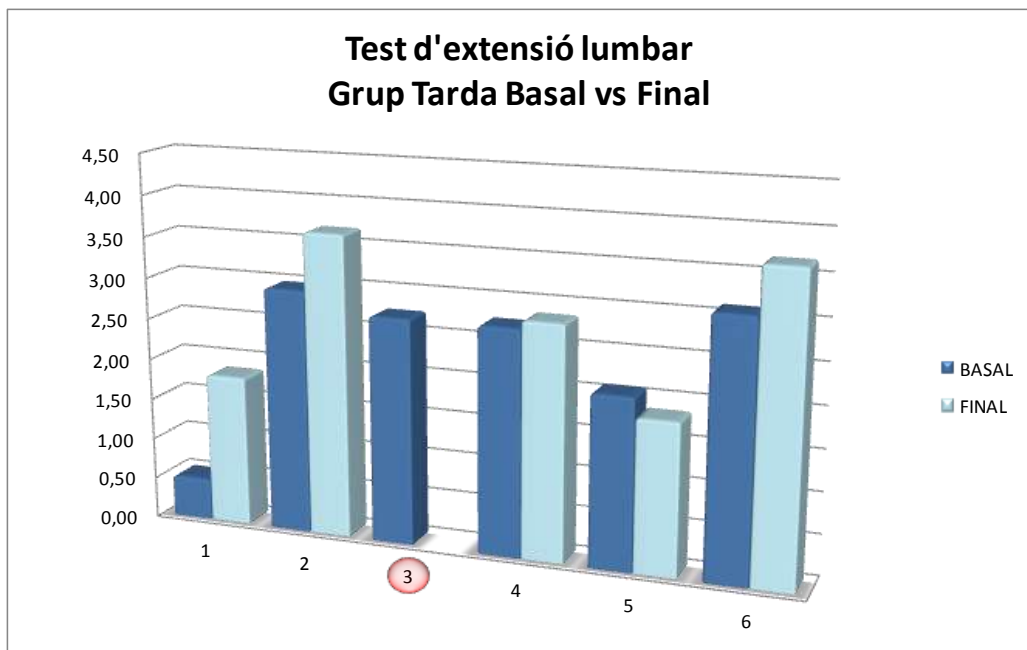


Figura 113. Valors individuals del test d'extensió (cm) del grup T; basal vs final.

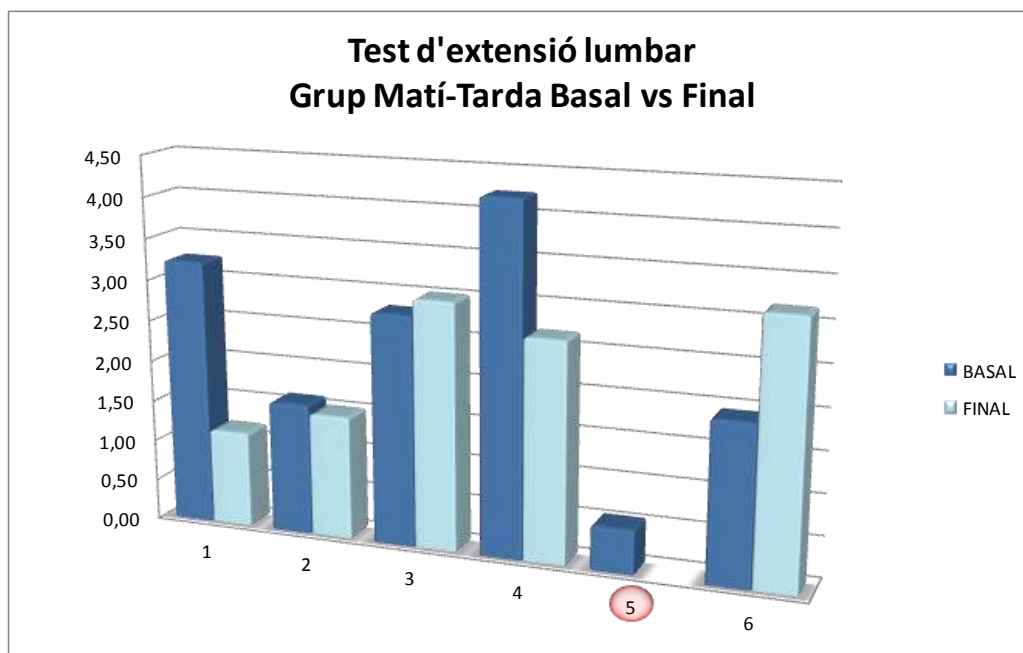


Figura 114. Valors individuals del test d'extensió (cm) del grup MT; basal vs final.

No es destaquen canvis significatius quant es comparen amb el test ANCOVA els valors del test de Schöber i del test d'extensió entre la mesura fina i basal relativitzant aquestos amb les covariables de les mesures antropomètriques (p-valor \leq 0,05 en tots els casos, veure [Taula 46](#)).

Taula 46. ANCOVA de l'increment de les variables de mobilitat vertebral en el pla sagital amb covariables antropomètriques.

	Covariable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment Test de Schöber (cm)	Pes (kg)	0,583	0,603	0,207
	Alçada (cm)	0,582	0,599	0,210
	IMC (kg/m ²)	0,578	0,598	0,211
	Envergadura (cm)	0,579	0,601	0,209
	Tronc (cm)	0,584	0,601	0,199
	ESd (cm)	0,588	0,599	0,213
	ESe (cm)	0,581	0,599	0,208
	Eld EIASd vs mal·lèol int d (cm)	0,582	0,591	0,211
	Ele EIASe vs mal·lèol int e (cm)	0,581	0,598	0,213
	Eld trocànter d vs mal·lèol ext d (cm)	0,577	0,599	0,221
	Ele trocànter e vs mal·lèol ext e (cm)	0,578	0,599	0,208

	Covariable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment Test d'extensió (cm)	Pes (kg)	0,475	0,225	0,405
	Alçada (cm)	0,478	0,188	0,352
	IMC (kg/m2)	0,489	0,188	0,350
	Envergadura (cm)	0,488	0,185	0,400
	Tronc (cm)	0,479	0,189	0,355
	ESd (cm)	0,501	0,202	0,374
	ESe (cm)	0,503	0,205	0,371
	Eld EIASd vs mal·lèol int d (cm)	0,478	0,189	0,357
	Ele EIASE vs mal·lèol e (cm)	0,481	0,188	0,356
	Eld trocànter d vs mal·lèol ext d(cm)	0,499	0,225	0,341
	Ele trocànter e vs mal·lèol ext e (cm)	0,478	0,223	0,350

5.2.4. Resultats radiològics

En les variables radiològiques no s'observen diferències entre les medianes a nivell basal, tal com es pot observar en els p-valors del test *U de Mann-Whitney* de la **Taula 48**. Es destaca una desviació gran en els registre de l'angle d'inclinació sacre-horitzontal (ASH), angle d'inclinació sacre-vertical (ASV), angle de cifosi lumbo-sacra (ACLS) i angle de lordosis lumbar (ALL) (**Taula 47**), variabilitat que es manté gran pels valors d'increment entre final i basal (**Taula 49**).

Taula 47. Estadístics descriptius de les variables radiològiques (°) en la mesura basal.

Variable	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
α Cobb (AC) frontal	<i>Control</i>	0,00	2,80	0,00	0,70 (1,40)
	<i>Tarda</i>	0,00	1,20	0,00	0,24 (0,54)
	<i>Matí i tarda</i>	0,00	7,10	0,00	1,42 (3,18)
α lumbo-sacre (ALS)	<i>Control</i>	4,00	9,60	9,05	7,93 (2,64)
	<i>Tarda</i>	3,00	12,80	7,60	8,40 (4,01)
	<i>Matí i tarda</i>	8,50	16,00	13,30	12,16 (3,09)
α inclinació del sacre horitzontal (ASH)	<i>Control</i>	28,90	54,90	38,70	40,30 (10,80)
	<i>Tarda</i>	30,20	52,10	39,60	42,28 (9,29)
	<i>Matí i tarda</i>	29,70	51,70	39,60	40,62 (7,99)

Variable	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
α inclinació del sacre vertical (ASV)	<i>Control</i>	23,30	52,10	48,45	43,08 (13,47)
	<i>Tarda</i>	24,70	57,80	48,70	45,14 (14,19)
	<i>Matí i tarda</i>	32,40	64,10	47,40	47,92 (11,43)
α de cifosi lumbo-sacra (ACLS)	<i>Control</i>	100,00	131,70	112,55	114,20 (13,60)
	<i>Tarda</i>	100,80	122,80	117,30	115,44 (8,72)
	<i>Matí i tarda</i>	105,60	130,50	115,60	116,54 (9,59)
α lordosi lumbar L1-L5 (ALL)	<i>Control</i>	31,60	68,30	51,05	50,50 (15,09)
	<i>Tarda</i>	26,80	50,00	41,40	41,24 (9,59)
	<i>Matí i tarda</i>	27,40	54,30	47,80	43,72 (11,26)

Taula 48. Comparació entre els grups d'intervenció de les variables radiològiques (°) en la mesura basal.

Variable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
α Cobb (AC)	0,699	0,937	0,589
α lumbo-sacre (ALS)	0,589	0,132	0,485
α inclinació del sacre horitzontal (ASH)	0,485	0,485	0,699
α inclinació del sacre vertical (ASV)	0,818	1,000	0,937
α cifosi lumbo-sacra (CLS)	0,937	0,937	0,818
α lordosi lumbar L1-L5 (ALL)	0,937	0,699	0,818

Els valors ressaltats indiquen p-valors ≤ 0,05 del test U de Mann-Whitney

Per a les mesures radiològiques es troben diferències estadísticament significatives entre el grup C i T (*Taula 50*), en el contrast del test *U de Mann-Whitney*, a nivell l'increment de l'angle d'inclinació del sacre vertical i a nivell de l'angle de cifosi lumbo-sacra. En el cas de l'angle d'inclinació del sacre vertical s'observa que el valor de la mitjana disminueix 3° en el grup d'intervenció de tarda (T) mentre que en el grup C, aquest valor augmenta a 3,55° (*Taula 49, Figura 118*). Tanmateix, l'efecte de la mesura segons els valors *δ-Cohen*, indiquen que hi ha una diferència gran entre l'increment del grup C versus el grup T com també entre el grup C versus el grup MT i en canvi aquest és moderat entre els dos grups d'intervenció, T i MT (*Taula 51*).

Pel que respecte a l'angle de cifosi lumbo-sacra, destacar que per aquesta variables també es troben diferències estadísticament significatives entre els grups

C i MT (*Taula 50*). Cal remarcar que en per aquesta mesura, ambdós grups d'estudi disminueixen el seu angle en $3,12^\circ$ i $0,96^\circ$ respectivament, mentre que el grup C augmenta el seu angle a $1,68^\circ$ (*Taula 49, Figura 119*). Per a aquest angle, també es troba una mesura de l'efecte moderada al comparar els dos grups d'intervenció, i una mesura gran entre un dels dos grups intervenció i el grup control (*Taula 51*).

En el cas de l'angle de Cobb (AC) frontal es troba per a totes les comparacions una mesura de l'efecte moderada, en canvi per l'angle de lordosi lumbar L1-L5 (ALL), l'efecte és petit o inexistent (*Taula 51*). En el cas de l'angle lumbo-sacre, la comparació tant del grup C com T versus el grup MT té una mesura de l'efecte, δ -Cohen, gran, i en canvi aquesta és petita entre els grups C i T (*Taula 51*).

Taula 49. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal de les variables radiològiques ($^\circ$).

Variable	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
Increment α Cobb (AC) frontal	Control	0,00	0,00	0,00	0,00 (0)
	Tarda	-0,30	0,00	0,00	-0,06 (0,13)
	Matí i tarda	-1,80	0,00	0,00	-0,36 (0,80)
Increment α lumbo-sacre (ALS)	Control	-1,60	1,70	0,10	0,08 (1,62)
	Tarda	-0,90	0,20	0,00	-0,20 (0,43)
	Matí i tarda	-6,50	0,20	0,00	-1,94 (2,99)
Increment α inclinació del sacre horitzontal (ASH)	Control	-4,30	0,90	-0,30	-1,00 (2,28)
	Tarda	-2,90	2,00	-0,20	-0,52 (1,90)
	Matí i tarda	-0,40	2,90	0,20	0,62 (1,30)
Increment α inclinació del sacre vertical (ASV)	Control	1,10	6,60	3,25	3,55 (2,35)
	Tarda	-7,80	1,90	-1,60	-3,00 (4,15)
	Matí i tarda	-4,50	3,10	0,30	-0,44 (3,12)
Increment α de cifosi lumbo-sacra (ACLS)	Control	0,80	3,20	1,35	1,68 (1,05)
	Tarda	-12,90	0,00	-0,70	-3,14 (5,49)
	Matí i tarda	-3,50	0,30	-0,10	-0,96 (1,61)
Increment α lordosi lumbar L1-L5 (ALL)	Control	-0,70	2,10	0,30	0,50 (1,18)
	Tarda	-11,30	6,96	-0,80	-0,58 (6,96)
	Matí i tarda	-5,40	4,10	0,00	-0,26 (3,38)

Taula 50. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal de les variables radiològiques (°).

Variable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment α Cobb (AC)	0,730	1,000	0,730
Increment α lumbo-sacre (ALS)	1,000	0,841	0,413
Increment α inclinació del sacre horitzontal (ASH)	0,905	0,421	0,286
Increment α inclinació del sacre vertical (ASV)	0,032	0,421	0,111
Increment α de cifosi lumbo-sacra (ACLS)	0,016	0,421	0,016
Increment α lordosi lumbar L1-L5 (ALL)	0,730	0,841	0,730

Els valors ressaltats indiquen p -valors $\leq 0,05$ del test U de Mann-Whitney

Taula 51. δ -Cohen de l'increment de les variables radiològiques (°).

	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment α Cobb (AC)	0,67	0,58	0,67
	MODERAT	MODERAT	MODERAT
Increment α lumbo-sacre (ALS)	0,28	0,91	0,92
	PETIT	GRAN	GRAN
Increment α inclinació del sacre horitzontal (ASH)	-0,26	-0,78	-1,03
	PETIT	MODERAT	GRAN
Increment α inclinació del sacre vertical (ASV)	2,13	-0,78	1,61
	GRAN	MODERAT	GRAN
Increment α cifosi lumbo-sacra	1,30	-0,60	2,14
	GRAN	MODERAT	GRAN
Increment α lordosi lumbar L1-L5 (ALL)	0,23	-0,07	0,32
	PETIT	NO	PETIT

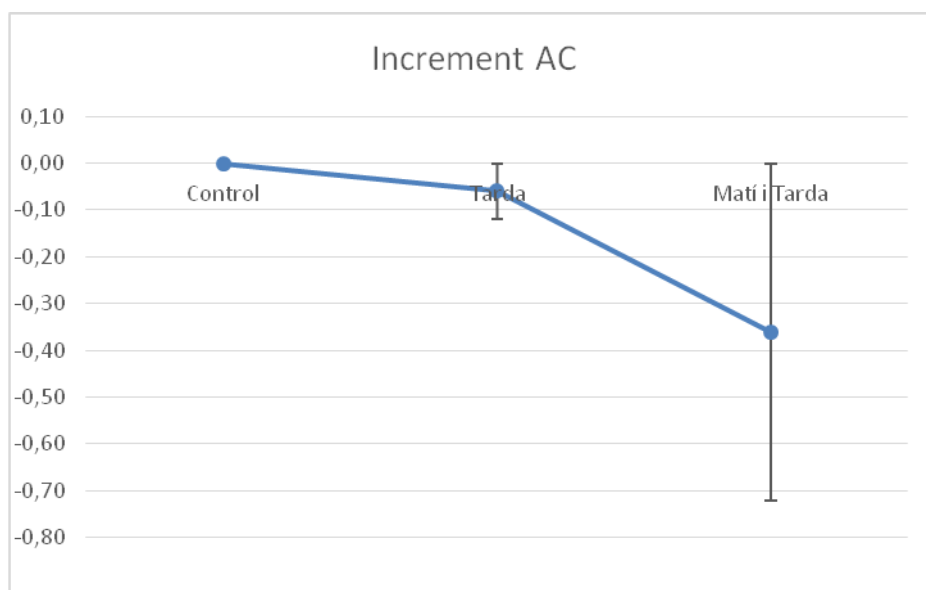


Figura 115. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment d'angle de Cobb (AC) (°) segons grup d'estudi

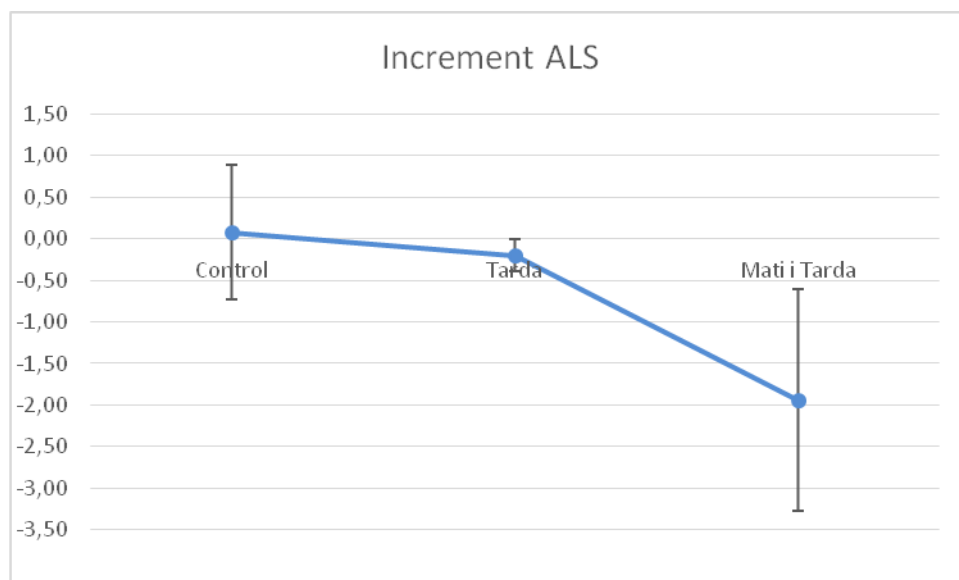


Figura 116. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'angle lumbo-sacre (ALS) (°) segons grup d'estudi

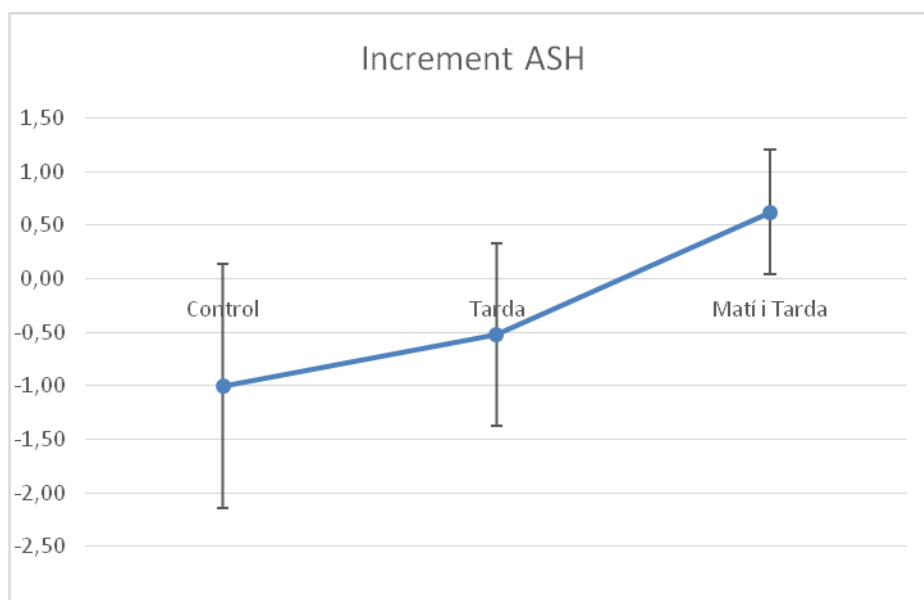


Figura 117. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'angle d'inclinació sacre-horitzontal (ASH) ($^{\circ}$) segons grup d'estudi

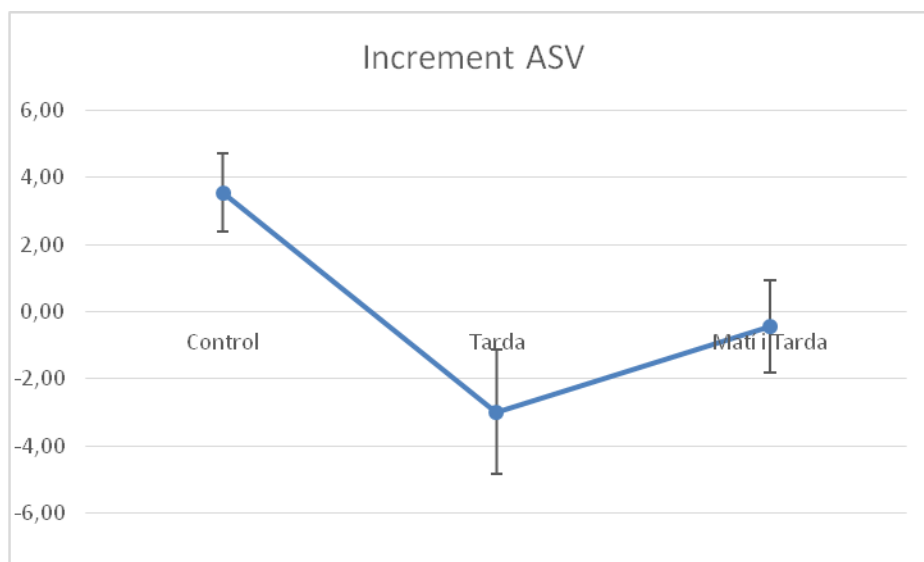


Figura 118. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'angle d'inclinació sacre-vertical (ASV) ($^{\circ}$) segons grup d'estudi

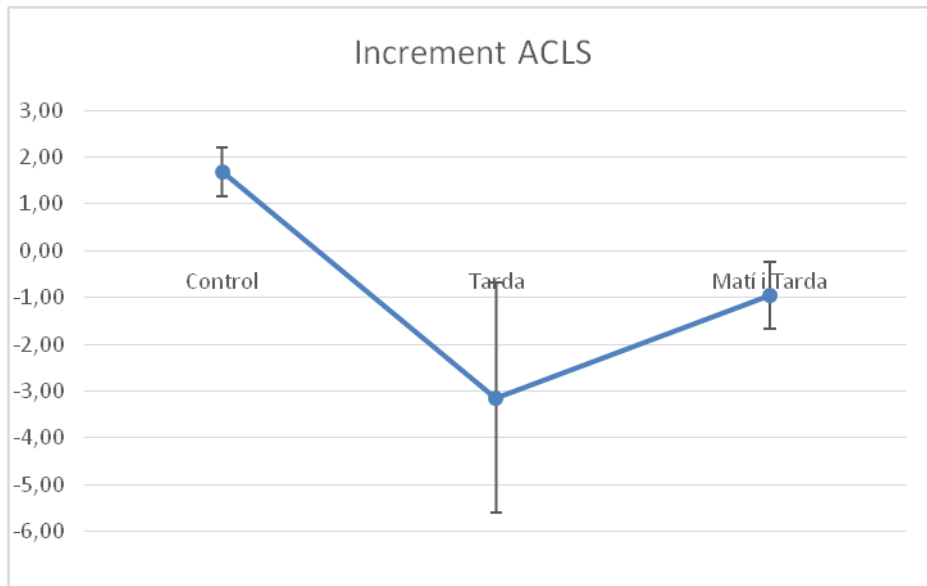


Figura 119. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'angle de cifosi lumbosacra (ACL) ($^{\circ}$) segons grup d'estudi

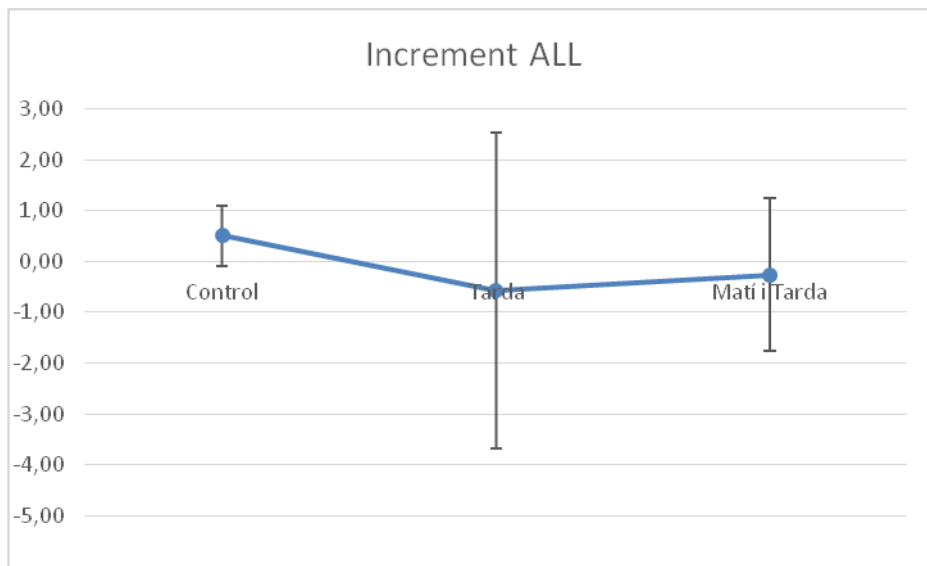


Figura 120. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'angle de lordosi lumbar (ALL) ($^{\circ}$) segons grup d'estudi

Per a les mesures radiològiques no s'observa res destacable en els gràfics de barres individuals (de la [Figura 121](#) a la [Figura 138](#)).

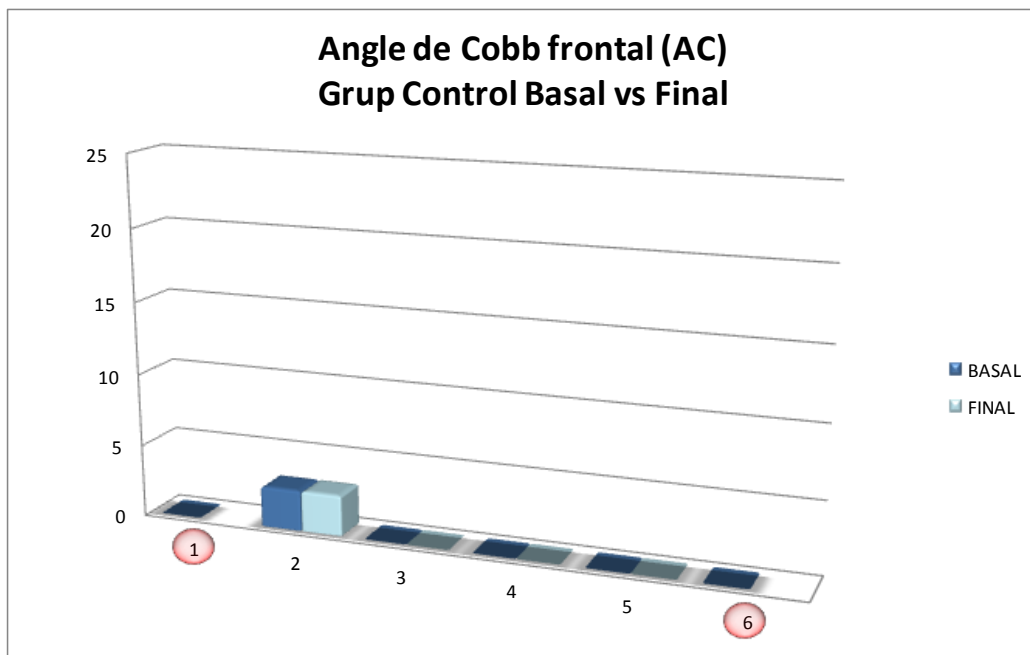


Figura 121. Valors individuals AC frontal (°) del grup C; basal vs final.

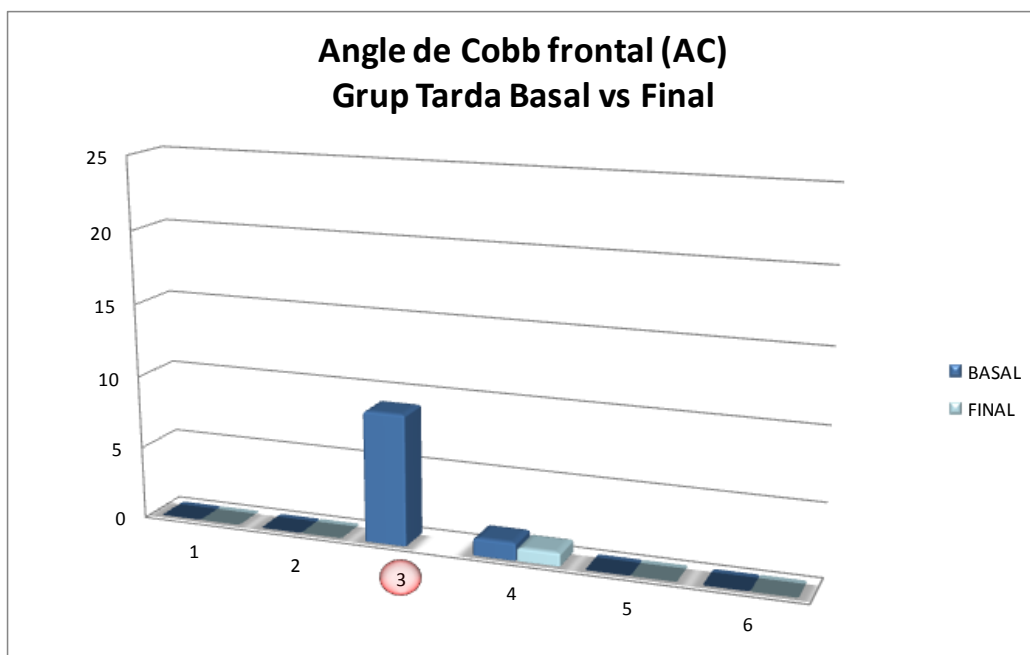


Figura 122. Valors individuals AC frontal (°) del grup T; basal vs final.

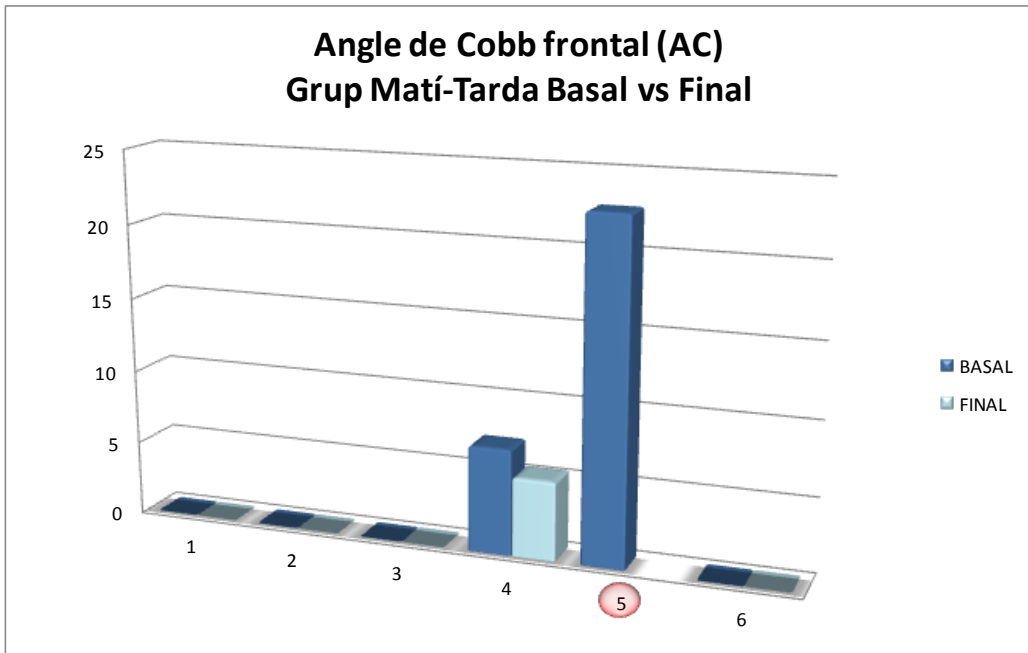


Figura 123. Valors individuals AC frontal (°) del grup MT; basal vs final.

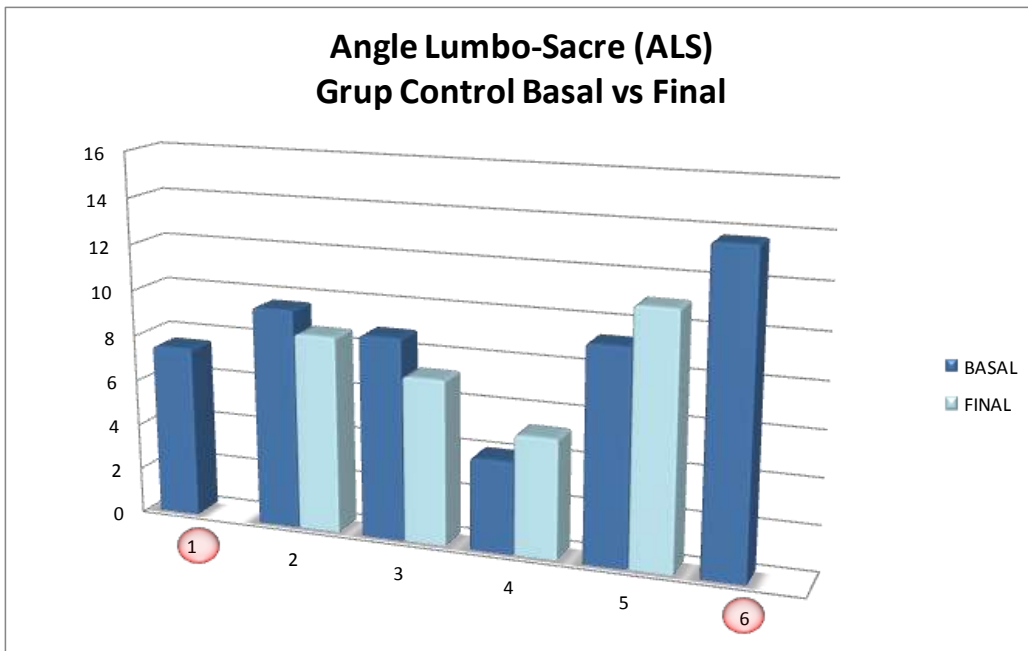


Figura 124. Valors individuals ALS frontal (°) del grup C; basal vs final.

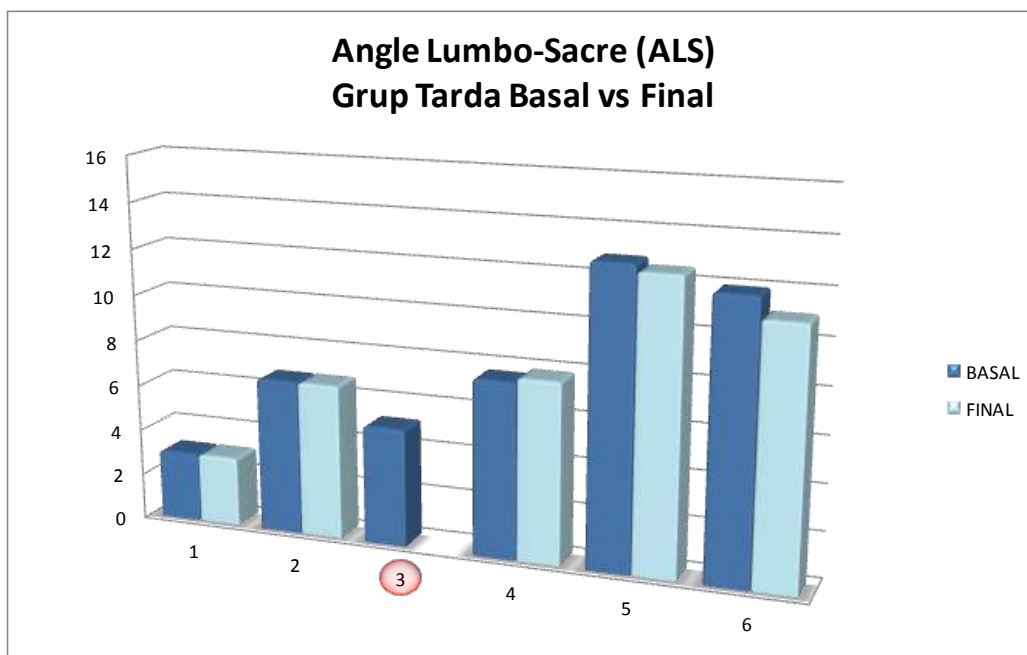


Figura 125. Valors individuals ALS frontal (°) del grup T; basal vs final.

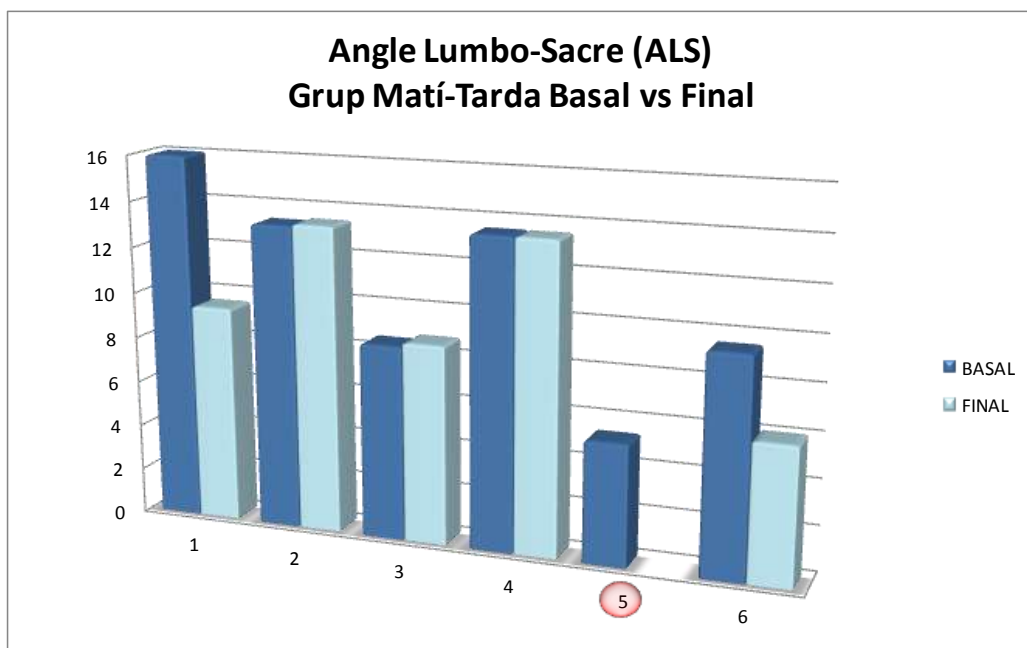


Figura 126. Valors individuals ALS frontal (°) del grup MT; basal vs final.

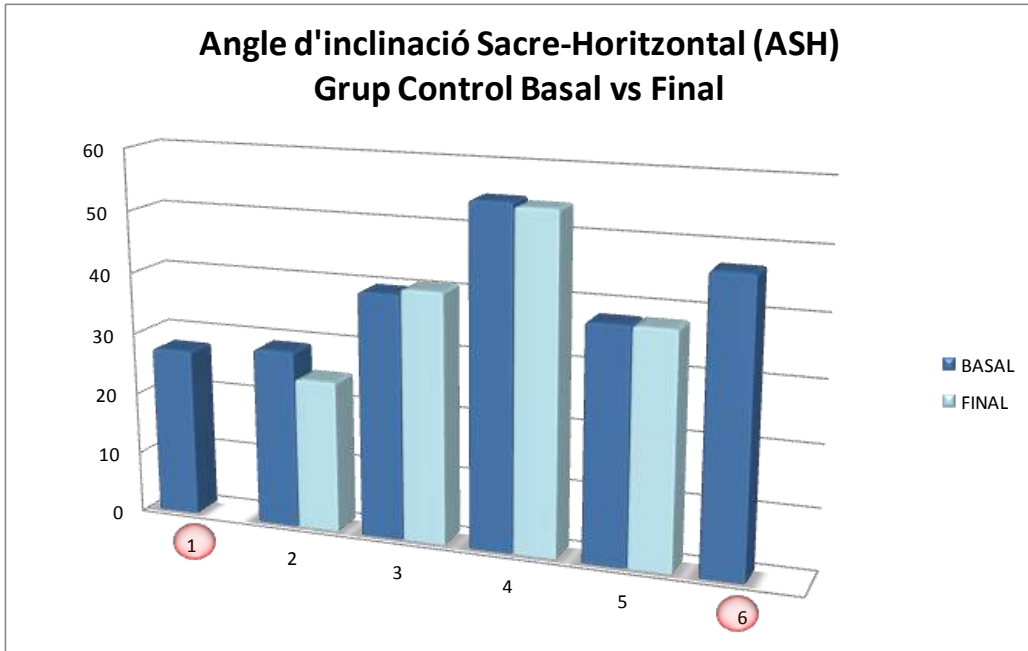


Figura 127. Valors individuals ASH frontal (°) del grup C; basal vs final.

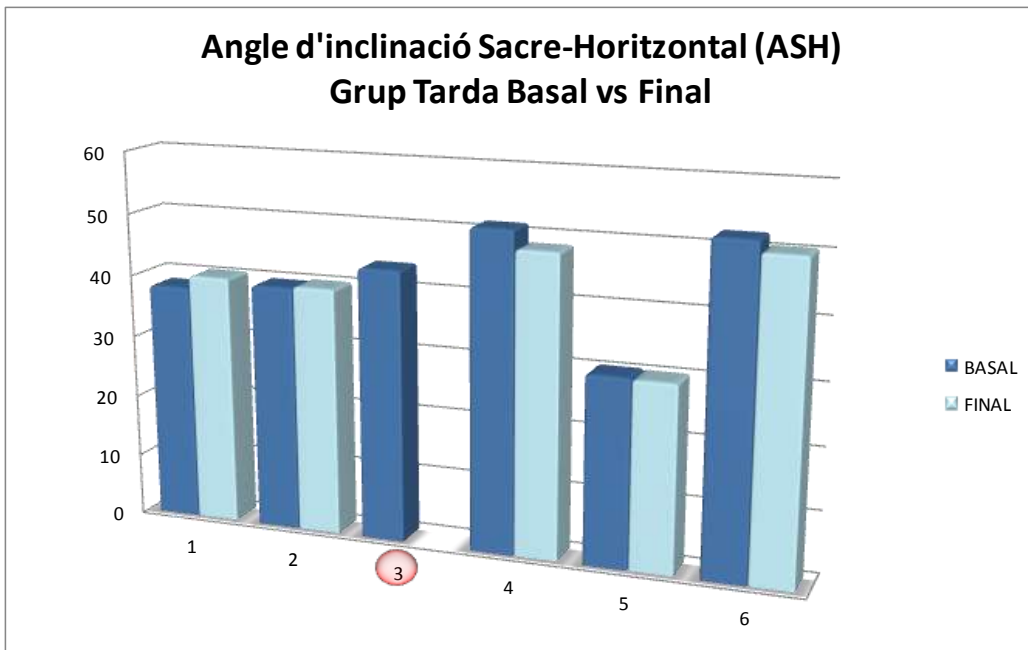


Figura 128. Valors individuals ASH frontal (°) del grup T; basal vs final.

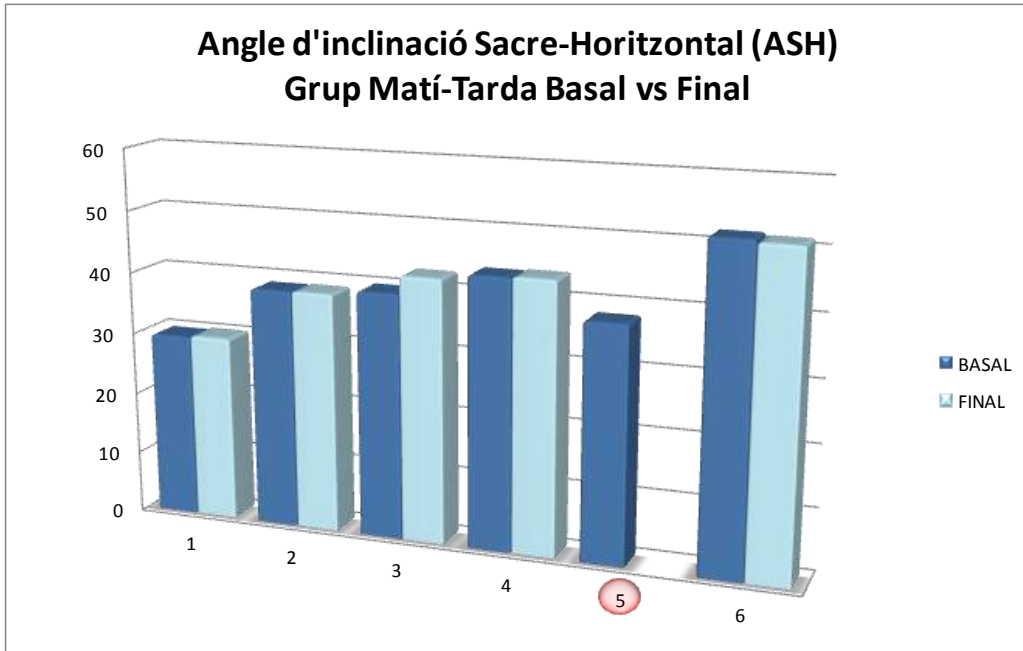


Figura 129. Valors individuals ASH frontal (°) del grup MT; basal vs final.

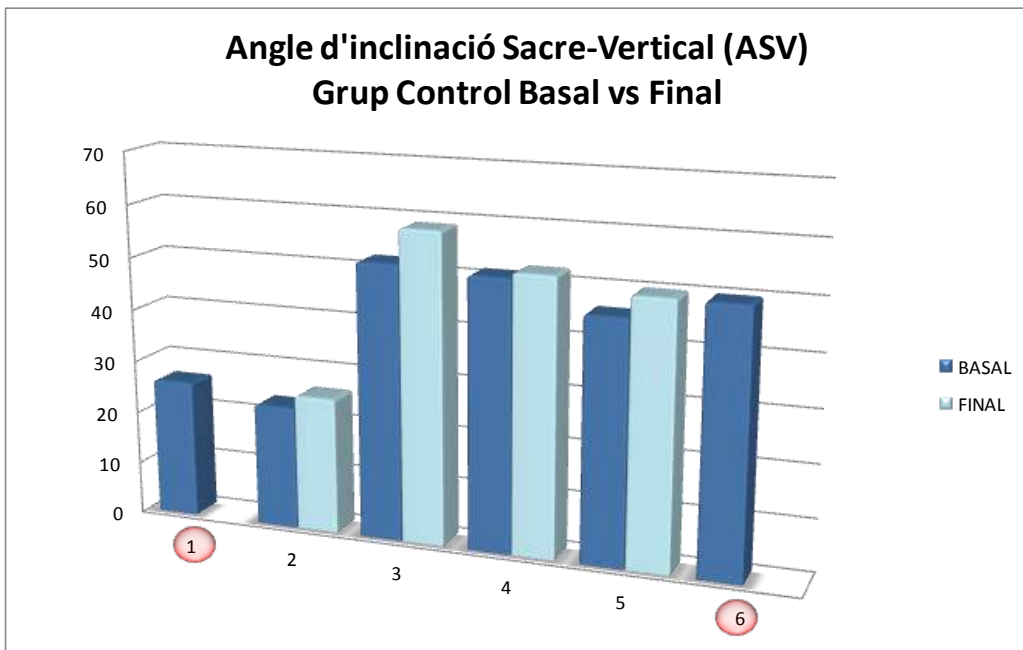


Figura 130. Valors individuals ASV frontal (°) del grup C; basal vs final.

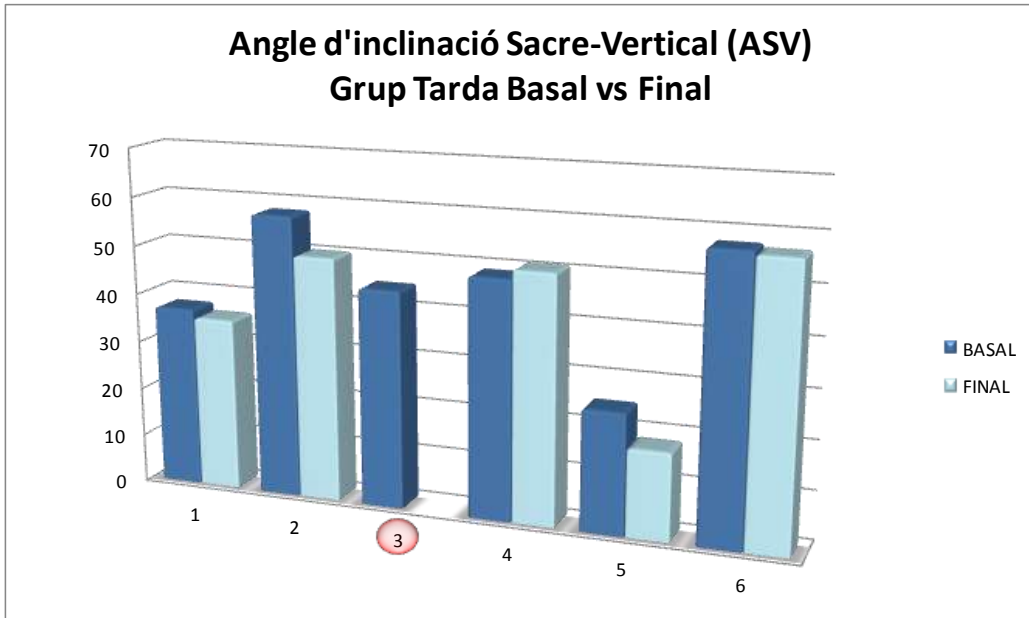


Figura 131. Valors individuals ASV frontal (°) del grup T; basal vs final.

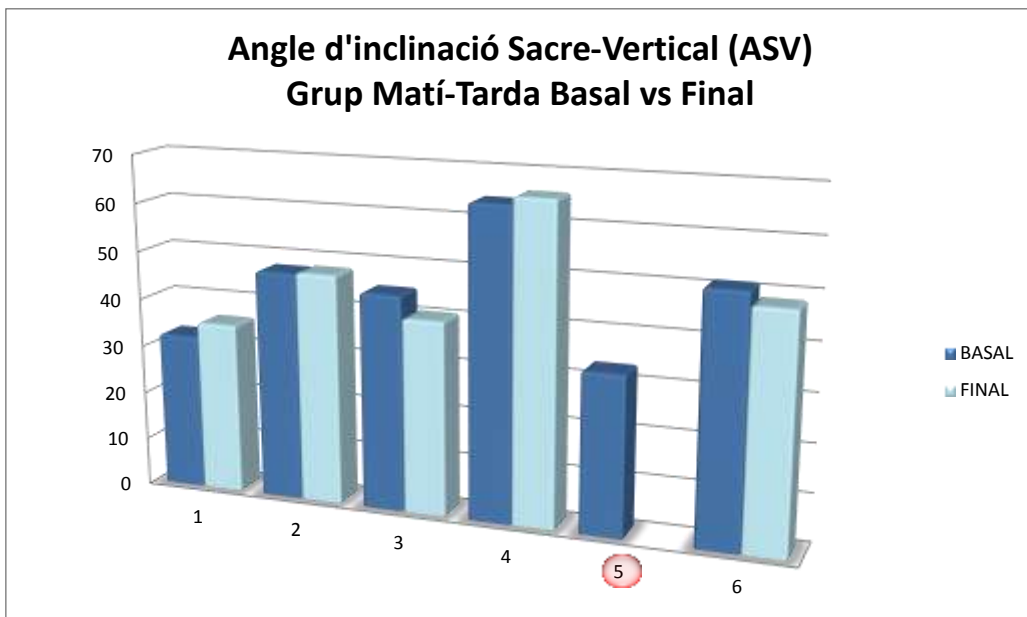


Figura 132. Valors individuals ASV frontal (°) del grup MT; basal vs final.

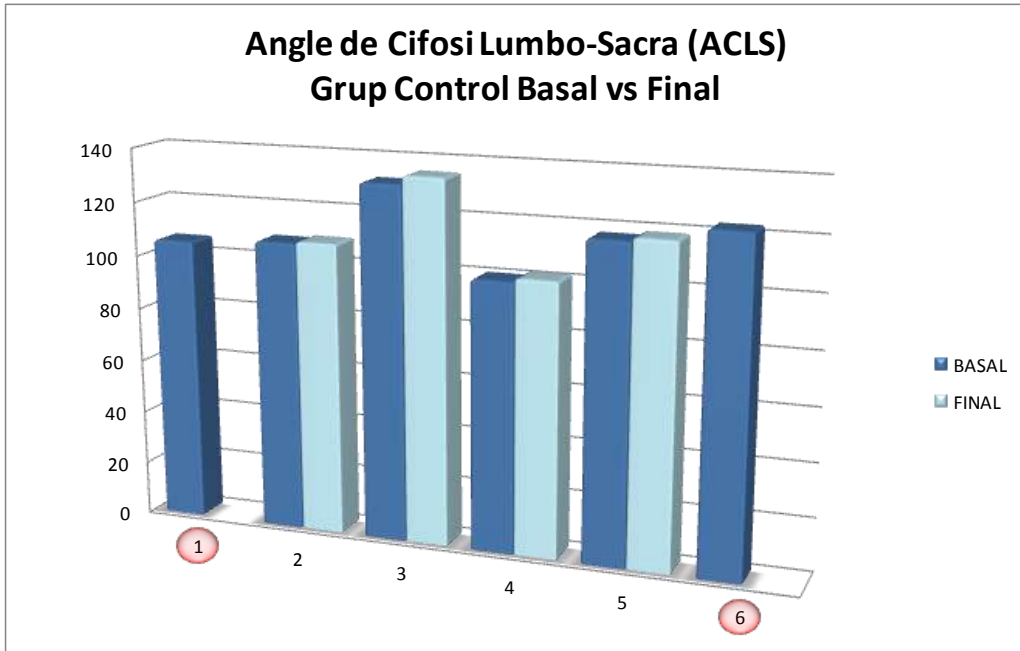


Figura 133. Valors individuals ACLS frontal (°) del grup C; basal vs final.

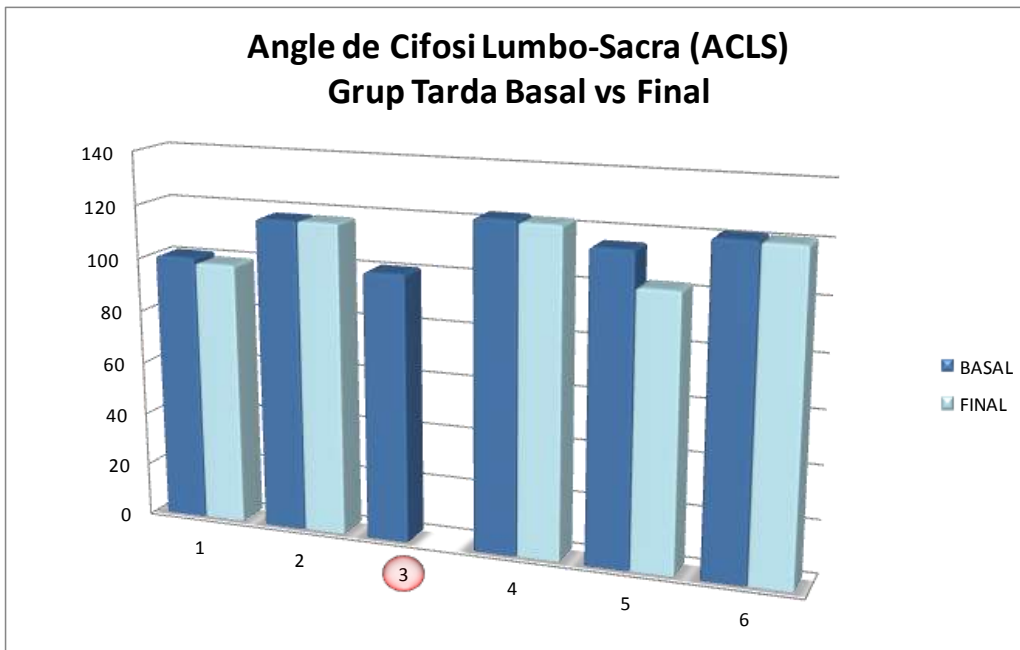


Figura 134. Valors individuals ACLS frontal (°) del grup T; basal vs final.

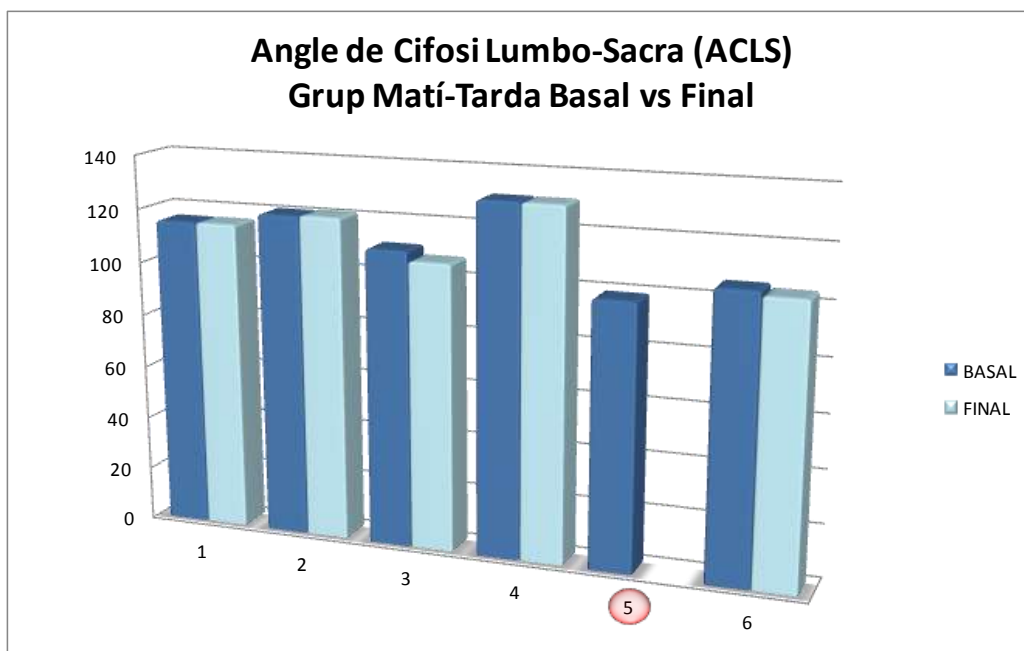


Figura 135. Valors individuals ACLS frontal (°) del grup MT; basal vs final.

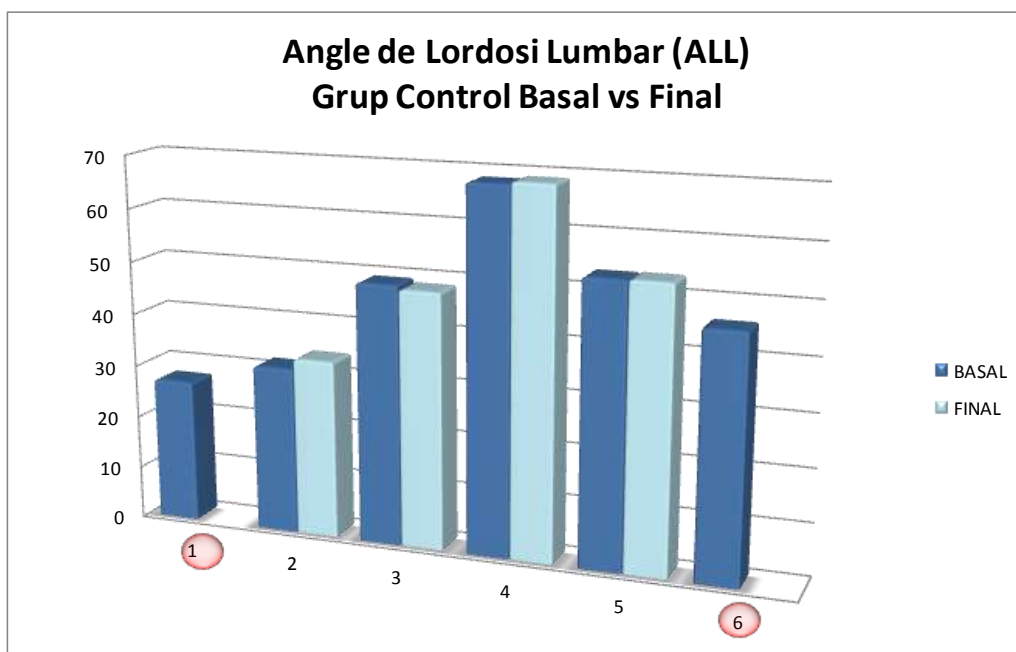


Figura 136. Valors individuals ALL frontal (°) del grup C; basal vs final.

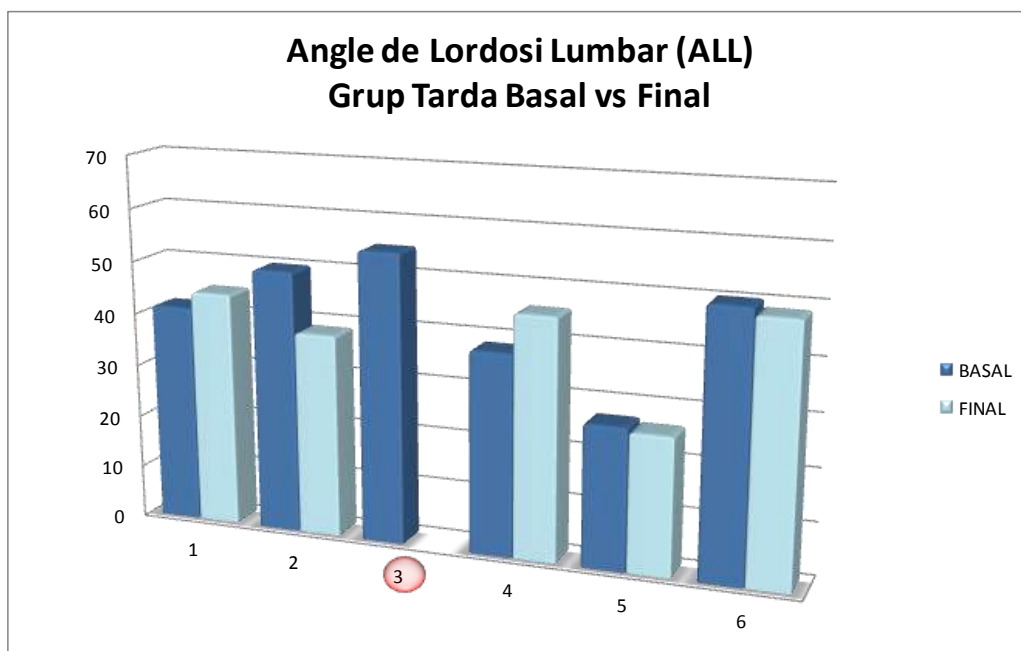


Figura 137. Valors individuals ALL frontal (°) del grup T; basal vs final.

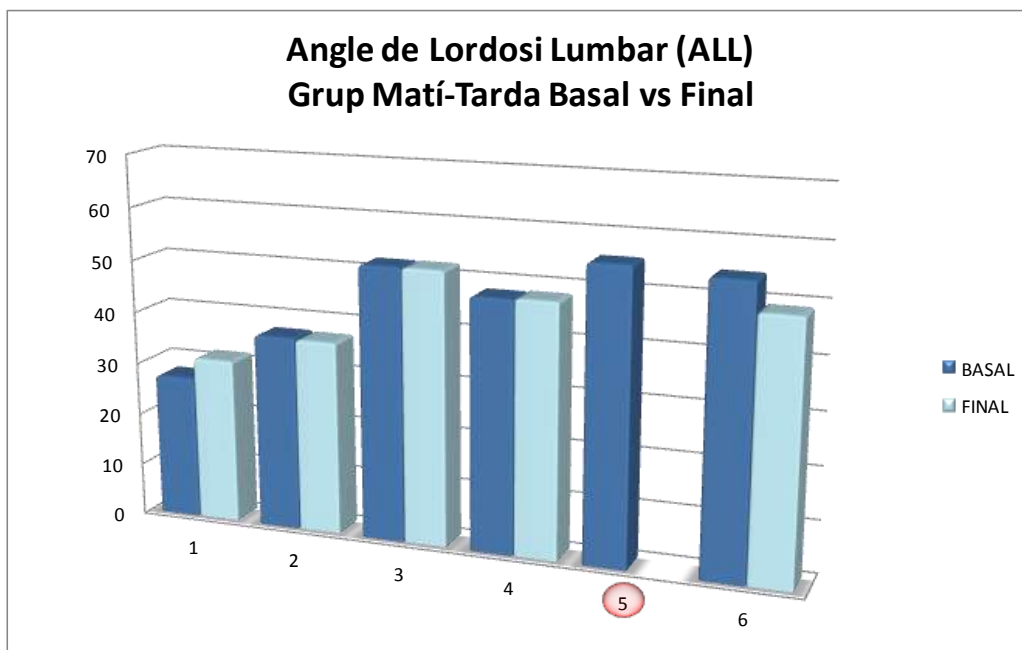


Figura 138. Valors individuals ALL frontal (°) del grup MT; basal vs final.

A la **Taula 52** es mostren els resultats de la prova ANCOVA en la que s'introdueixen com a covariables les mesures antropomètriques de l'individu en les comparacions dels increments. En aquesta es destaca que pels angles de Cobb, angle lumbo-sacre, angle d'inclinació del sacre horitzontal i angle de lordosi lumbar L1-L5, els valors antropomètrics de cada un dels individus no influeixen en els resultats obtinguts per l'ANCOVA, no significatius, versus els que es van obtenir amb el test *U de Mann-Whitney*. Tanmateix, tampoc influeixen en les diferències estadísticament significatives vistes sense les covariables, pels angles d'inclinació del sacre vertical i de cifosi lumbo-sacra ja que aquestes es mantenen sigui quina sigui la covariable antropomètrica per a la que s'ajusti.

Taula 52. ANCOVA de l'increment de les variables radiològiques (°) amb covariables antropomètriques.

	Covariable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí Tarda	Control vs Matí Tarda
α Cobb (AC) frontal	Pes (kg)	0,346	0,467	0,403
	Alçada (cm)	0,347	0,456	0,417
	IMC (kg/m2)	0,341	0,455	0,418
	Envergadura (cm)	0,342	0,458	0,420
	Tronc (cm)	0,345	0,458	0,401
	ESd (cm)	0,348	0,463	0,425
	ESe (cm)	0,347	0,463	0,421
	Eld EIAS vs mal·lèol int (cm)	0,347	0,459	0,405
	Ele EIAS vs mal·lèol int (cm)	0,346	0,461	0,404
	Eld trocànter vs mal·lèol ext (cm)	0,346	0,466	0,411
	Ele trocànter vs maleol ext (cm)	0,347	0,466	0,407
α lumbo-sacre (ALS)	Pes (kg)	0,846	0,199	0,247
	Alçada (cm)	0,751	0,224	0,262
	IMC (kg/m2)	0,778	0,217	0,254
	Envergadura (cm)	0,774	0,211	0,263
	Tronc (cm)	0,759	0,214	0,268
	ESd (cm)	0,765	0,214	0,251
	ESe (cm)	0,779	0,216	0,264
	Eld EIAS vs mal·lèol int (cm)	0,778	0,221	0,248
	Ele EIAS vs mal·lèol int (cm)	0,784	0,219	0,247

	<i>Covariabile</i>	<i>Control vs Tarda</i>	<i>Tarda vs Matí Tarda</i>	<i>Control vs Matí Tarda</i>
	Eld trocànter vs mal·lèol ext (cm)	0,777	0,214	0,525
	Ele trocànter vs mal·lèol ext (cm)	0,774	0,218	0,251
α incisió del sacre horitzontal (ASH)	Pes (kg)	0,774	0,295	0,233
	Alçada (cm)	0,775	0,297	0,232
	IMC (kg/m ²)	0,769	0,304	0,237
	Envergadura (cm)	0,771	0,298	0,233
	Tronc (cm)	0,772	0,297	0,224
	ESd (cm)	0,778	0,301	0,228
	ESe (cm)	0,773	0,298	0,229
	Eld EIAS vs mal·lèol int (cm)	0,771	0,278	0,232
	Ele EIAS vs mal·lèol int (cm)	0,772	0,279	0,231
	Eld trocànter vs mal·lèol ext (cm)	0,777	0,278	0,228
	Ele trocànter vs mal·lèol ext (cm)	0,776	0,277	0,227
	α incisió del sacre vertical (ASV)	Pes (kg)	0,029	0,380
Alçada (cm)		0,027	0,310	0,072
IMC (kg/m ²)		0,029	0,378	0,064
Envergadura (cm)		0,026	0,356	0,068
Tronc (cm)		0,026	0,311	0,076
ESd (cm)		0,026	0,345	0,072
ESe (cm)		0,026	0,356	0,072
Eld EIAS vs mal·lèol int (cm)		0,026	0,341	0,070
Ele EIAS vs mal·lèol int (cm)		0,026	0,358	0,070
Eld trocànter vs mal·lèol ext (cm)		0,026	0,347	0,071
Ele trocànter vs mal·lèol ext (cm)		0,027	0,365	0,071
α cifosi lumbo-sacra (ACLS)		Pes (kg)	0,120	0,488
	Alçada (cm)	0,129	0,427	0,025
	IMC (kg/m ²)	0,126	0,451	0,021
	Envergadura (cm)	0,126	0,461	0,024
	Tronc (cm)	0,132	0,455	0,026
	ESd (cm)	0,126	0,416	0,025
	ESe (cm)	0,126	0,415	0,025
	Eld EIAS vs mal·lèol int (cm)	0,127	0,421	0,025
	Ele EIAS vs mal·lèol int (cm)	0,128	0,421	0,025
	Eld trocànter vs mal·lèol ext (cm)	0,128	0,435	0,025
	Ele trocànter vs mal·lèol ext (cm)	0,126	0,425	0,025

	Covariable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí Tarda	Control vs Matí Tarda
α lordosi lumbo-sacra L1-L5 (ALL)	Pes (kg)	0,696	0,946	0,612
	Alçada (cm)	0,758	0,945	0,703
	IMC (kg/m²)	0,751	0,899	0,579
	Envergadura (cm)	0,698	0,898	0,602
	Tronc (cm)	0,697	0,942	0,589
	ESd (cm)	0,698	0,941	0,691
	ESe (cm)	0,695	0,898	0,587
	Eld EIAS vs mal·lèol int (cm)	0,701	0,702	0,584
	Ele EIAS vs mal·lèol int (cm)	0,703	0,708	0,588
	Eld trocànter vs mal·lèol ext (cm)	0,766	0,735	0,599
	Ele trocànter vs mal·lèol ext (cm)	0,768	0,739	0,601

Els valors ressaltats indiquen p-valors $\leq 0,05$

Les relacions lineals, coeficient de correlació de *Spearman*, que s'estableixen entre els angles de les mesures radiològiques són totes no significatives a excepció de les mesures dels angles ALL i ASV en el cas del grup Control ([Taula 55](#)).

Taula 53. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment de l'angle de Cobb (AC) i increment de les variables radiològiques (°).

Increment AC		
Increment ALS	Control	--
	Tarda	-0,725
	Matí i Tarda	0,000
Increment ASH	Control	--
	Tarda	0,707
	Matí i Tarda	0,000
Increment ASV	Control	--
	Tarda	-0,707
	Matí i Tarda	0,366
Increment ACLS	Control	--
	Tarda	0,000
	Matí i Tarda	0,000

Increment ALL	Control	--
	Tarda	-0,707
	Matí i Tarda	-0,354

Taula 54. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment de l'angle lumbo-sacre (ALS) i increment de les variables radiològiques (°).

		Increment ALS
Increment ASH	Control	-0,200
	Tarda	-0,051
	Matí i Tarda	0,300
Increment ASV	Control	-0,400
	Tarda	0,205
	Matí i Tarda	-0,700
Increment ACLS	Control	-0,00
	Tarda	0,051
	Matí i Tarda	-0,300
Increment ALL	Control	0,200
	Tarda	0,564
	Matí i Tarda	-0,300

Taula 55. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment de l'angle d'inclinació sacre-horitzontal (ASH) i increment de les variables radiològiques (°).

		Increment ASH
Increment ASV	Control	0,800
	Tarda	-0,700
	Matí i Tarda	0,000
Increment ACLS	Control	0,800
	Tarda	-0,100
	Matí i Tarda	-0,300
Increment ALL	Control	-0,993
	Tarda	-0,300
	Matí i Tarda	0,700

Taula 56. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment de l'angle d'inclinació sacre-vertical (ASV) i increment de les variables radiològiques (°).

		<i>Increment ASV</i>
Increment ACLS	Control	0,400
	Tarda	-0,100
	Matí i Tarda	0,700
Increment ALL	Control	-0,800
	Tarda	0,700
	Matí i Tarda	0,700

Taula 57. Coeficients de correlació de Spearman de l'increment de l'angle de cifosi lumbo-sacre (ACLS) i increment de les variables radiològiques (°).

		<i>Increment ACLS</i>
Increment ALL	Control	-0,800
	Tarda	-0,600
	Matí i Tarda	0,200

Finalment, es va poder constatar que els dos individus que en la medicació inicial tenien una espondilolistesi grau I amb desplaçament de L5 respecte S1 es mantenia en la mesura final.

5.2.5. Test Roland-Morris

En la taula d'estadístics descriptius basals s'hi destaca una mitjana del test Roland-Morris, pels tres grups, molt baixa amb una desviació també petita. Així mateix es constaten uns valors de mediana, mínim i màxim mínims entre 0 i 2. Aquests resultats indiquen que en cap dels tres grups existeixen individus amb discapacitats o aquesta és molt petita (*Taula 58*). La diferència entre el tres grups és no significativa ($p\text{-valor} \leq 0,05$), *Taula 59*.

Taula 58. Estadístics descriptius de les variables del test de Roland-Morris en la mesura basal.

Variable	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
Roland-Morris (RM)	Control	0,00	1,00	0,00	0,25 (0,50)
	Tarda	0,00	2,00	0,00	0,00 (0,89)
	Matí i Tarda	0,00	1,00	1,00	0,60 (0,55)

Taula 59. Comparació entre els grups d'intervenció de les variables del test de Roland-Morris en la mesura basal.

Variable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Roland-Morris (RM)	0,818	0,738	0,901

Els valors ressaltats indiquen $p\text{-valor} \leq 0,05$ del test U de Mann-Whitney

Dels resultats de la [Taula 60](#) i de la [Figura 139](#) se'n deriva que tant pel grup C, com pel grup T i el MT la discapacitat manifestada a l'inici de l'estudi a través del qüestionari Roland-Morris és similar a la manifestada al final d'aquest. Es destaca que en el grup control hi ha dos individus que passen d'un valor de 0 a 3 ([Figura 140](#)), en el grup de Tarda un que passa d'una puntuació de 0 a 2 ([Figura 141](#)), i en el grup de Matí i Tarda un que passa d'un valor d'1 a 3 ([Figura 142](#)). Aquests petits canvis fan que tot i no haver-hi diferències estadísticament significatives entre grups ([Taula 61](#)), pel que fa a l'increment de la puntuació del test RM, s'estimi una mesura de l'efecte δ -Cohen, moderada entre el grup control i els altres dos grups, i petita entre els dos grups d'intervenció ([Taula 62](#)).

Taula 60. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal de les variables del test de Roland-Morris.

Variable	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
Increment Roland-Morris (RM)	Control	-1,00	3,00	1,50	1,25 (2,06)
	Tarda	0,00	1,00	0,00	0,40 (0,55)
	Matí i Tarda	-1,00	2,00	0,00	0,20 (1,10)

Taula 61. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal de les variables del test de Roland-Morris.

Variable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment Roland-Morris	0,730	0,548	0,556

Els valors ressaltats indiquen $p\text{-valor} \leq 0,05$ del test U de Mann-Whitney

Taula 62. δ -Cohen de l'increment del test Roland-Morris.

	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment Roland-Morris	0,68	0,26	0,75
	MODERAT	PETIT	MODERAT

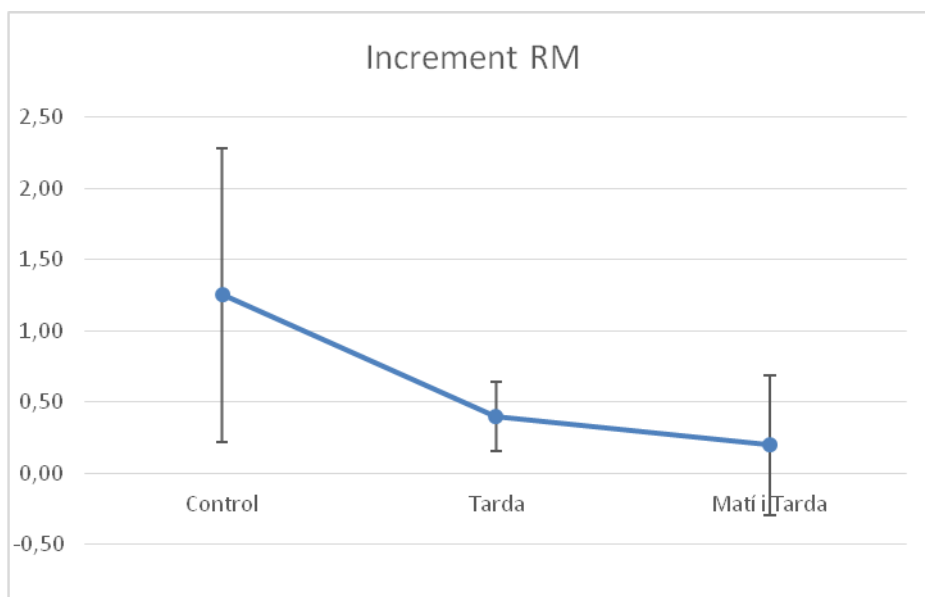


Figura 139. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment del test de Roland-Morris segons grup d'estudi

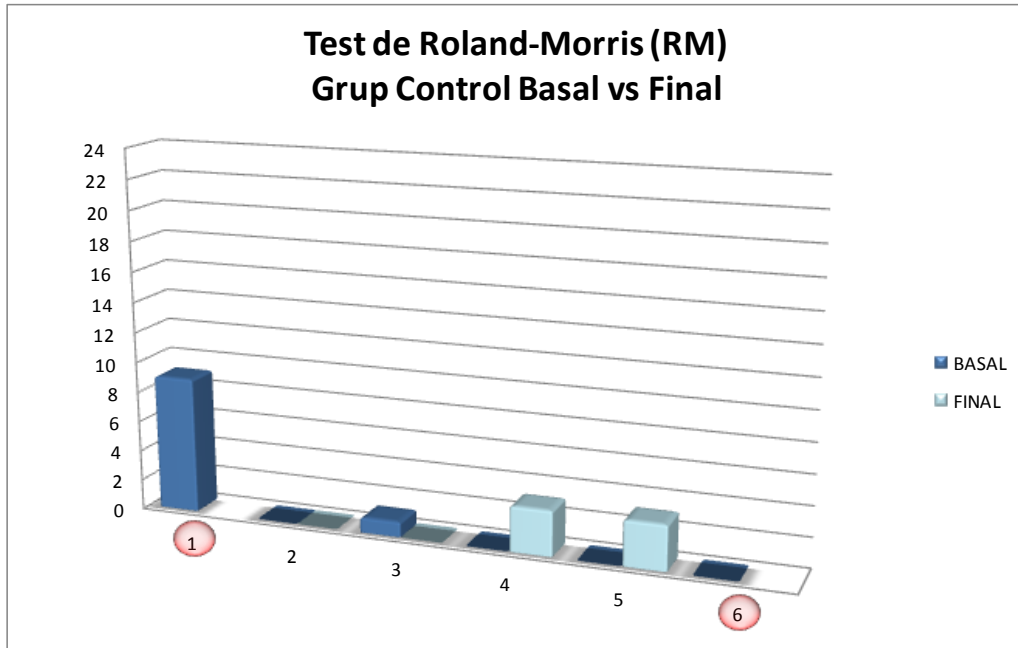


Figura 140. Valors individuals RM del grup C; basal vs final.

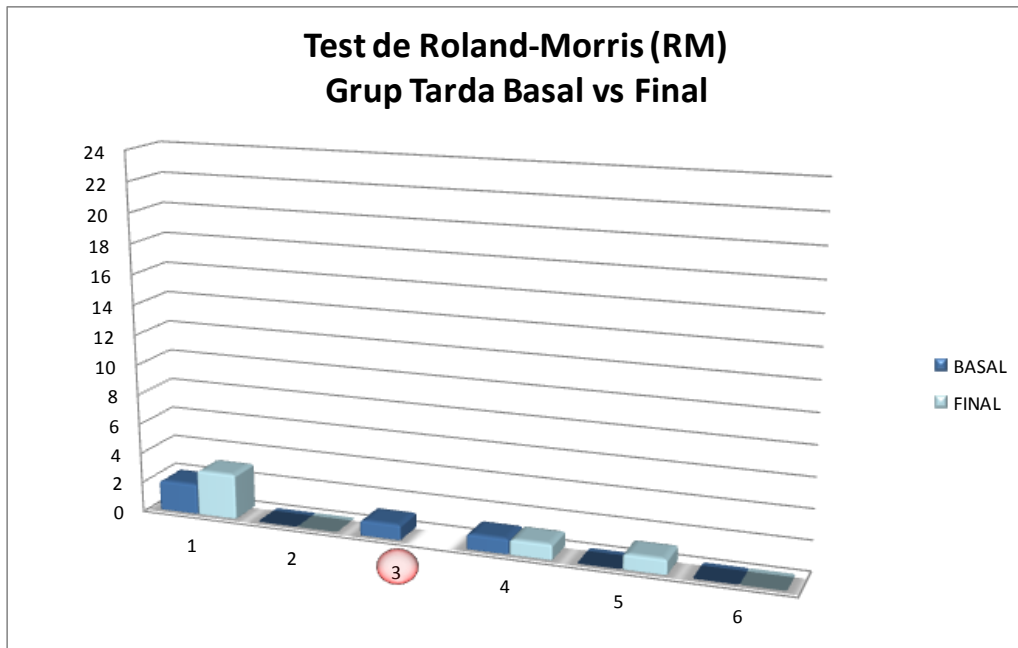


Figura 141. Valors individuals RM del grup T; basal vs final.

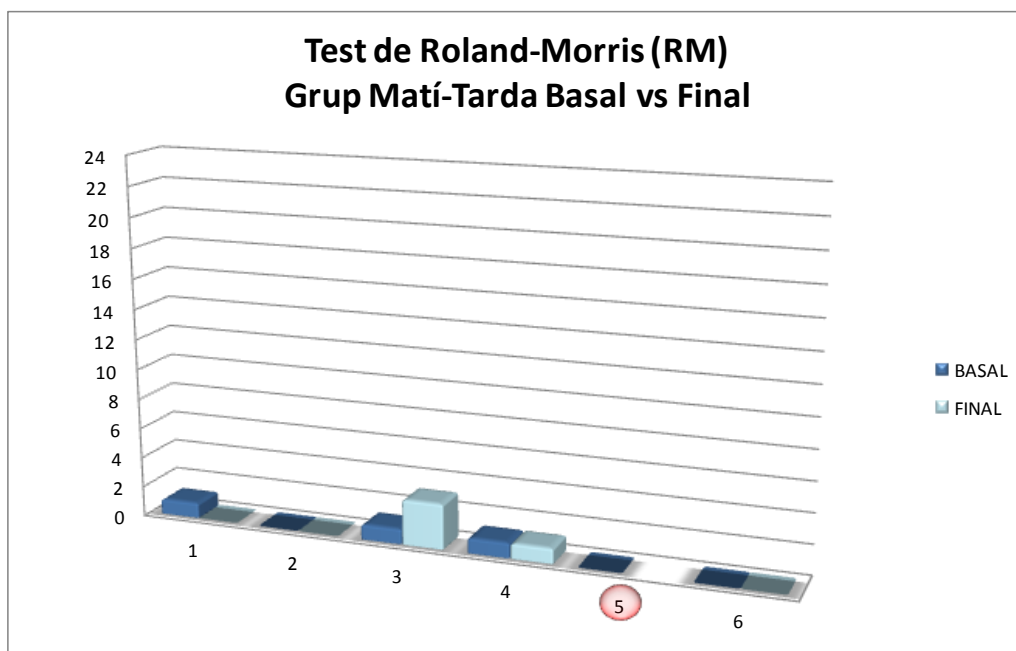


Figura 142. Valors individuals RM del grup MT; basal vs final.

A la **Taula 63**, es pot observar com les covariables antropomètriques no modifiquen els resultats de la comparació de l'increment RM entre els grups (p -valor $\leq 0,05$).

Taula 63. ANCOVA de l'increment del test Roland-Morris amb covariables antropomètriques.

	Covariable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment Roland-Morris (RM)	Pes (kg)	0,472	0,721	0,406
	Alçada (cm)	0,416	0,725	0,402
	IMC (kg/m ²)	0,399	0,746	0,358
	Envergadura (cm)	0,402	0,743	0,338
	Tronc (cm)	0,405	0,754	0,337
	ESd (cm)	0,415	0,735	0,404
	ESe (cm)	0,415	0,736	0,405
	Eld EIASd vs mal·lèol int d (cm)	0,421	0,736	0,339
	Ele EIASe vs mal·lèol int e (cm)	0,422	0,736	0,342
	Eld trocànter d vs mal·lèol ext d (cm)	0,399	0,719	0,343
	Ele trocànter e vs mal·lèol ext e (cm)	0,402	0,718	0,351

5.2.6. Escala analògica del dolor

En la variable del dolor no s'observa diferències a nivell basal (**Taula 64**). Cal destacar que la mitjana del dolor percebut al basal és pràcticament nul o inferior a 3 i amb poca dispersió en tots els grups d'estudi (**Figura 143**). Així, no es troben diferències estadísticament significatives en la comparació del dolor percebut entre els tres grups d'estudi (**Taula 65**).

Taula 64. Estadístics descriptius del dolor percebut en la mesura basal (cm).

Variable	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
EVA	Control	0,00	2,00	0,00	0,50 (1,00)
	Tarda	0,00	1,40	0,30	0,48 (0,59)
	Matí i Tarda	0,00	2,90	1,10	1,12 (1,22)

Taula 65. Comparació entre els grups d'intervenció del dolor percebut en la mesura basal (cm).

Variable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
EVA	0,485	0,589	0,394

Els valors ressaltats indiquen p-valors $\leq 0,05$ del test U de Mann-Whitney

A la **Taula 66**, es pot observar, com en cas del grup control, el màxim de l'increment del dolor percebut és de 5,30. Aquest canvi, és degut a un individu (**Figura 144**), que passa de no tenir dolor a l'inci de l'estudi a manifestar un dolor de 5,9 al final d'aquest. Si bé, a nivell grupal no es detecten diferències estadísticament significatives de l'increment del dolor. Si observem que els grup T i MT (**Taula 66**) es pot veure com en aquests dos grups la percepció de dolor disminueix, mentre que no és així en el grup control. Resultat que condueix, que al estudiar la mesura de l'efecte a través de la δ -Cohen, trobem que aquest és gran en la comparació del grup C tant respecte el grup T com MT, i en canvi és petita entre els grups T i MT.

Taula 66. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal de les variables del dolor percebut (cm).

Variable	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
Increment EVA	Control	0,00	5,30	0,30	1,48 (2,57)
	Tarda	-0,90	0,00	-0,30	-0,38 (0,41)
	Matí i tarda	-1,60	0,20	0,00	-0,50 (0,80)

Taula 67. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal del dolor percebut (cm).

Variable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment EVA	0,063	1,000	0,190

Els valors ressaltats indiquen p -valors $\leq 0,05$ del test U de Mann-Whitney

Taula 68. δ -Cohen de l'increment del dolor percebut (cm).

Increment EVA	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
	1,23	0,21	1,25
	GRAN	PETIT	GRAN

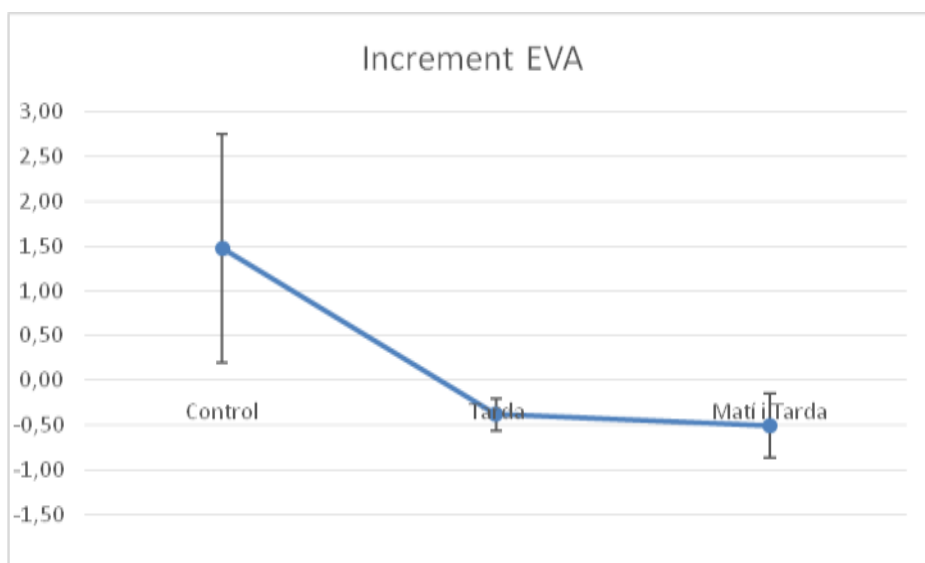


Figura 143. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de l'escala analògica del dolor (EVA) segons grup d'estudi (cm).

En els gràfics de barres individuals s'hi aprecia l'augment del dolor percebut en dos individus del grup C en contrapartida de la disminució d'aquesta variable en els dos grups d'intervenció T i MT, a excepció d'un jugador del grup MT que té un sotil augment del dolor percebut (*Figura 144*, *Figura 145* i *Figura 146*).

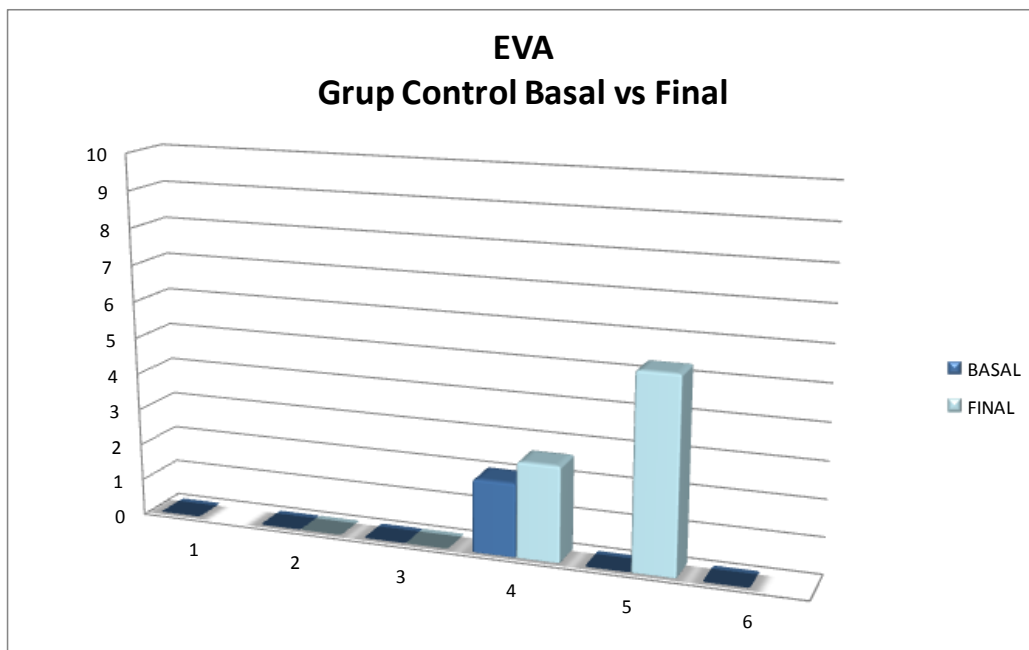


Figura 144. Valors individuals EVA (cm) del grup C; basal vs final.

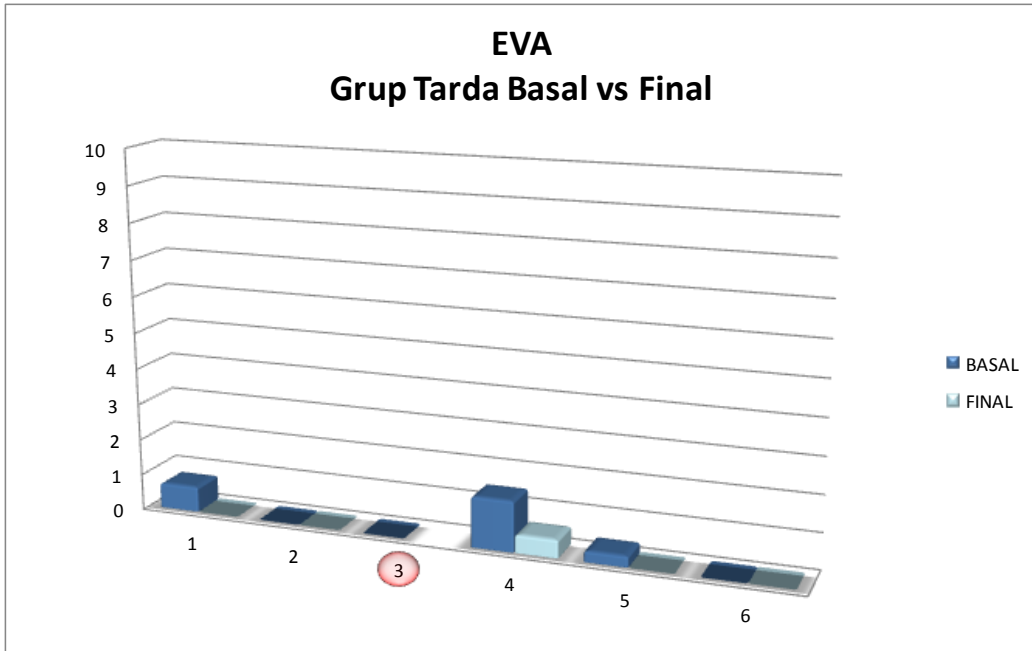


Figura 145. Valors individuals EVA (cm) del grup T; basal vs final

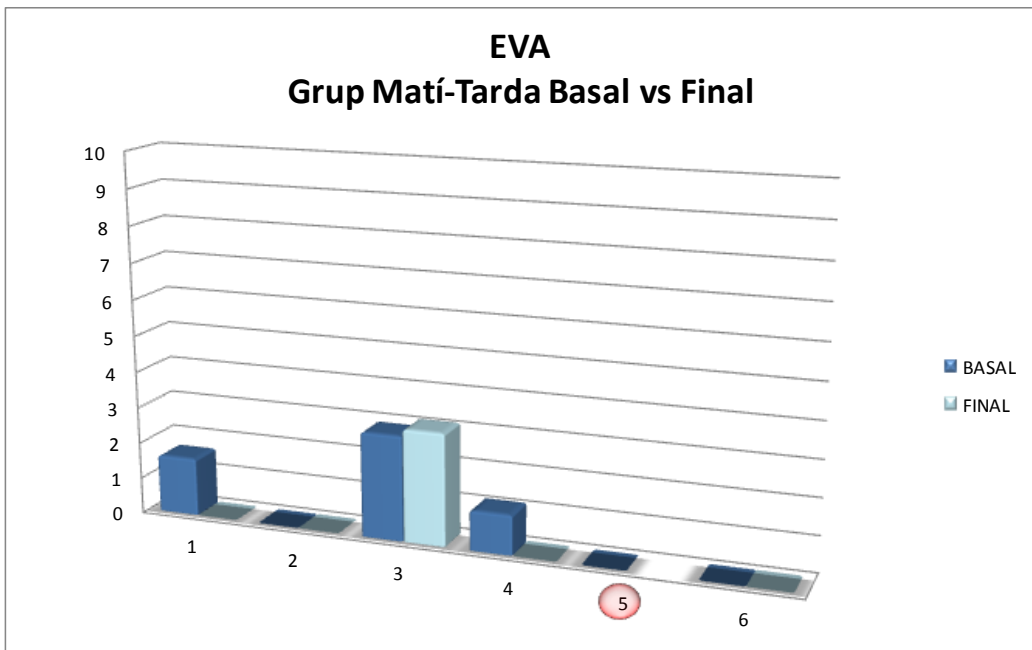


Figura 146. Valors individuals EVA (cm) del grup MT; basal vs final.

L'anàlisi ANCOVA de l'increment de dolor percebut amb covariables antropomètriques no mostra diferències estadísticament significatives en cap de les comparacions aparellades entre els grups C, T i MT (*Taula 69*).

Taula 69. ANCOVA de l'increment del dolor percebut (cm) amb covariables antropomètriques.

	Covariable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment EVA	Pes (kg)	0,180	0,819	0,170
	Alçada (cm)	0,153	0,771	0,143
	IMC (kg/m2)	0,177	0,777	0,169
	Envergadura (cm)	0,185	0,789	0,145
	Tronc (cm)	0,184	0,785	0,137
	ESd (cm)	0,177	0,789	0,138
	ESe (cm)	0,175	0,795	0,144
	Eld EIASd vs mal·lèol int d (cm)	0,175	0,785	0,142
	Ele EIASe vs mal·lèol int e (cm)	0,171	0,756	0,145
	Eld trocànter d vs mal·lèol ext d (cm)	0,173	0,785	0,138
	Ele trocànter e vs mal·lèol ext e (cm)	0,172	0,786	0,139

5.2.7. Electromiografia de superfície

Es distingeixen entres els registres d'EMGS els valors que fan referència a l'activació del múscul, a la fatiga i la duració del registre de resistència del Test de Sorensen. Així doncs s'exposen els resultats obtinguts en els tres subapartats corresponents.

5.2.7.1. Paràmetres d'activació de l'Electromiografia de Superfície (EMGS)

Es destaca la gran dispersió que s'ha trobat per a totes les mesures d'activació en la mesura basal o inicial per a tots els grups (*Taula 70*). Així per exemple, el cas

en el que es fa més palès és en el múscul multifid esquerre, que en el grup MT presenta un valor mínim de 28% i un màxim de 220,5% de CVIM. Aquesta gran variabilitat en els registres, juntament amb el fet d'estudiar una població diana molt petita, pot emascarar les diferències entre els grups. Tot i així, el test no paramètric *U de Mann-Whitney* ens indica amb un $p\text{-valor} \leq 0,05$ que en el gluti es poden observar diferències basals entre el grup C i el grup T pel costat dret, i entre el grups C tant respecte T com MT per l'esquerre (*Taula 71*).

Taula 70. Estadístics descriptius de les variables d'activació d'EMGS (%CVIM) en la mesura basal durant l'execució del test Sorensen.

<i>Mitjana del RMS normalitzada (% CVIM)</i>	<i>Grup</i>	<i>Mínim</i>	<i>Màxim</i>	<i>Mediana</i>	<i>Mitjana (SD)</i>
an^{EEd}	Control	20,36	57,60	30,43	35,20 (13,71)
	Tarda	22,35	62,73	54,06	47,55 (15,59)
	Matí i tarda	22,84	115,15	58,11	62,82 (35,82)
an^{EEd}	Control	22,77	57,28	40,43	38,36 (12,78)
	Tarda	21,08	82,64	64,91	54,36 (24,50)
	Matí i tarda	29,91	133,57	63,72	69,41 (37,87)
an^{Md}	Control	22,15	84,07	35,25	44,63 (25,26)
	Tarda	47,75	61,48	54,32	54,57 (7,01)
	Matí i tarda	13,98	173,63	57,93	70,29 (58,40)
an^{Me}	Control	17,48	86,30	39,50	43,99 (26,36)
	Tarda	44,49	78,02	65,06	62,65 (12,37)
	Matí i tarda	27,99	220,48	65,34	88,29 (73,42)
an^{GMD}	Control	6,51	39,35	11,65	15,92 (12,13)
	Tarda	25,79	75,42	38,55	46,31 (20,36)
	Matí i tarda	12,04	160,61	35,03	65,98 (63,34)
an^{GMe}	Control	8,24	18,31	10,25	11,50 (3,56)
	Tarda	15,02	107,69	25,59	38,87 (35,34)
	Matí i tarda	11,49	102,25	41,18	44,52 (31,96)
an^{STd}	Control	12,35	47,60	25,05	26,06 (12,94)
	Tarda	9,78	111,52	28,65	39,96 (36,29)
	Matí i tarda	8,50	68,97	52,70	47,53 (23,55)
an^{STe}	Control	15,16	75,89	25,86	35,38 (23,30)
	Tarda	12,63	147,01	15,87	37,64 (53,65)
	Matí i tarda	4,61	53,95	25,81	27,90 (18,01)

Taula 71. Comparació entre els grups d'intervenció de les variables d'activació de l'EMGS (%CVIM) en la mesura basal durant l'execució del test Sorensen.

Mitjana del RMS normalitzada (% CVIM)	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
an ^{EEd}	0,240	0,589	0,180
an ^{EEd}	0,240	0,485	0,180
an ^{Md}	0,394	1,000	0,589
an ^{Me}	0,240	1,000	0,180
an ^{GMd}	0,015	0,818	0,065
an ^{GMe}	0,009	0,699	0,009
an ^{STd}	0,699	0,394	0,132
an ^{STe}	0,180	0,485	0,818

Els valors ressaltats indiquen p -valors $\leq 0,05$ del test U de Mann-Whitney

La variabilitat destacada en els valors basals es manté al considerar la variable increment entre final i basal per a cadascun dels músculs ([Taula 72](#)). En aquest cas, no es troben diferències estadísticament significatives en l'increment, positiu o negatiu, per a cap de les variables segons els resultats del test *U de Mann-Whitney* ([Taula 73](#)). Però si que el càlcul de la mesura de l'efecte, δ -Cohen, ens permet veure algunes tendències. Així, de la [Taula 74](#) es desprèn que en la musculatura paravertebral (erectors espinals i multífids) i de forma bilateral s'estimen uns efectes entre grans i moderats al comparar el grup C amb el T, i grans al comparar el grup C amb el MT. En la musculatura glútia les estimacions són moderades o grans entre el grup control i els d'intervenció (T i MT), excepte pel gluti major dret entre els grups C i T, on l'estimació de l'efecte es petita. En el cas del múscul semitendinós, les estimacions són moderades entre el grup C i els grups T i MT però només pel costat esquerre, no així en el dret. Assenyalar també que entre els dos grups d'intervenció mitjançant estiraments, amb (MT) o sense tecnificació (T) l'estimació de l'efecte ha estat nul·la o petita per a tots els músculs.

Taula 72. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal de les variables d'activació de l'EMGS (%CVIM) durant el test de Sorensen.

Mitjana del RMS normalitzada (% CVIM)	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
Increment an ^{EEd}	Control	-12,01	42,73	4,34	9,85 (25,33)
	Tarda	-55,15	44,31	-7,35	-5,23 (35,32)
	Matí i tarda	-19,65	7,01	-11,41	-8,86 (12,55)
Increment an ^{EeE}	Control	-21,36	46,39	14,16	13,34 (30,27)
	Tarda	-43,29	48,09	-15,19	-4,26 (37,60)
	Matí i tarda	-39,51	2,60	-8,59	-13,52 (18,15)
Increment an ^{Md}	Control	-10,02	50,69	16,15	18,24 (26,19)
	Tarda	-78,44	40,50	-8,08	-15,38 (45,72)
	Matí i tarda	-29,43	5,30	-19,15	-15,61 (16,31)
Increment an ^{Me}	Control	-32,66	49,43	11,87	10,13 (34,59)
	Tarda	-121,01	52,63	-21,64	-23,76 (66,78)
	Matí i tarda	-29,66	7,32	-14,02	-12,59 (19,58)
Increment an ^{GMd}	Control	-59,79	28,03	-21,51	-18,70 (45,41)
	Tarda	-121,26	52,87	13,53	-6,30 (60,28)
	Matí i tarda	-12,54	25,47	0,10	3,28 (16,72)
Increment an ^{GMe}	Control	-24,58	101,76	6,30	22,45 (54,85)
	Tarda	-85,73	36,48	-10,19	-15,49 (51,71)
	Matí i tarda	-24,47	2,24	0,20	-5,46 (12,77)
Increment an ^{STd}	Control	-83,77	57,22	-0,34	-6,81 (58,04)
	Tarda	-54,24	48,67	-11,77	-4,22 (39,50)
	Matí i tarda	-20,12	32,04	1,22	3,59 (26,76)
Increment an ^{STe}	Control	-134,64	27,13	2,50	-25,63 (73,67)
	Tarda	-29,12	54,45	-8,11	-1,36 (31,01)
	Matí i tarda	-2,71	19,93	8,51	8,56 (9,59)

Taula 73. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal de les variables d'activació de l'EMGS (%CVIM) durant el test Sorensen.

Mitjana del RMS normalitzada (% CVIM)	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment an ^{EEd}	0,610	0,914	0,343
Increment an ^{EeE}	0,476	0,914	0,343
Increment an ^{Md}	0,352	0,762	0,057
Increment an ^{Me}	0,476	0,762	0,486
Increment an ^{GMd}	0,762	0,914	0,886
Increment an ^{GMe}	0,610	1,000	0,343
Increment an ^{STd}	0,762	1,000	1,000
Increment an ^{STe}	1,000	0,352	0,886

Els valors ressaltats indiquen p-valors $\leq 0,05$ del test U de Mann-Whitney

Taula 74. δ -Cohen de l'increment de les variables d'activació de l'EMGS (%CVIM) durant el test Sorensen.

Mitjana del RMS normalitzada (% CVIM)	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment an ^{EEd}	0,53 MODERAT	0,14 NO	1,08 GRAN
Increment an ^{EEe}	0,56 MODERAT	0,33 PETIT	1,24 GRAN
Increment an ^{Md}	0,95 GRAN	0,01 NO	1,79 GRAN
Increment an ^{Me}	0,67 MODERAT	-0,23 PETIT	0,93 GRAN
Increment an ^{GMd}	-0,25 PETIT	-0,22 PETIT	-0,74 MODERAT
Increment an ^{GMe}	0,80 GRAN	-0,27 PETIT	0,81 GRAN
Increment an ^{STd}	-0,06 NO	-0,25 PETIT	-0,27 PETIT
Increment an ^{STe}	-0,53 MODERAT	-0,44 PETIT	-0,75 MODERAT

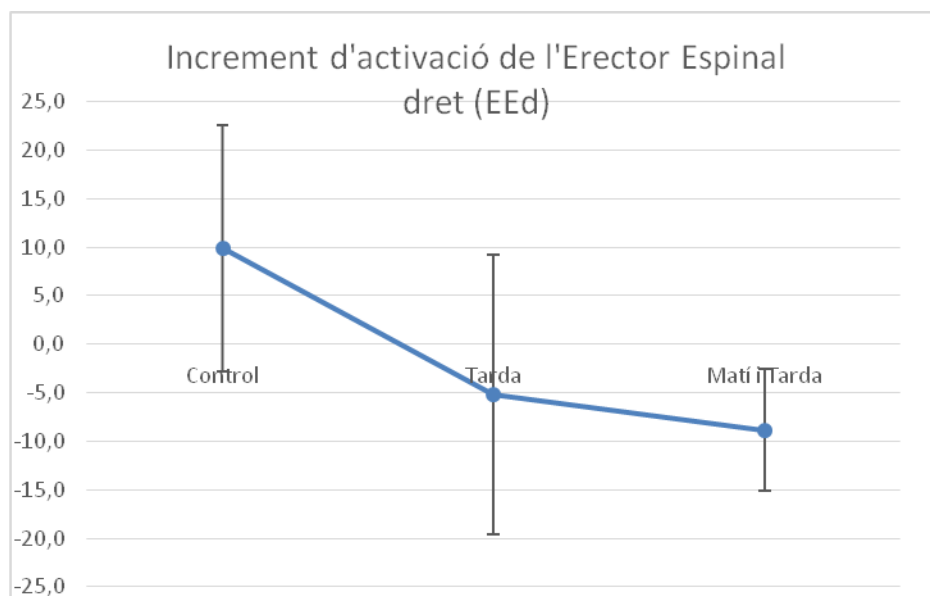


Figura 147. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment d'activació del múscul Erector Espinal dret segons grup d'estudi (%CVIM).

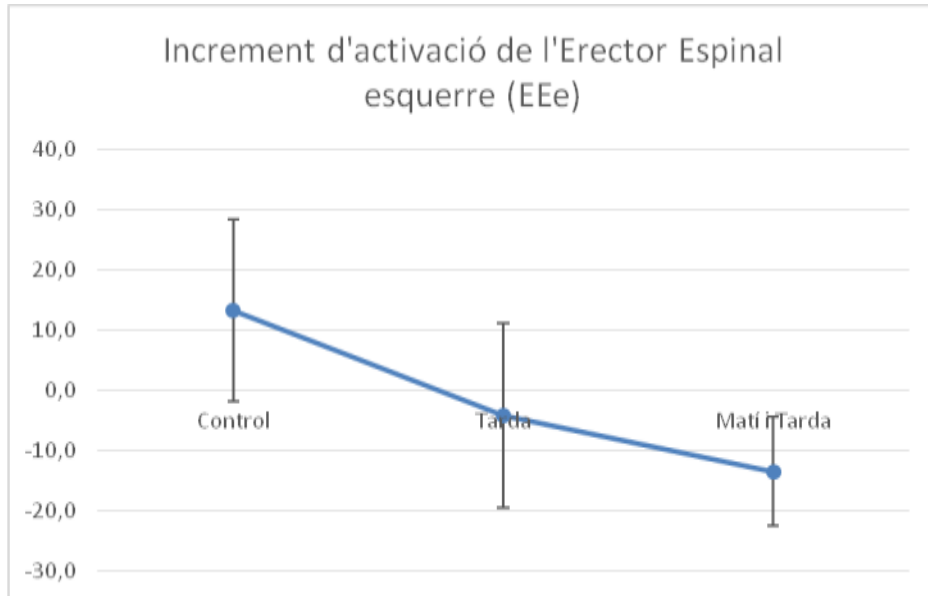


Figura 148. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment d'activació del múscul Erector Espinal esquerre segons grup d'estudi (%CVIM).

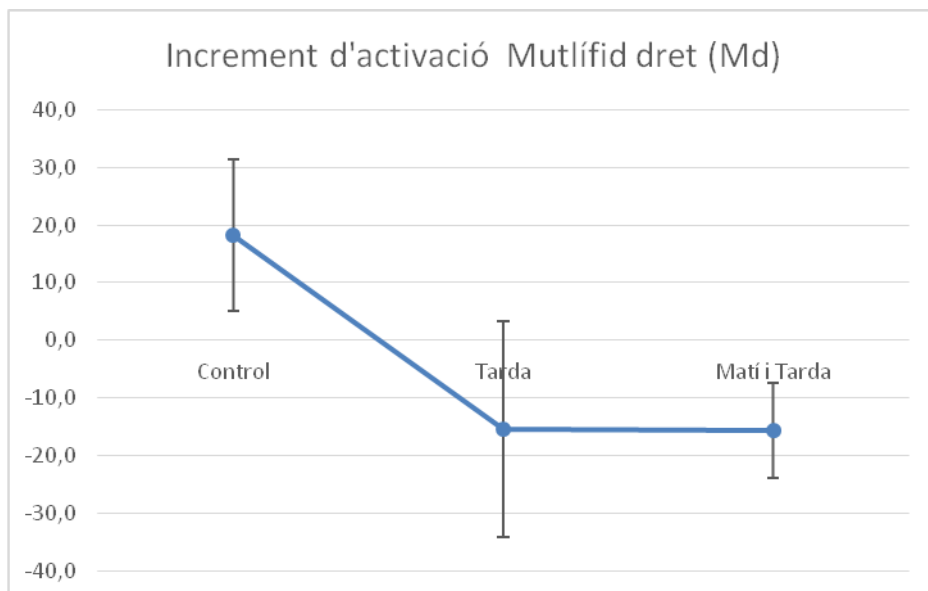


Figura 149. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment d'activació del múscul Mutlífid dret segons grup d'estudi (%CVIM).

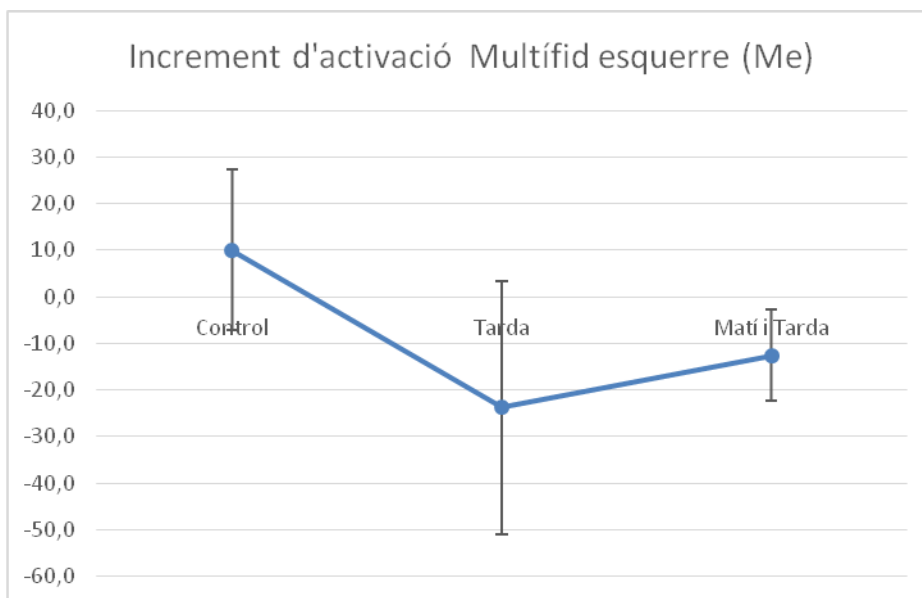


Figura 150. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment d'activació del múscul Multifid esquerre segons grup d'estudi (%CVIM).

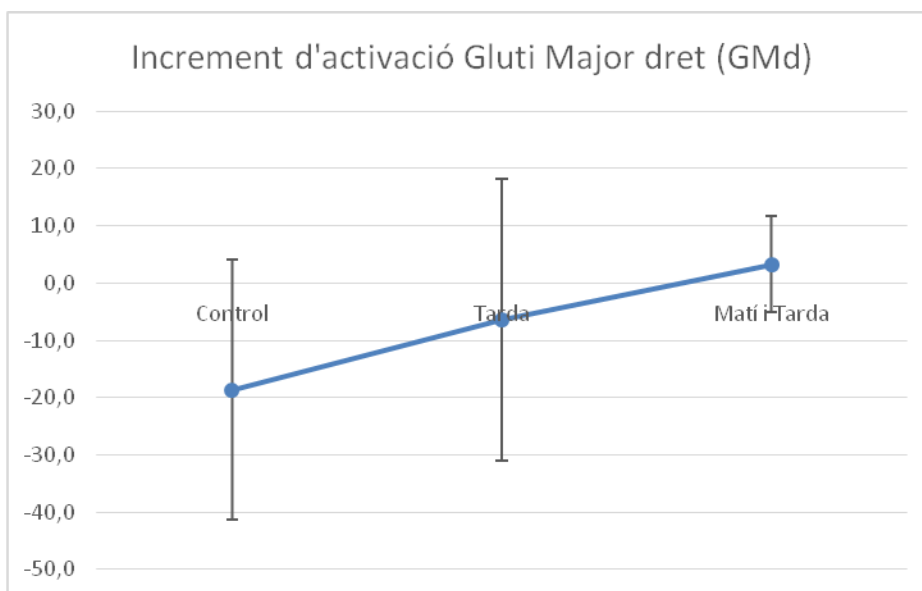


Figura 151. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment d'activació del múscul Gluti Major dret segons grup d'estudi (%CVIM).

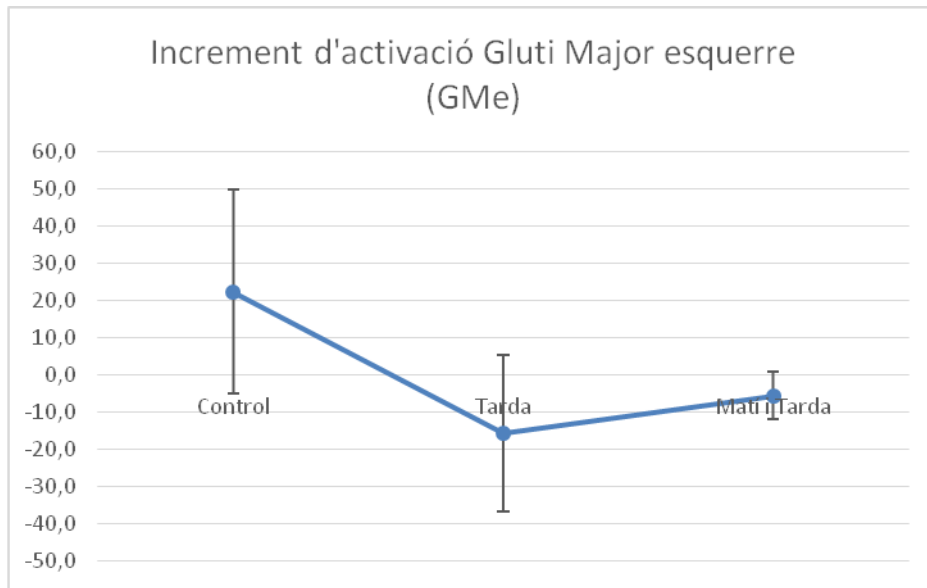


Figura 152. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment d'activació del múscul Gluti Major esquerre segons grup d'estudi (%CVIM).

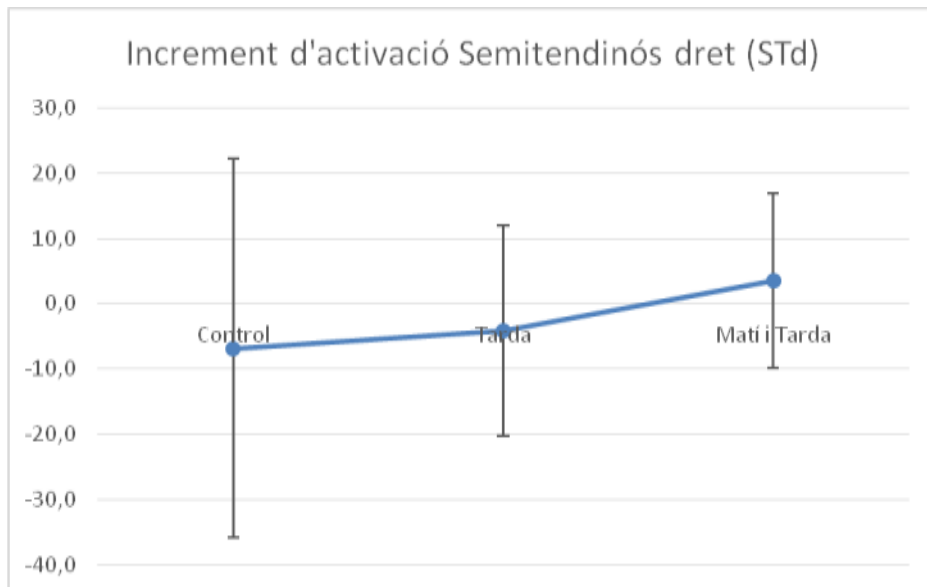


Figura 153. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment d'activació del múscul Semitendinos dret segons grup d'estudi (%CVIM).

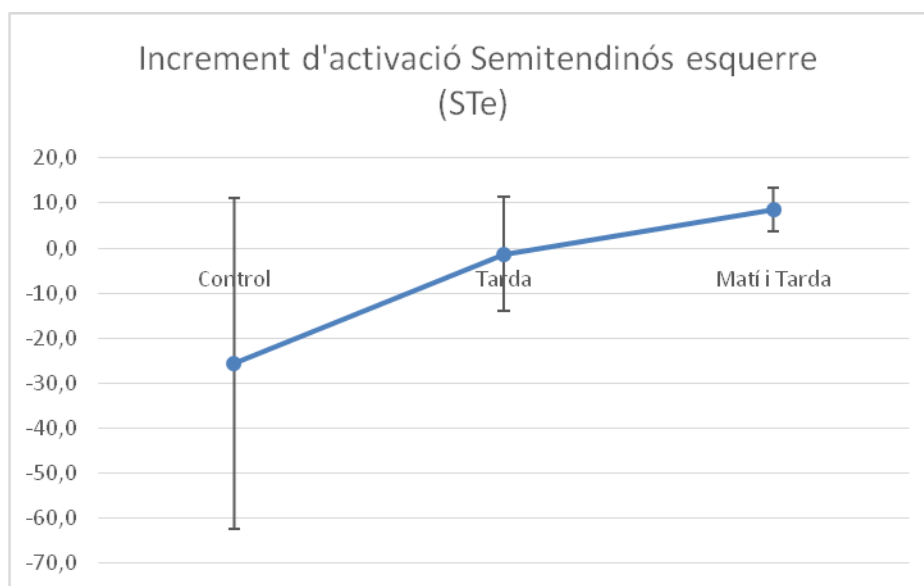


Figura 154. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment d'activació del múscul Semitendinosus esquerre segons grup d'estudi (%CVIM).

De les gràfiques dels valors individuals es fa esment a certes tendències remarcables. Així per exemple, en el grup C, l'erector espinal dret de tots els individus augmenta de valor entre el registre basal i el final, mentre que en el grup MT disminueix (*Figura 155* i *Figura 157* respectivament). La mateixa tendència esdevé pel mateix múscul però en la lateralitat esquerra (*Figura 158* i *Figura 160* respectivament); en aquest cas pel grup T també s'observa que en tots els individus a excepció d'un disminueix (*Figura 159*). Així mateix, aquest patró, entre els grups C i MT, es repeteix per el múscul multifids dret (*Figura 161* i *Figura 163*), i s'intueix en l'esquerre, però no d'una manera uniforme entre tots els individus. En el cas del gluti major dret dels individus del grup C, en tots els casos l'activació final és superior a la basal (*Figura 167*), mentre que en els individus dels grups T i MT no es dibuixa aquesta uniformitat en la tendència (*Figura 168* i *Figura 169*). El mateix passa amb el gluti major esquerre (*Figura 170*, *Figura 171* i *Figura 172*). Els valors de l'increment de l'activació del múscul semitendinosus dret, tenen una tendència a augmentar en el cas del grup C (*Figura 173*), i a disminuir en el grup MT (*Figura 175*). En el cas del ST esquerre, no s'intueix cap tendència per a cap dels tres grups (*Figura 176*, *Figura 177* i *Figura 178*).

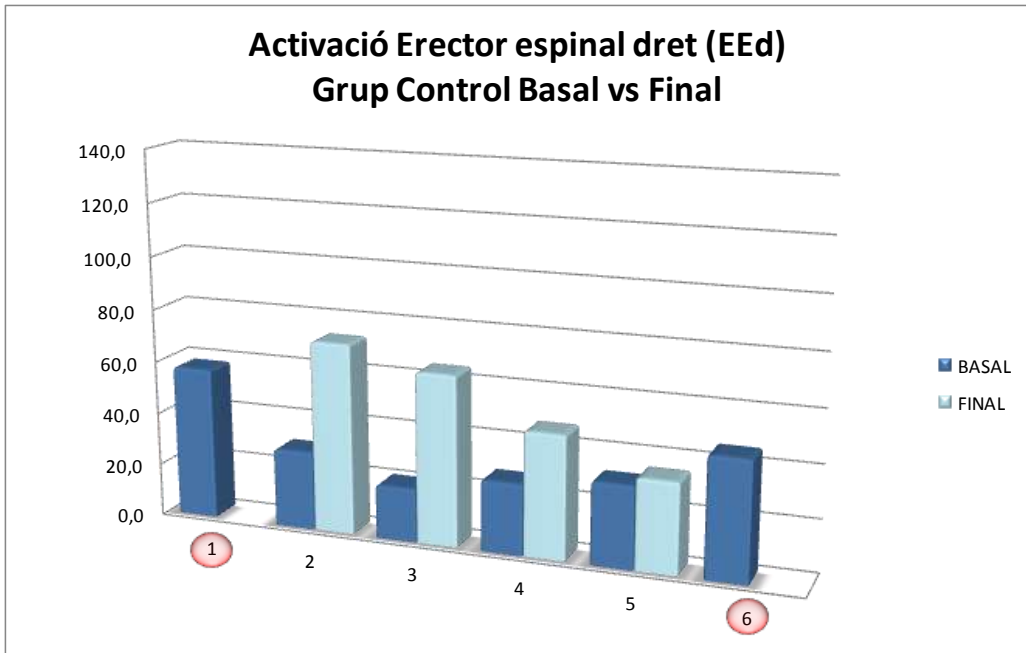


Figura 155. Valors individuals EEd del grup C; basal vs final (%CVIM).

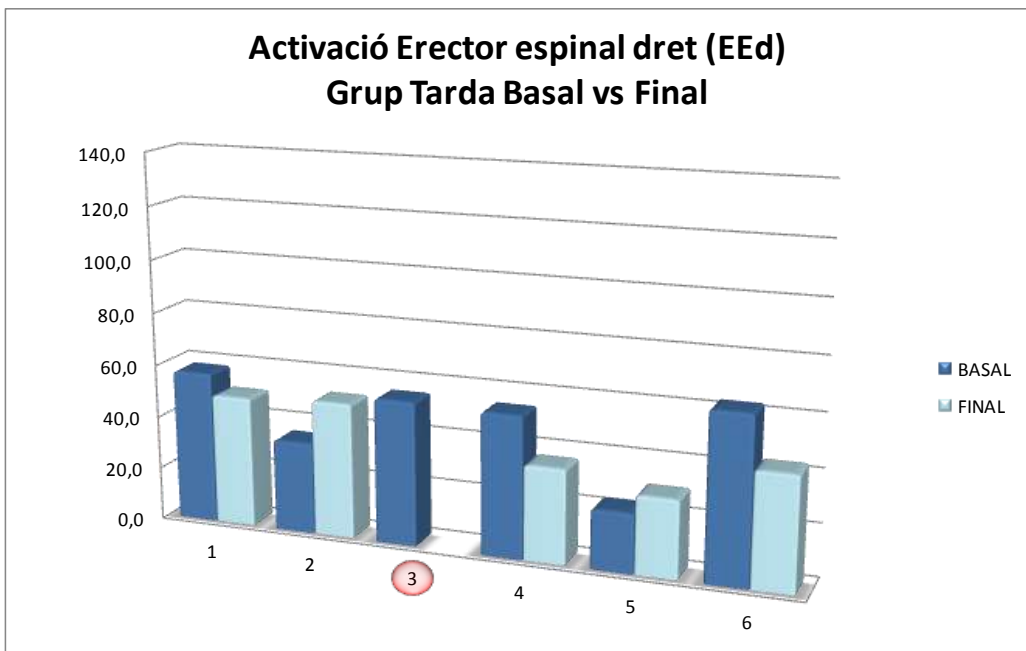


Figura 156. Valors individuals EEd del grup T; basal vs final (%CVIM).

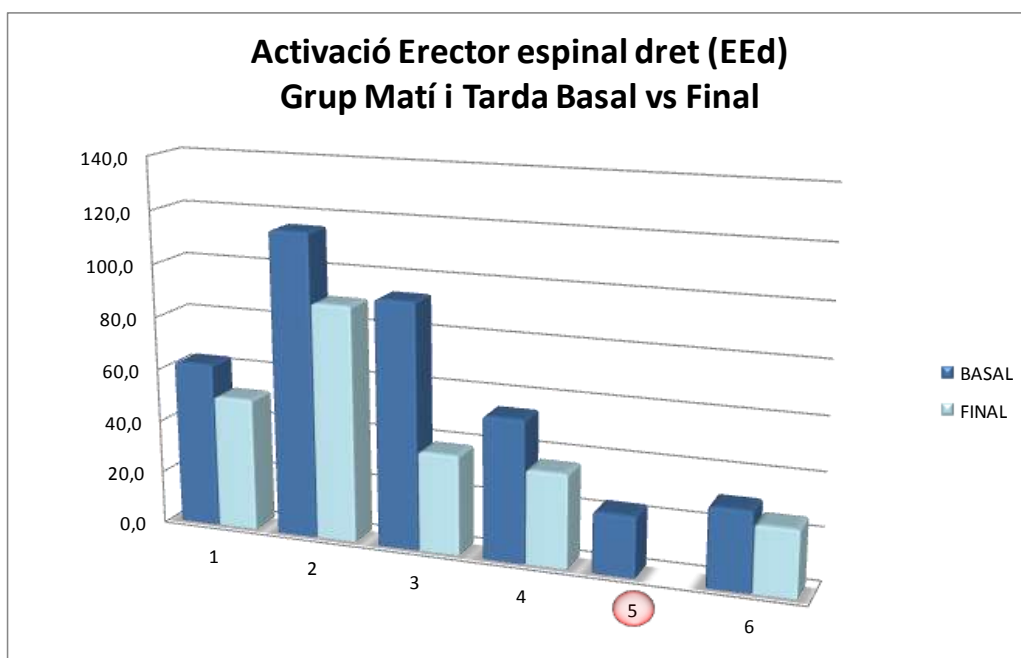


Figura 157. Valors individuals EEd del grup MT; basal vs final (%CVIM).



Figura 158. Valors individuals EEe del grup C; basal vs final (%CVIM).



Figura 159. Valors individuals EEe del grup T; basal vs final (%CVIM).



Figura 160. Valors individuals EEe del grup MT; basal vs final (%CVIM).

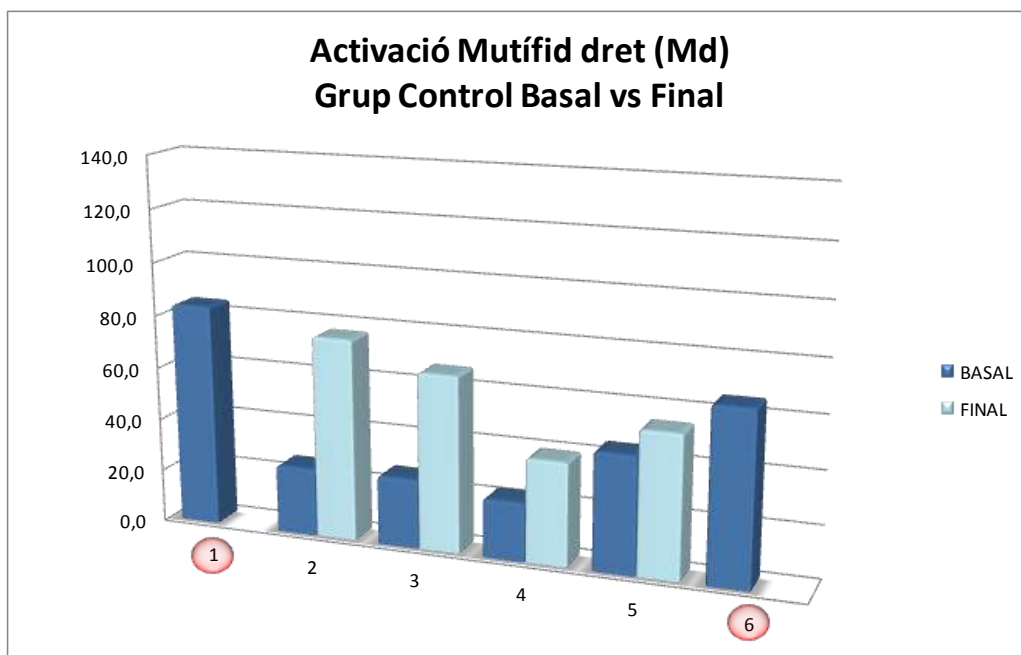


Figura 161. Valors individuals Md del grup C; basal vs final (%CVIM).

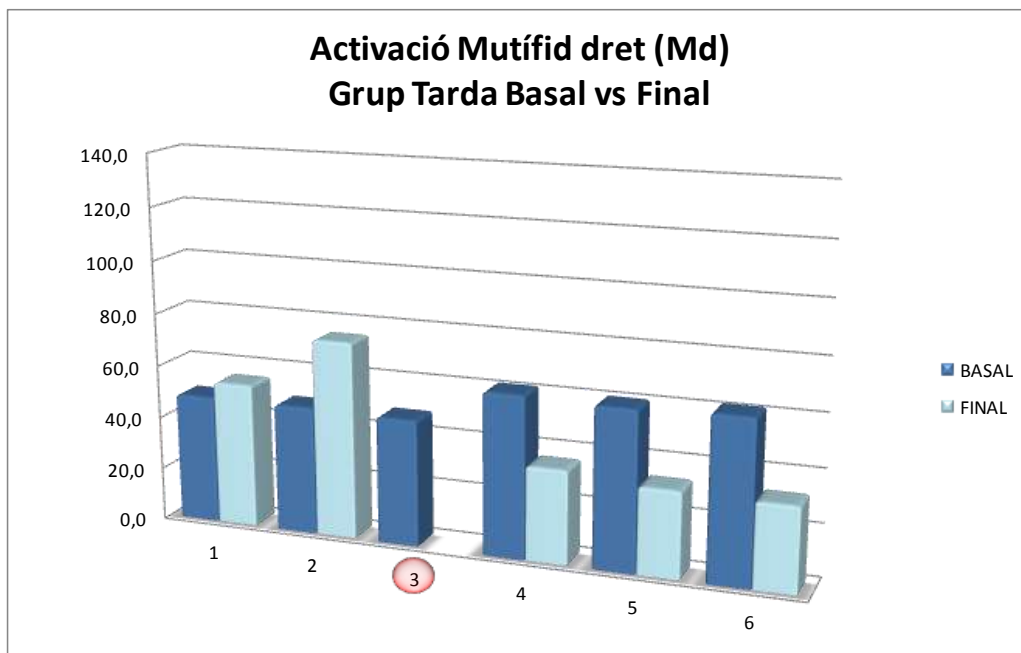


Figura 162. Valors individuals Md del grup T; basal vs final (%CVIM).

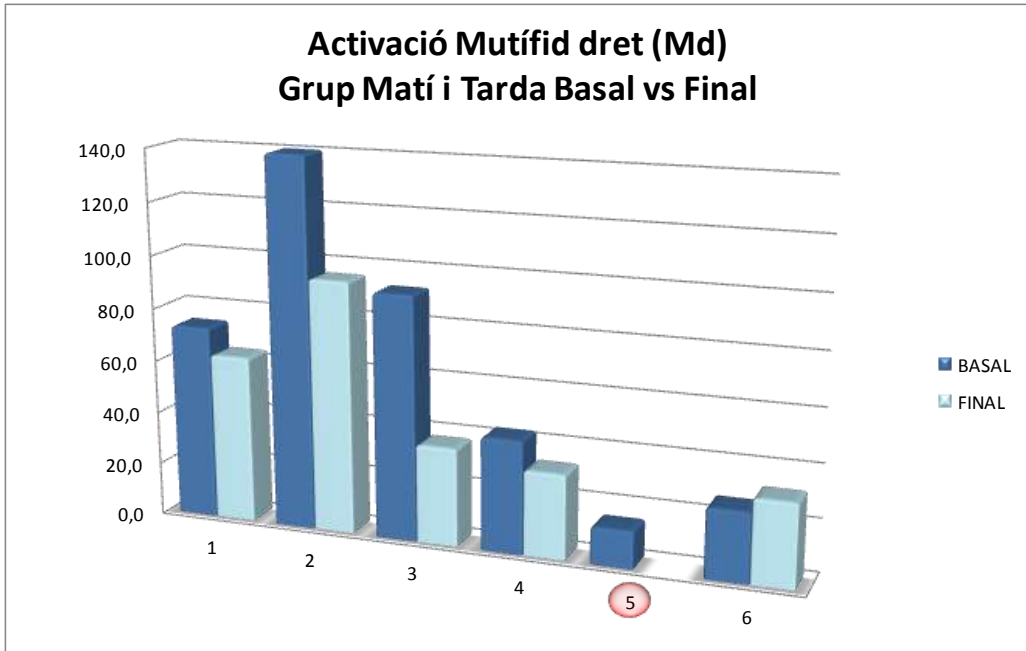


Figura 163. Valors individuals Md del grup MT; basal vs final (%CVIM).



Figura 164. Valors individuals Me del grup C; basal vs final (%CVIM).

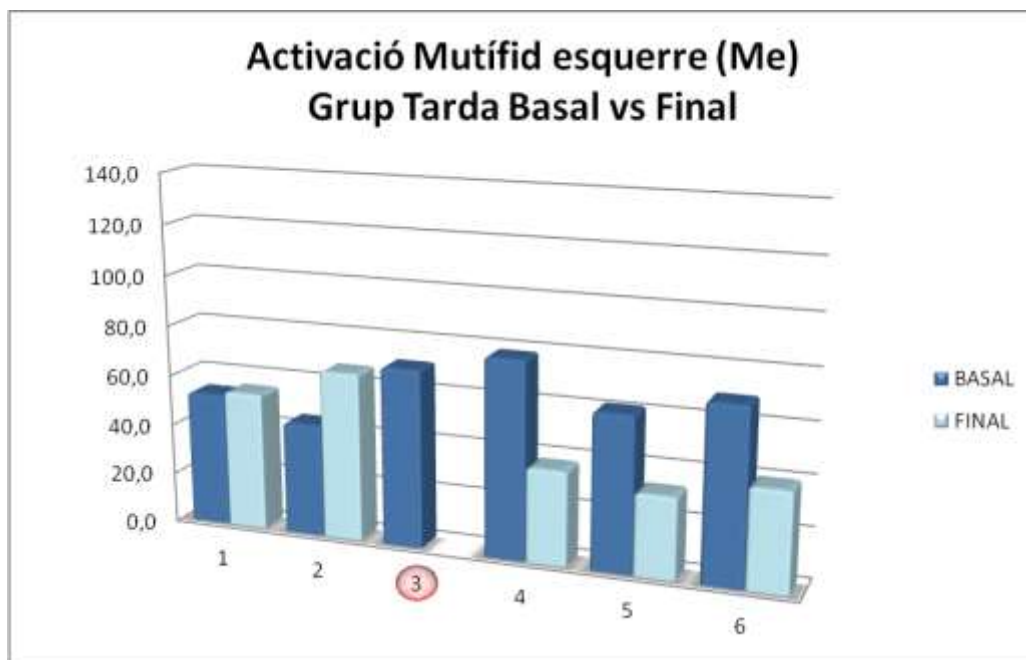


Figura 165. Valors individuals Me del grup T; basal vs final (%CVIM).



Figura 166. Valors individuals Me del grup MT; basal vs final (%CVIM).

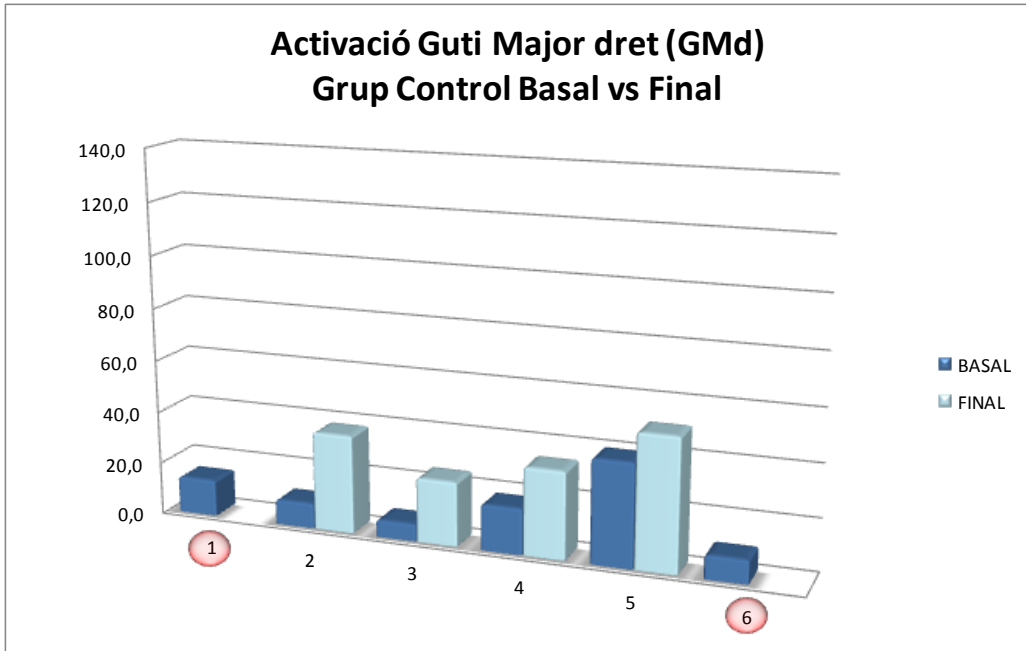


Figura 167. Valors individuals GMd del grup C; basal vs final (%CVIM).

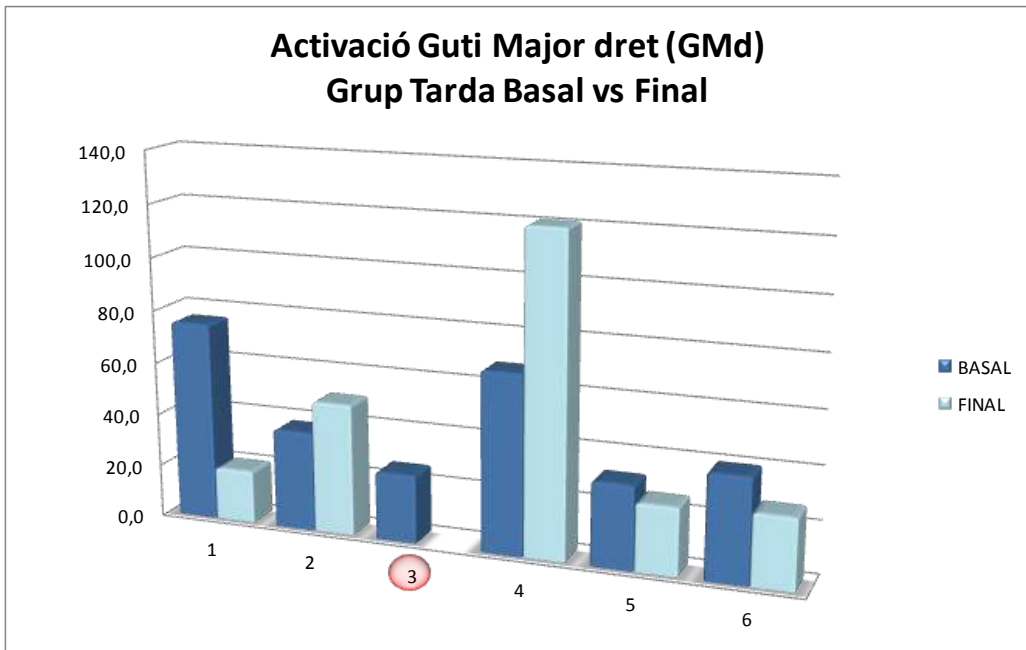


Figura 168. Valors individuals GMd del grup T ; basal vs final (%CVIM).

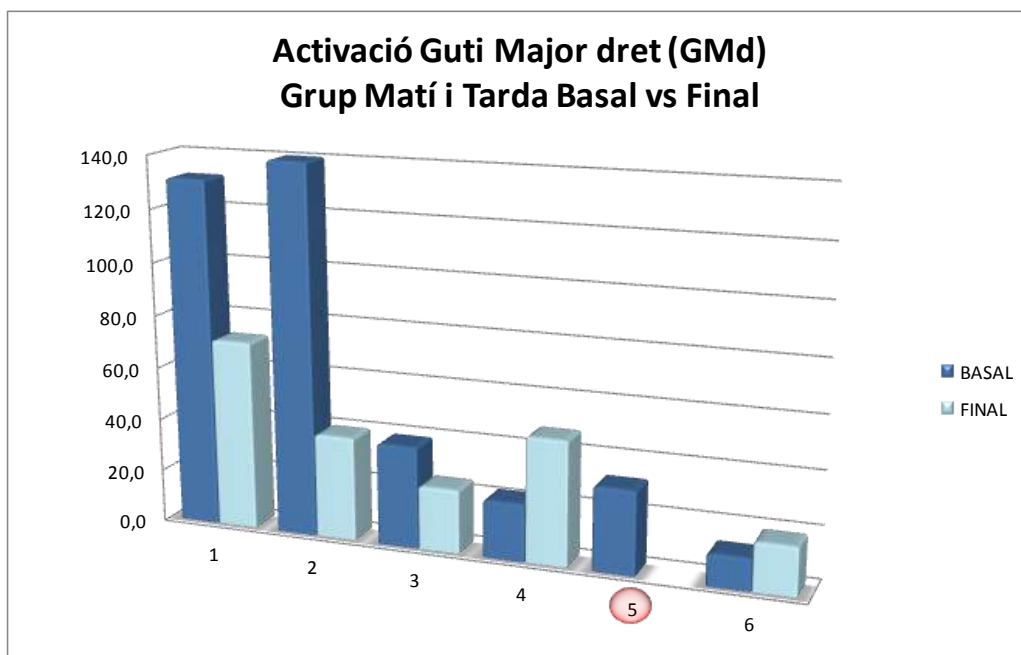


Figura 169. Valors individuals GMd del grup MT; basal vs final (%CVIM).

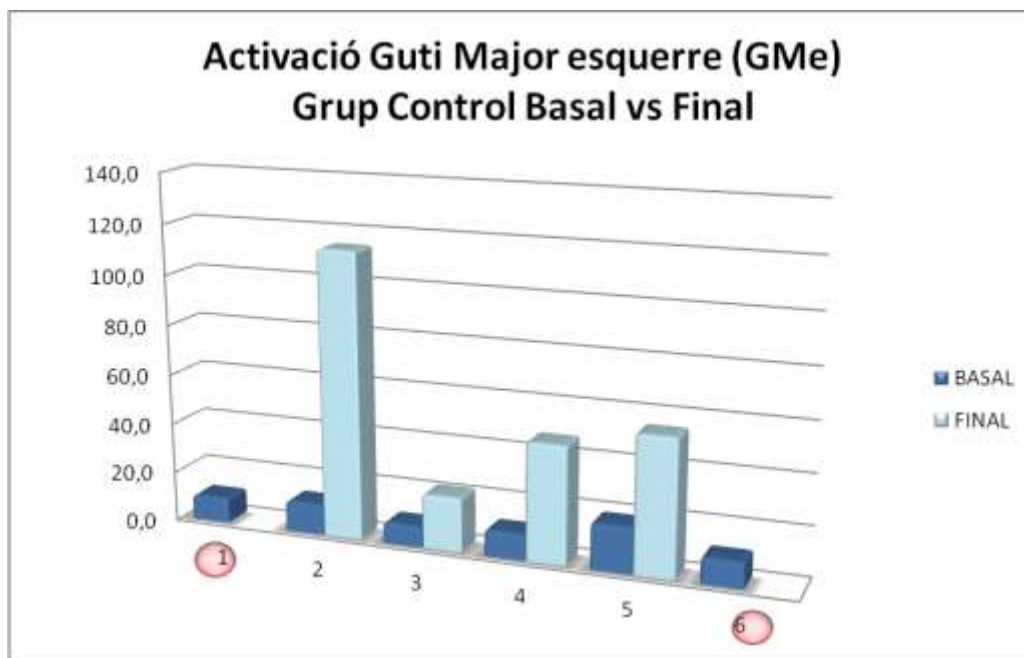


Figura 170. Valors individuals GMe del grup C; basal vs final (%CVIM).

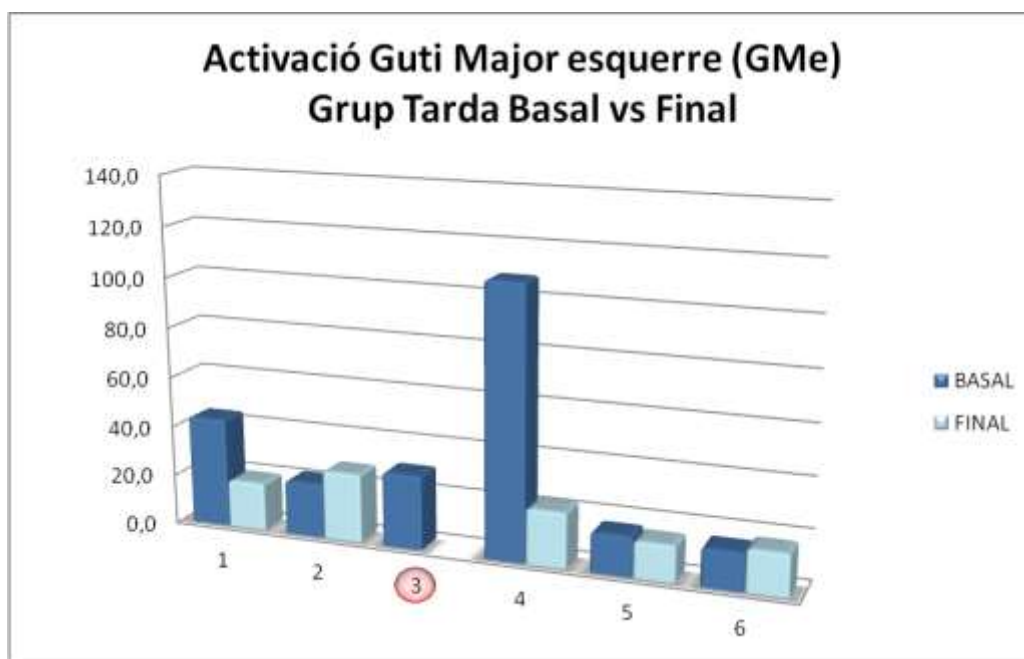


Figura 171. Valors individuals GMe del grup T; basal vs final (%CVIM).

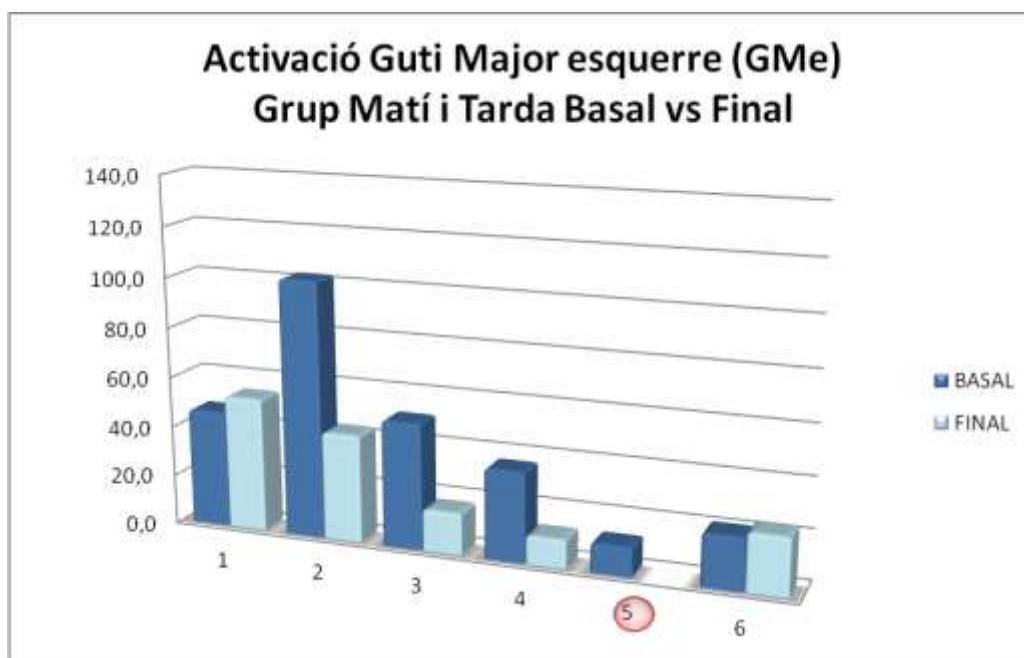


Figura 172. Valors individuals GMe del grup MT; basal vs final (%CVIM).

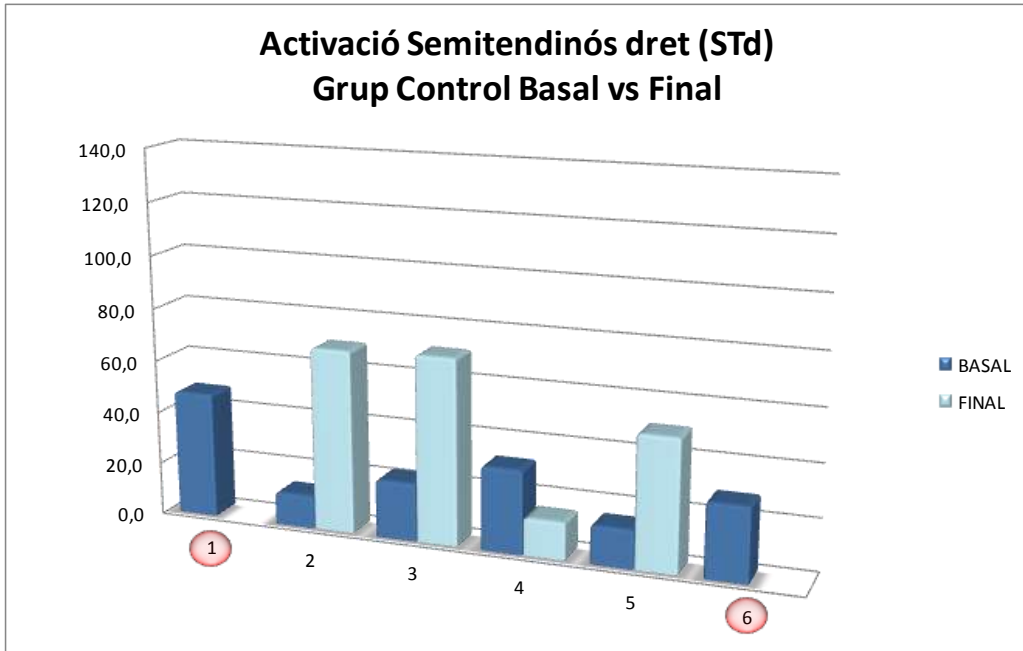


Figura 173. Valors individuals STd del grup C; basal vs final (%CVIM).

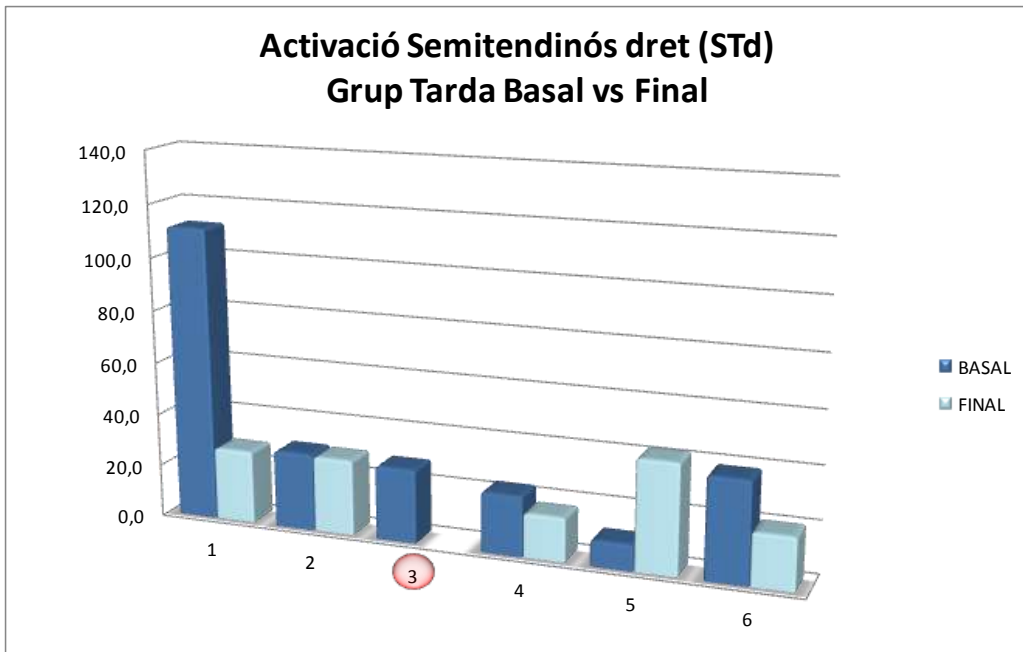


Figura 174. Valors individuals STd del grup T; basal vs final (%CVIM).

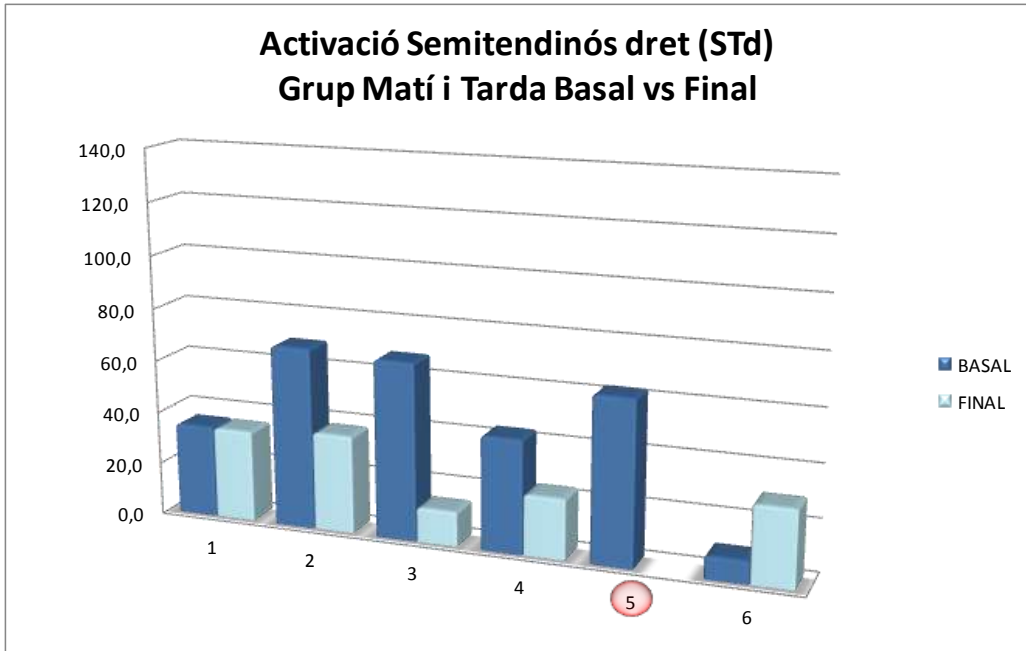


Figura 175. Valors individuals STd del grup MT; basal vs final (%CVIM).



Figura 176. Valors individuals STe del grup C; basal vs final (%CVIM).



Figura 177. Valors individuals STe del grup T; basal vs final (%CVIM).

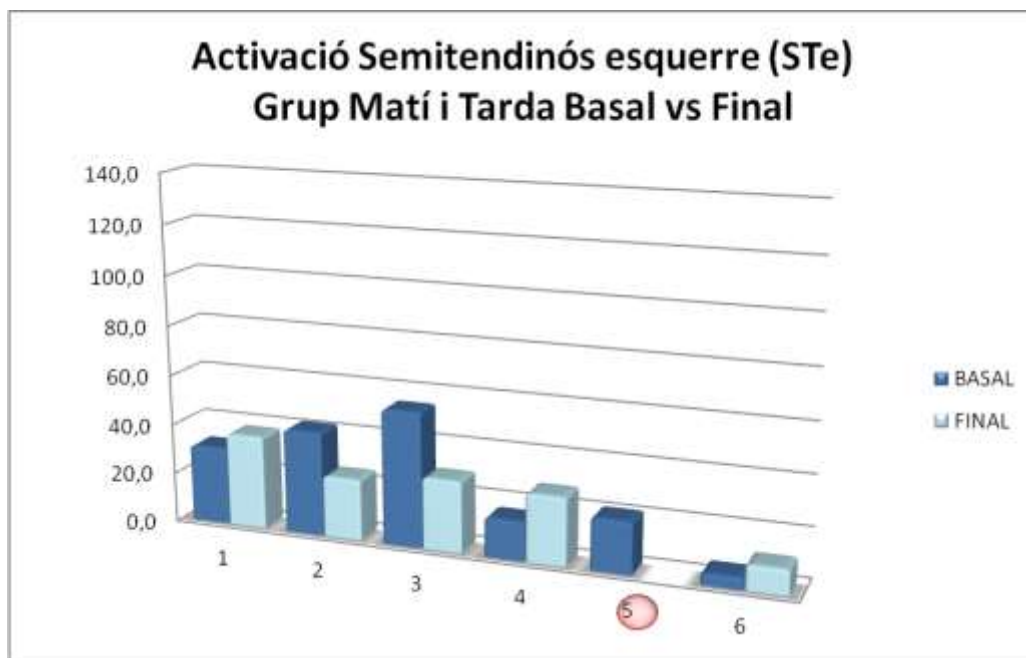


Figura 178. Valors individuals STe del grup MT; basal vs final (%CVIM).

5.2.7.2. Paràmetres de fatiga de l'Electromiografia de Superfície (EMGS)

De l'anàlisi de la fatiga muscular mitjançant el pendent normalitzat respecte a la freqüència inicial de la recta de regressió de la freqüència mediana dels 8 músculs, podem observar que tots els músculs es fatiguen durant l'execució del Test de Sorensen (valors negatius del pendent) a l'inici, tot i que com es mostra a [Taula 76](#), no trobant-se diferències estadísticament significatives (p -valor $>0,05$ del *test U de Mann-Whitney*) entre grups en el pendent normalitzat basal. A més, a nivell descriptiu, la musculatura paravertebral i posterior de les cames presenta valors inferiors de la mitjana en el grup C i superiors en el grup MT, a excepció del gluti major dret, si bé també s'observa que la dispersió no és menyspreable ([Taula 75](#)). El comportament muscular en el grup T és menys consistent.

En el cas de la variable increment entre final i basal per a cadascun dels registres de fatiga dels músculs (de la [Figura 179](#) a la [Figura 186](#) i [Taula 78](#)), no es troben diferències estadísticament significatives entre els grups per cap múscul estudiat. Malgrat això, i com s'observa a la [Taula 77](#) que mostra els estadístics descriptius d'aquest increment, positiu o negatiu, el grup control (C) és el que presenta menys millores en la fatiga. Així, en relació a la musculatura paravertebral, els músculs erectors espinals en els grups d'intervenció (T i MT) disminueixen la fatiga post-intervenció, i en major grau que els del grup C; mentre que en aquests individus els erectors espinals dret i esquerre i el multifíds esquerre es fatiguen més al final, i el multifíds dret tot i que es fatiga menys al final ho fa en menor mesura que en els grups intervenció. En relació a la musculatura que controla pelvis i maluc, la tendència es repeteix, observant-se reduccions de la fatiga menors en el grup control que en els grups intervenció, excepte en el gluti major dret, on la fatiga disminueix en tots els grups però la millora es menor en el grup T. A més, analitzant les medianes de l'increment, en el grup control el gluti major esquerre i el semitendinós dret es fatiguen més en el registre final. En l'estimació de la mesura de l'efecte δ -Cohen ([Taula 79](#)) per a cadascuna de les comparacions dos a dos i per a cadascun dels músculs estudiats, s'observa un efecte moderat o gran en l'increment positiu o negatiu de fatiga entre els grups C i T, grups que es diferencien

tant en el programa de tecnificació com en el d'estiraments. En comparar els grups C i MT, assenyalar que la mesura de l'efecte només és gran pels músculs semitendinosos, quan la diferència entre aquests grups és precisament el programa d'estiraments; sent en conjunt per a la resta de músculs petita o nul·la. Entre els grups d'intervenció (T i MT) que es diferencien en el programa de tecnificació, l'estimació de l'efecte és gran pels músculs glutis majors i multífids esquerre, i de petita a moderada observant la resta de músculs en conjunt.

Taula 75. Estadístics descriptius de les variables de fatiga de l'EMGS en la mesura basal (% FM inicial).

Pendent normalitzat de FM (% FMinicial)	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
fn^{EEd}	Control	-26,50	-3,90	-14,30	-14,35 (7,63)
	Tarda	-24,50	-8,90	-12,25	-14,53 (5,97)
	Matí i Tarda	-23,10	-6,10	-18,70	-17,03 (5,99)
fn^{EEd}	Control	-22,20	-9,70	-17,10	-15,82 (4,71)
	Tarda	-31,20	-8,50	-14,05	-16,35 (8,29)
	Matí i Tarda	-23,10	-14,60	-20,00	-19,00 (3,20)
fn^{Md}	Control	-28,70	-14,20	-20,55	-20,62 (5,30)
	Tarda	-34,00	-15,50	-21,25	-22,55 (6,30)
	Matí i Tarda	-30,40	-16,50	-22,70	-22,38 (5,05)
fn^{Me}	Control	-29,70	-16,60	-20,65	-21,27 (4,83)
	Tarda	-32,80	-18,40	-22,70	-24,20 (5,26)
	Matí i Tarda	-30,90	-20,70	-24,00	-25,37 (3,94)
fn^{GMd}	Control	-27,90	-8,00	-14,45	-16,80 (7,54)
	Tarda	-25,00	-6,70	-10,65	-12,27 (6,61)
	Matí i Tarda	-20,70	-7,10	-12,40	-12,63 (5,13)
fn^{GMe}	Control	-23,50	-5,80	-9,65	-11,73 (6,50)
	Tarda	-33,00	-8,10	-12,70	-15,75 (9,16)
	Matí i Tarda	-19,60	-8,90	-11,60	-12,53 (4,01)
fn^{STd}	Control	-23,30	-10,30	-13,90	-15,28 (4,80)
	Tarda	-21,00	-8,00	-11,10	-13,23 (5,68)
	Matí i Tarda	-19,40	-9,80	-17,90	-16,57 (3,70)
fn^{STe}	Control	-21,20	-11,50	-16,75	-16,22 (3,51)
	Tarda	-18,80	-4,90	-13,90	-12,15 (5,73)
	Matí i Tarda	-19,80	-3,90	-16,95	-15,12 (6,10)

Taula 76. Comparació entre els grups d'intervenció de les variables de fatiga de l'EMGS en la mesura basal (% FM inicial).

Pendent normalitzat de FM (% FMinicial)	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
fn^{EE_d}	1,000	0,485	0,394
fn^{EE_e}	0,818	0,240	0,310
fn^{M_d}	0,699	0,937	0,485
fn^{M_e}	0,310	0,699	0,093
fn^{GM_d}	0,180	0,699	0,310
fn^{GM_e}	0,394	0,699	0,699
fn^{ST_d}	0,394	0,589	0,485
fn^{ST_e}	0,310	0,310	0,937

Els valors ressaltats indiquen p -valors $\leq 0,05$ del test U de Mann-Whitney

Taula 77. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal de les variables de fatiga de l'EMGS (% FM inicial).

Pendent normalitzat de FM (% FMinicial)	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
Increment fn^{EE_d}	Control	-7,70	12,80	-3,40	-0,06 (8,82)
	Tarda	-0,80	11,60	2,00	3,52 (4,49)
	Matí i Tarda	-11,20	20,60	3,15	3,82 (10,83)
Increment fn^{EE_e}	Control	-9,70	2,00	-0,70	-2,86 (4,81)
	Tarda	-2,10	8,50	1,60	2,67 (4,26)
	Matí i Tarda	-8,40	8,50	0,20	-0,22 (6,92)
Increment fn^{M_d}	Control	-4,90	9,00	0,20	1,00 (5,01)
	Tarda	-0,20	15,50	4,80	5,42 (5,82)
	Matí i Tarda	-6,10	6,70	1,65	1,60 (4,60)
Increment fn^{M_e}	Control	-4,00	8,60	-2,50	-0,10 (5,94)
	Tarda	0,00	10,10	5,60	5,44 (4,08)
	Matí i Tarda	-12,40	8,10	1,10	0,52 (7,87)
Increment fn^{GM_d}	Control	-3,80	12,30	6,05	5,15 (8,01)
	Tarda	-4,60	6,70	3,00	1,30 (4,56)
	Matí i Tarda	-2,80	19,50	7,20	7,10 (8,62)
Increment fn^{GM_e}	Control	-12,30	6,20	-2,70	-2,88 (7,64)
	Tarda	1,10	17,40	6,10	6,78 (6,31)
	Matí i Tarda	-9,60	4,50	1,20	-0,42 (5,71)
Increment fn^{ST_d}	Control	-6,90	12,00	-0,90	0,83 (8,25)
	Tarda	1,00	10,30	4,90	5,32 (4,09)
	Matí i Tarda	3,40	10,50	6,80	6,90 (2,55)
Increment fn^{ST_e}	Control	-9,10	9,80	2,30	1,33 (8,42)
	Tarda	-2,10	10,70	6,80	4,48 (5,33)
	Matí i Tarda	1,60	14,80	6,40	8,08 (5,11)

Taula 78. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal de les variables de fatiga de l'EMGS (% FM inicial).

Pendent normalitzat de FM (% FMinicial)	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment fn ^{EE_d}	0,429	0,937	0,537
Increment fn ^{EE_e}	0,126	0,699	0,429
Increment fn ^{M_d}	0,429	0,485	0,662
Increment fn ^{Me}	0,190	0,310	0,730
Increment fn ^{GM_d}	0,556	0,310	0,905
Increment fn ^{GM_e}	0,111	0,151	0,730
Increment fn ^{ST_d}	0,413	0,548	0,286
Increment fn ^{ST_e}	0,556	0,548	0,190

Els valors ressaltats indiquen p-valors ≤ 0,05 del test U de Mann-Whitney

Taula 79. δ-Cohen de l'increment de les variables de fatiga de l'EMGS (% FM inicial).

Pendent normalitzat de FM (% FMinicial)	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment fn ^{EE_d}	-0,62 MODERAT	-0,45 PETIT	-0,04 NO
Increment fn ^{EE_e}	-1,38 GRAN	-0,52 MODERAT	0,60 MODERAT
Increment fn ^{M_d}	-0,89 GRAN	-0,13 NO	0,79 MODERAT
Increment fn ^{Me}	-1,27 GRAN	-0,10 NO	0,95 GRAN
Increment fn ^{GM_d}	0,71 MODERAT	-0,27 PETIT	-1,01 GRAN
Increment fn ^{GM_e}	-1,58 GRAN	-0,42 PETIT	1,32 GRAN
Increment fn ^{ST_d}	-0,84 GRAN	-1,15 GRAN	-0,49 PETIT
Increment fn ^{ST_e}	-0,53 MODERAT	-1,12 GRAN	-0,77 MODERAT

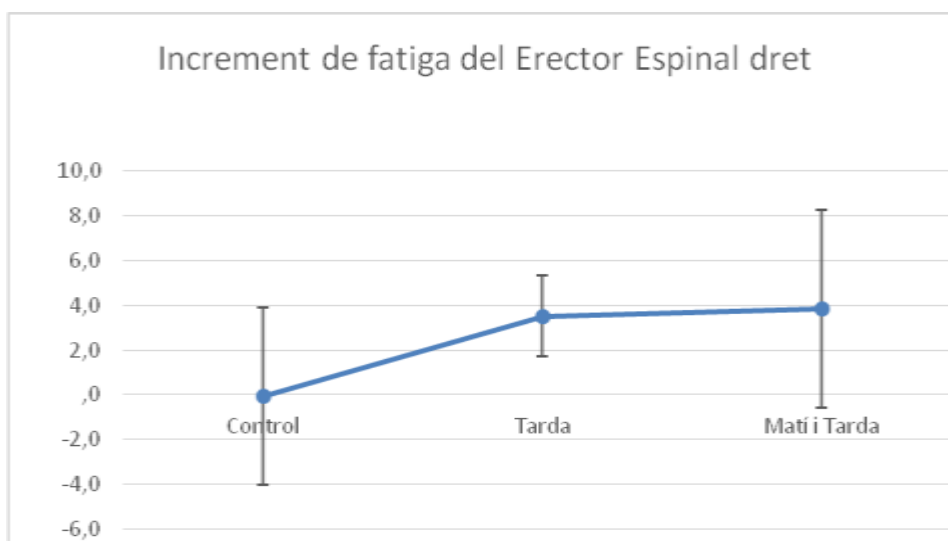


Figura 179. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de fatiga del múscul Erector Espinal dret segons grup d'estudi (% FM inicial).

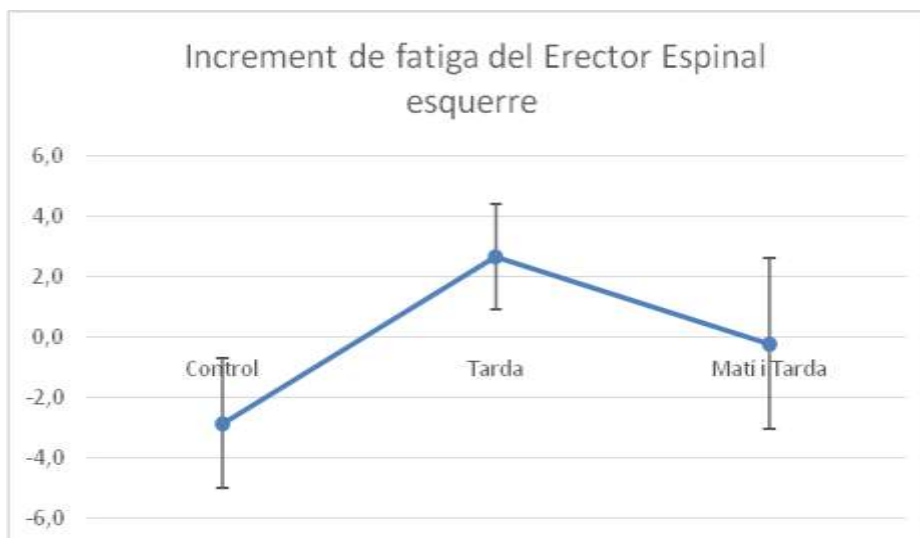


Figura 180. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de fatiga del múscul Erector Espinal esquerre segons grup d'estudi (% FM inicial).

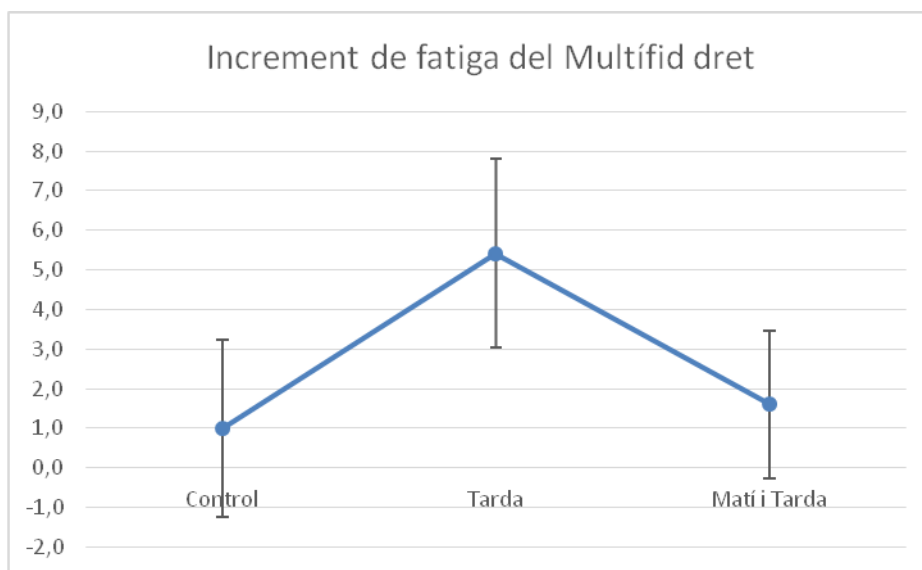


Figura 181. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de fatiga del múscul Multifid dret segons grup d'estudi (% FM inicial).

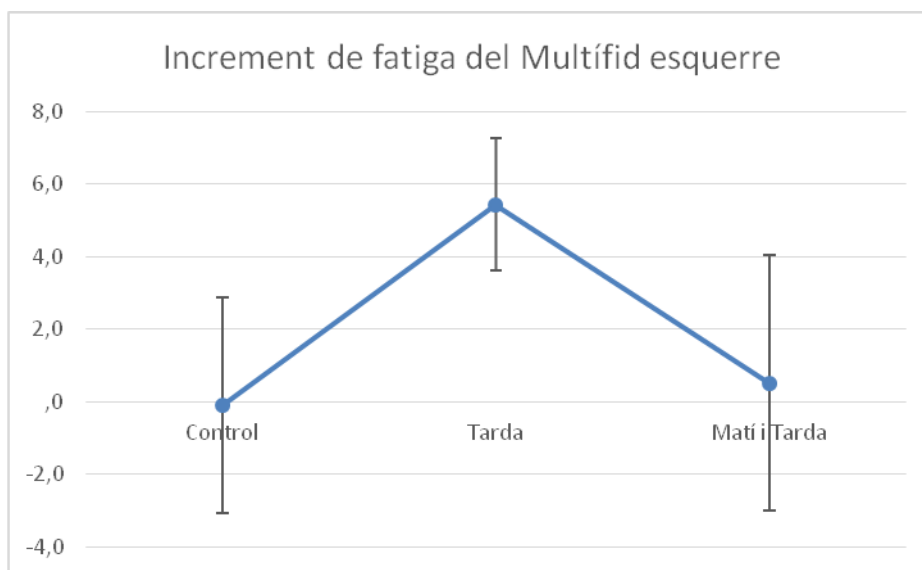


Figura 182. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de fatiga del múscul Multifid esquerre segons grup d'estudi (% FM inicial).

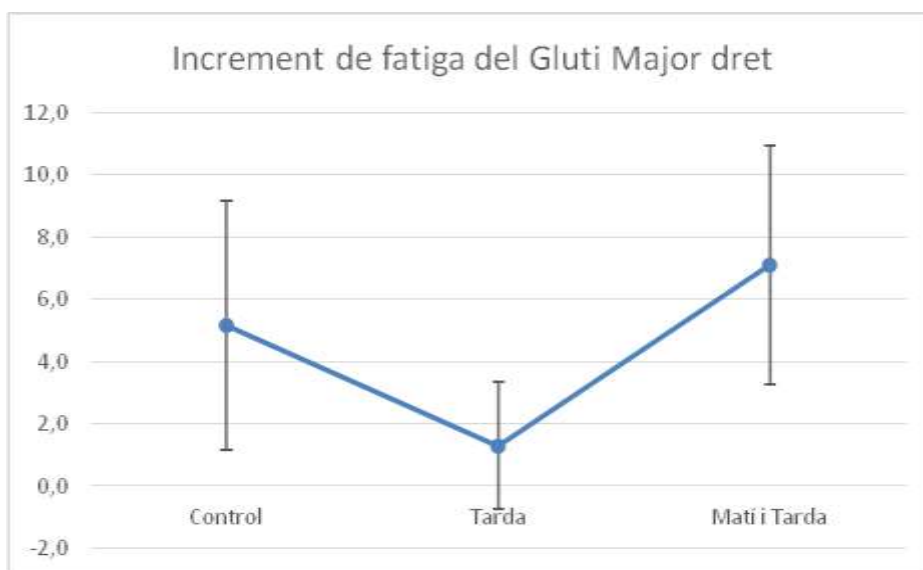


Figura 183. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de fatiga del múscul Gluti Major dret segons grup d'estudi (% FM inicial).

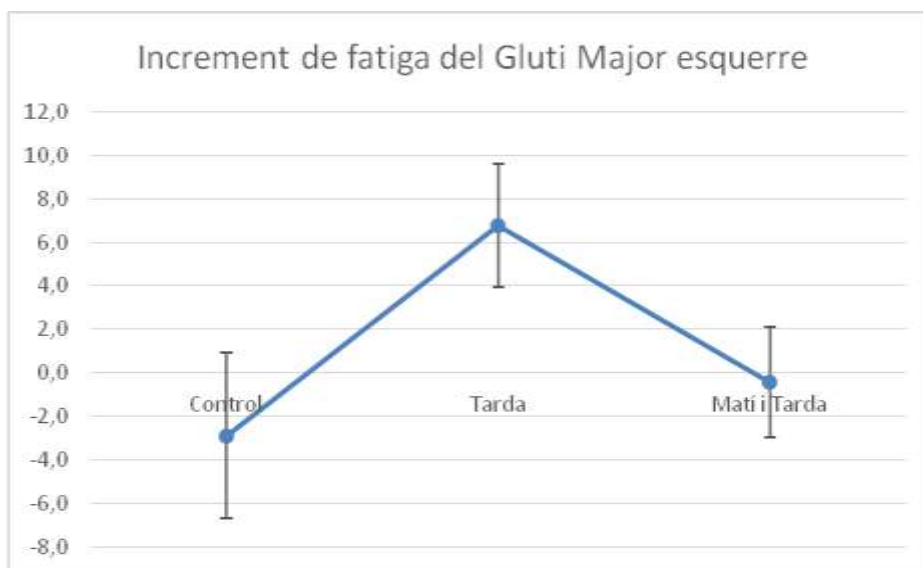


Figura 184. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de fatiga del múscul Gluti Major esquerre segons grup d'estudi (% FM inicial).

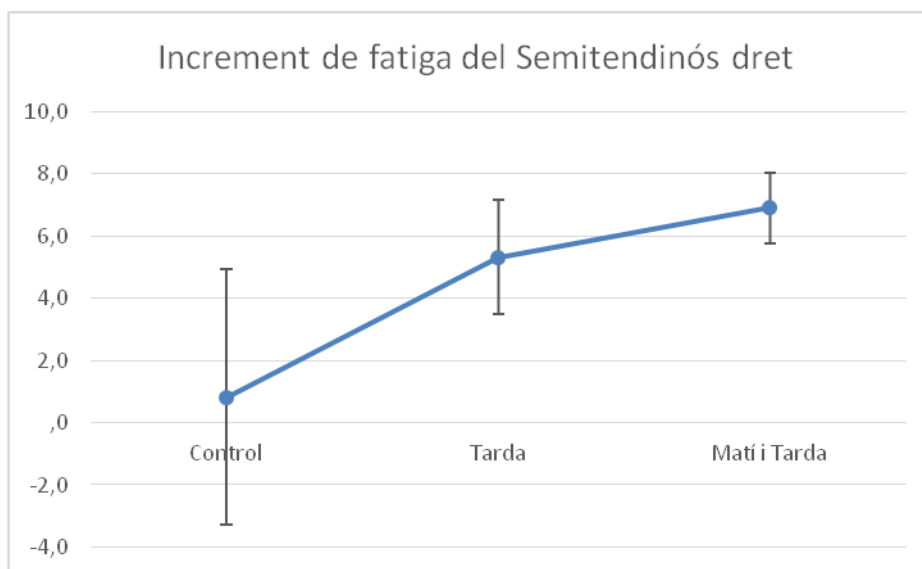


Figura 185. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de fatiga del múscul Semitendinós dret segons grup d'estudi (% FM inicial).

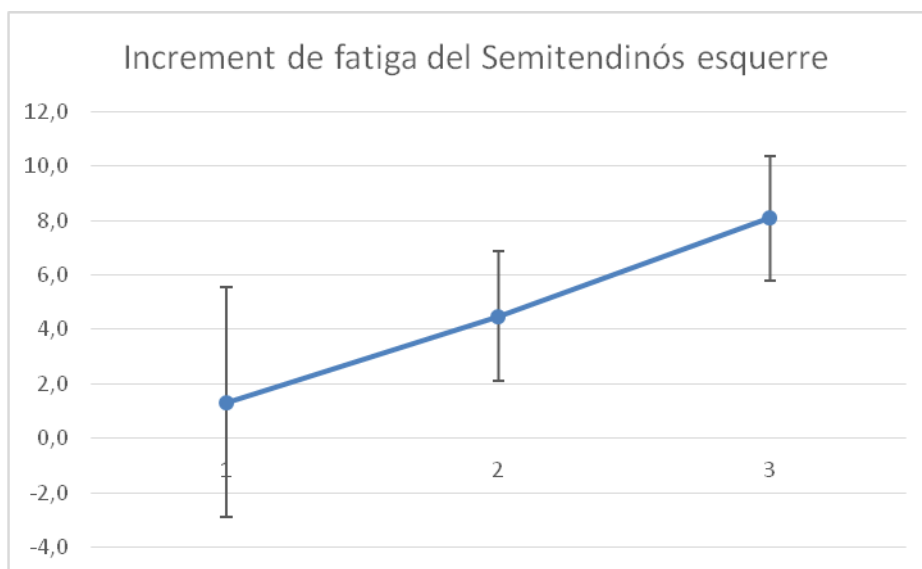


Figura 186. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de fatiga del múscul Semitendinós esquerre segons grup d'estudi (% FM inicial).

En les gràfiques que es mostren tot seguit es representa per a cada individu de cada grup d'estudi i per a cadascun dels músculs, el pendent de la freqüència mediana i intersecció basals i finals (de la *Figura 187* a la *Figura 210*). D'elles destacar que, al marge de la variabilitat esmentada en base als estadístics descriptius, i en observar el comportament d'un mateix múscul entre els diferents individus d'un mateix grup, es detecta: variabilitat interindividual dins d'un mateix grup per a tots els músculs en quant al valor i signe de l'increment, excepte en els següents casos: multífids dret i esquerre i gluti major esquerre del grup T, i semitendinós dret i esquerre del grup MT. En aquests casos tots els individus del grup presenten una disminució de la fatiga d'aquests músculs, tot i que en diferent mesura.

SOR Fatiga EE Dreta (Hz). Control

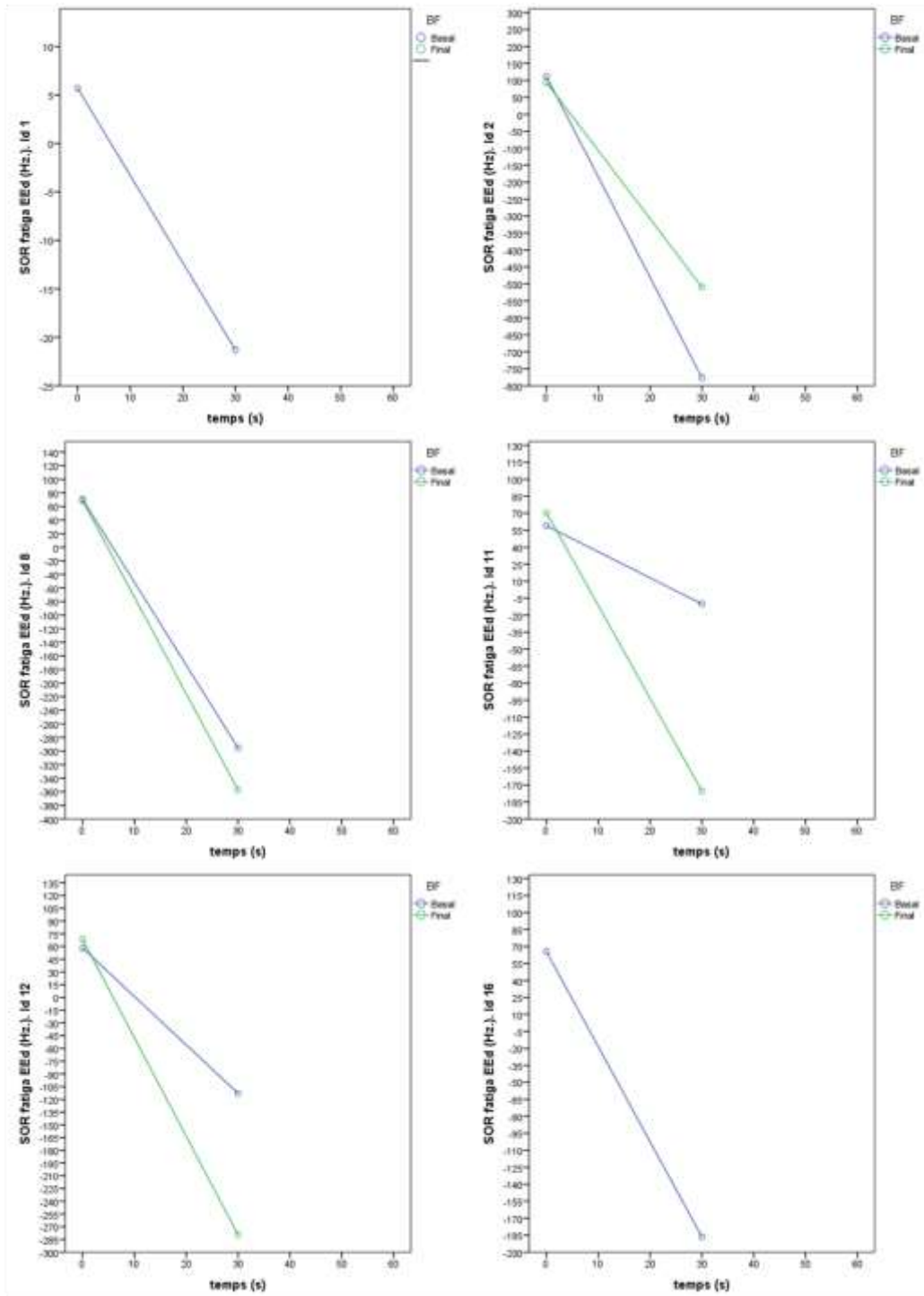


Figura 187. Gràfics individuals de la freqüència mediana de l'Erector Espinal dret (EEd) segons temps del grup C; basal vs final.

SOR Fatiga EE Dreta (Hz). Tarda

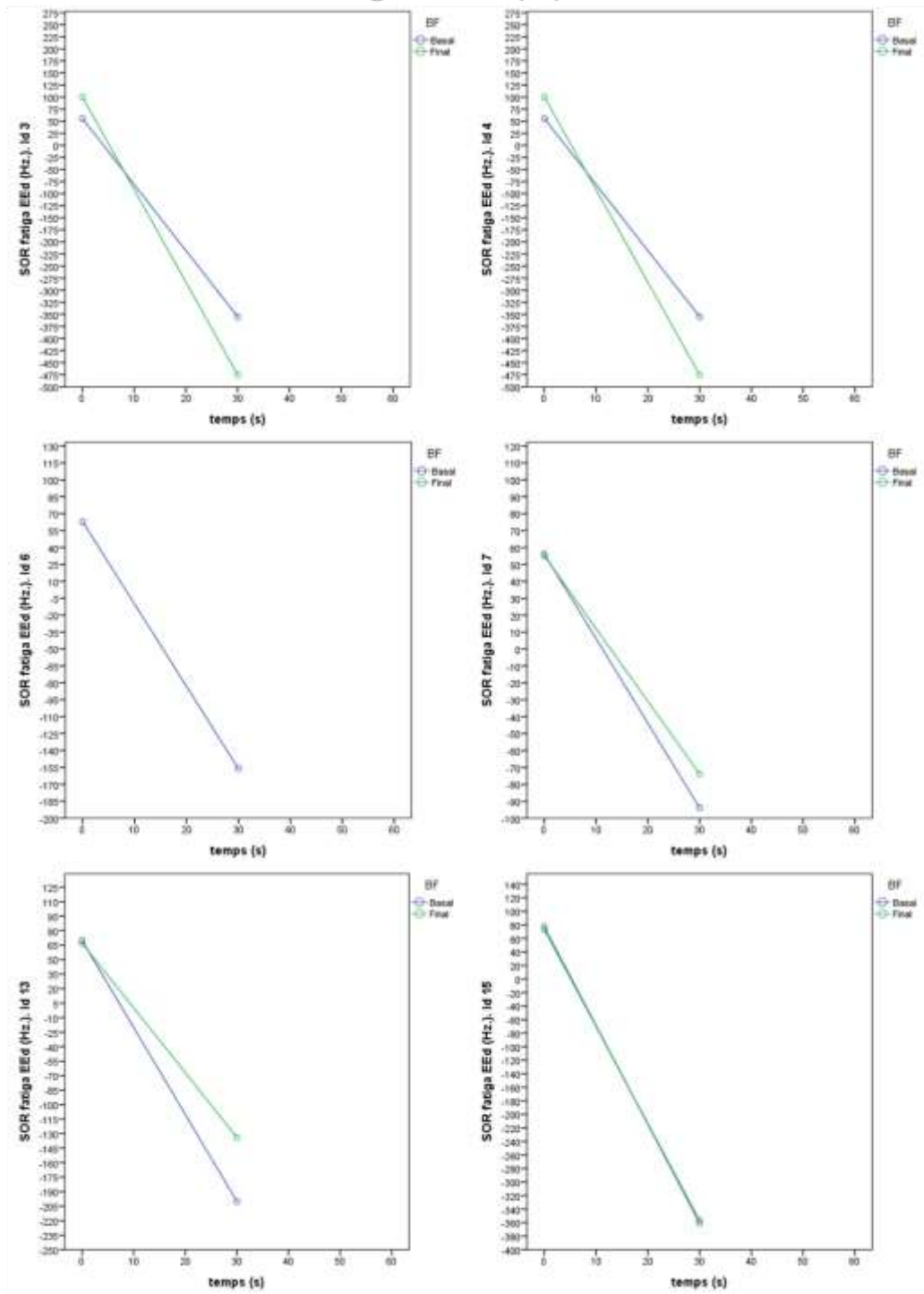


Figura 188. Gràfics individuals de la freqüència mediana de l'Erector Espinal dret (EE6) segons temps del grup T; basal vs final.

SOR Fatiga EE Dreta (Hz). Matí i Tarda

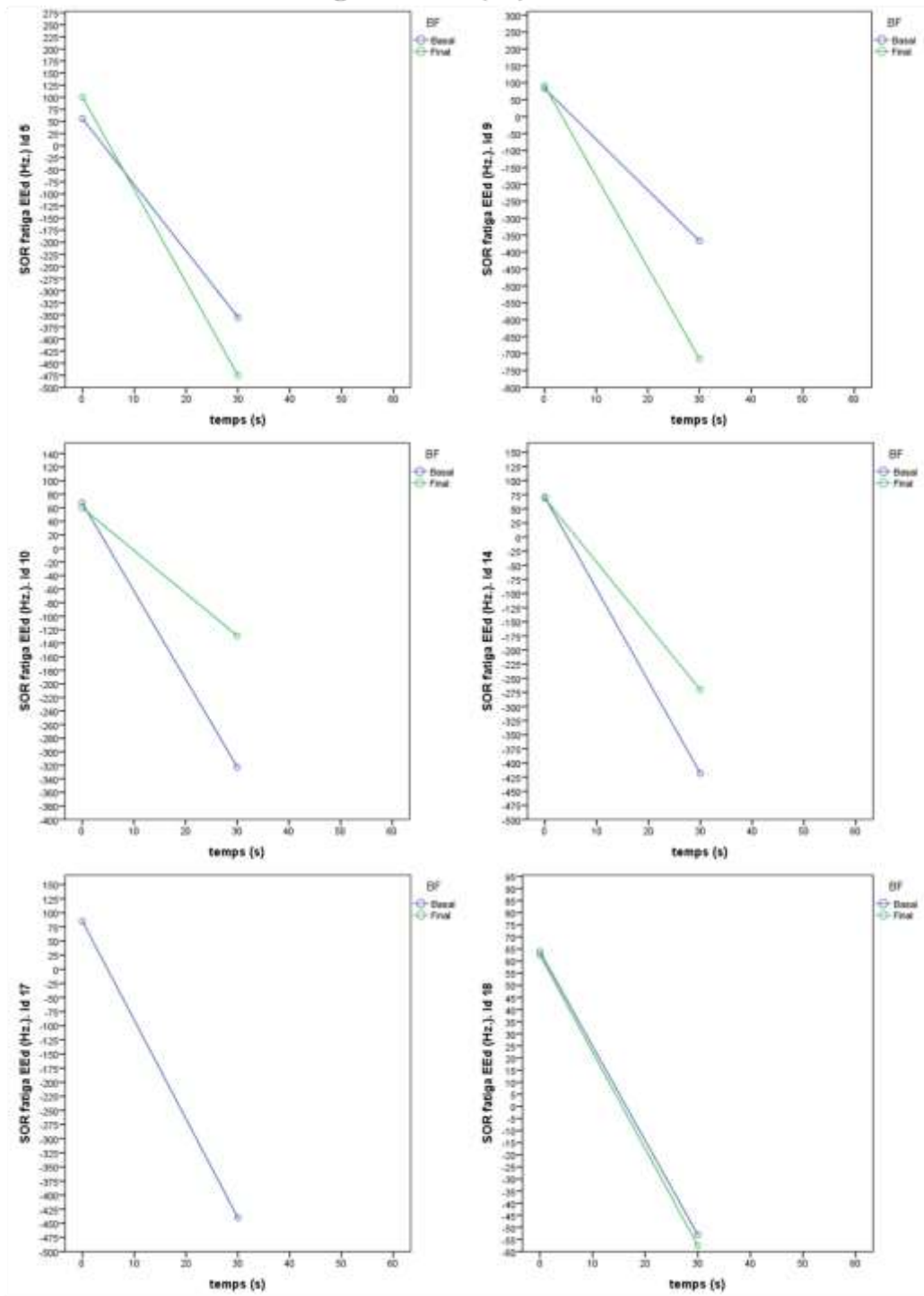


Figura 189. Gràfics individuals de la freqüència mediana de l'Erector Espinal dret (EE)segons temps del grup MT; basal vs final.

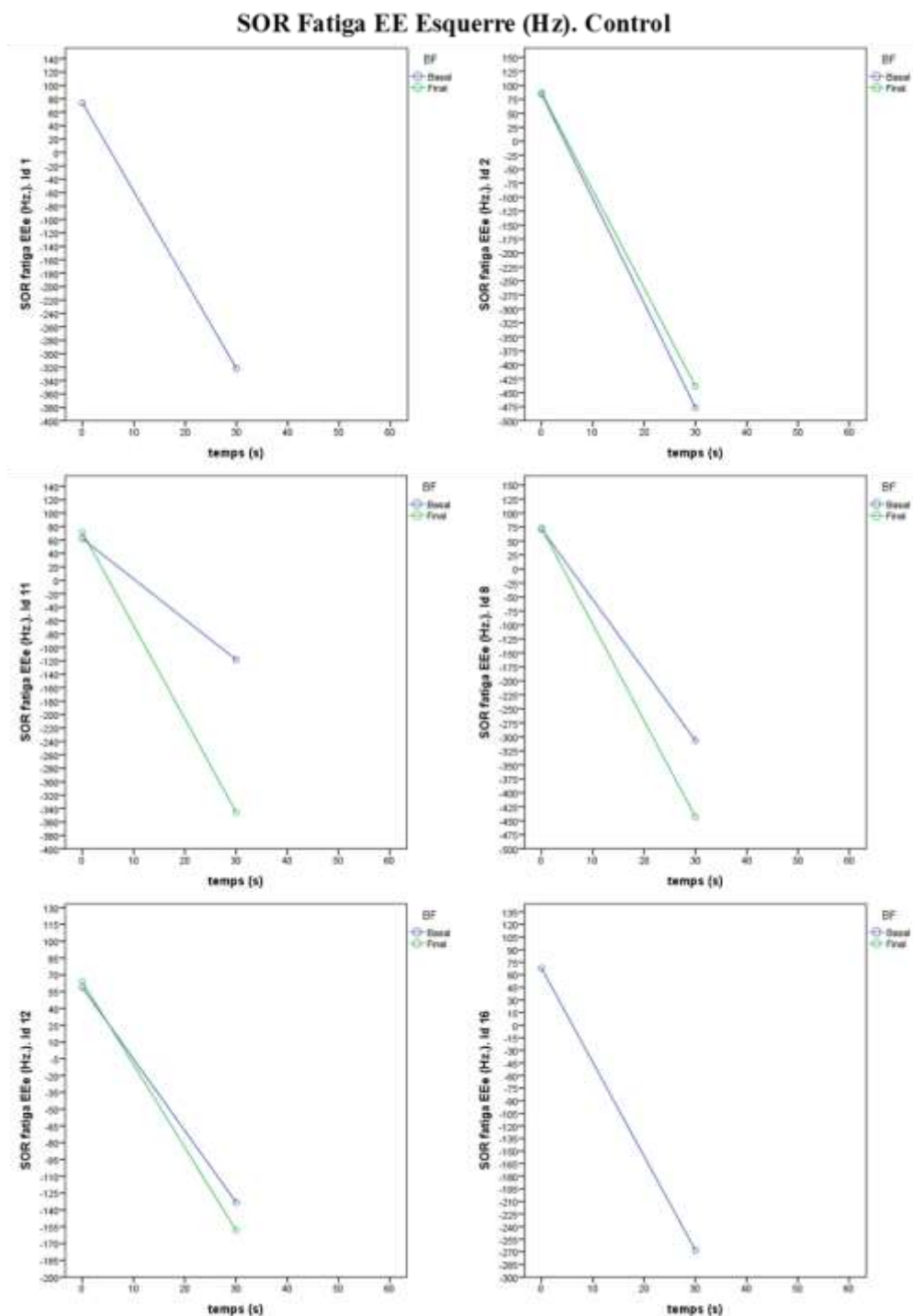


Figura 190. Gràfics individuals de la freqüència mediana de l'Erector Espinal esquerre (EEe)segons temps del grup C; basal vs final.

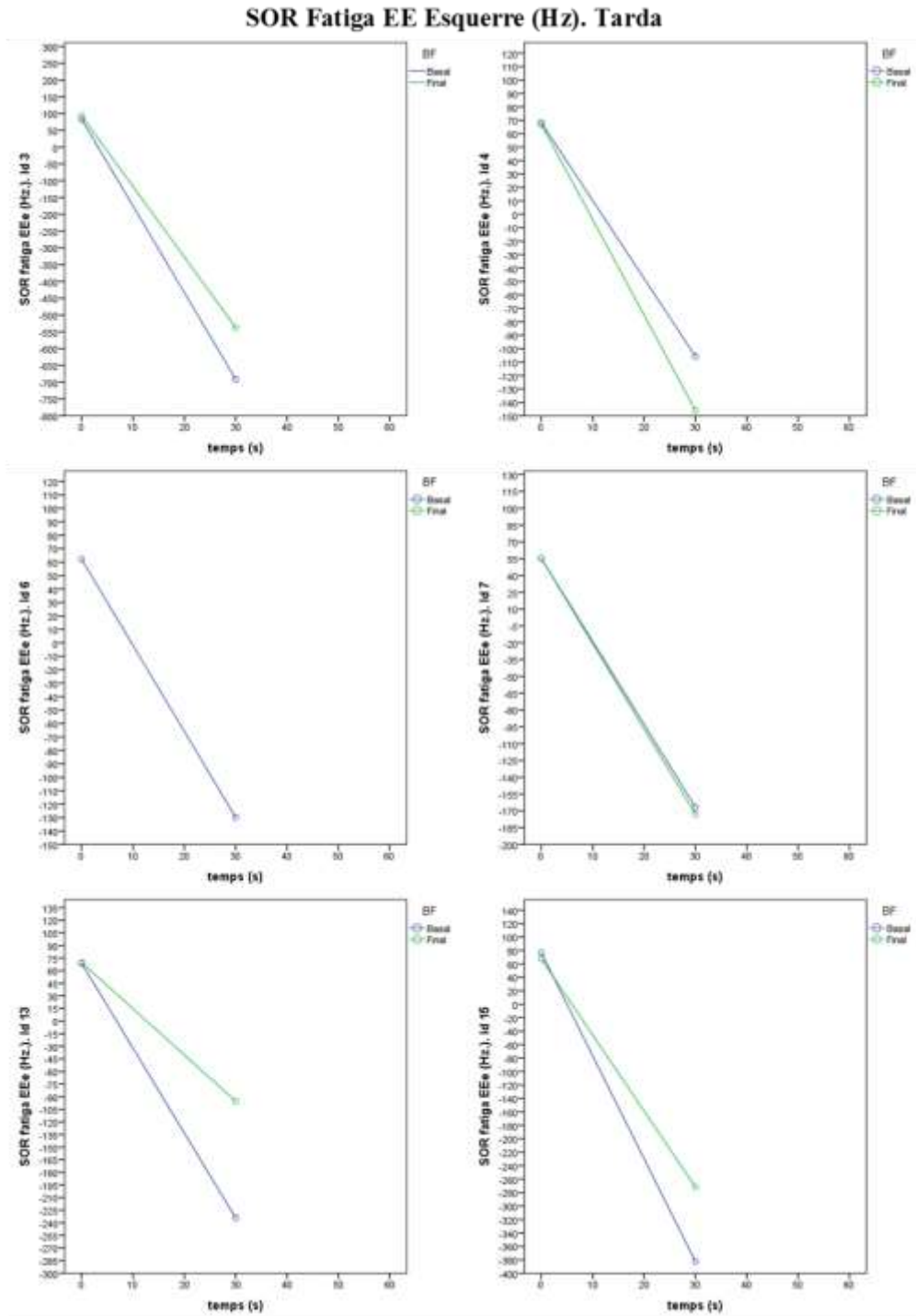


Figura 191. Gràfics individuals de la freqüència mediana de l'Erector Espinal esquerre (EEe) segons temps del grup T; basal vs final.

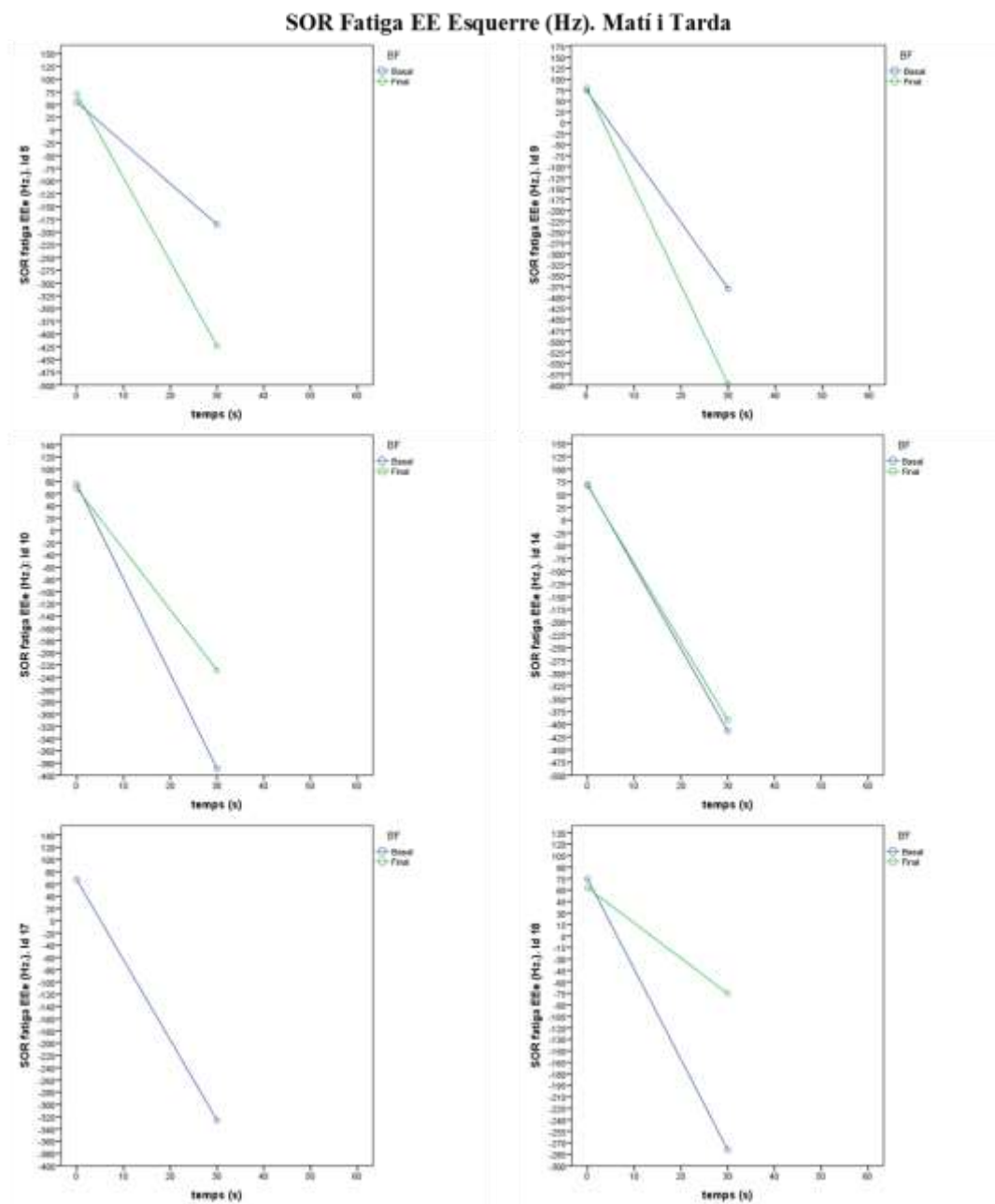


Figura 192. Gràfics individuals de la freqüència mediana de l'Erector Espinal esquerre (EEe) segons temps del grup MT; basal vs final.

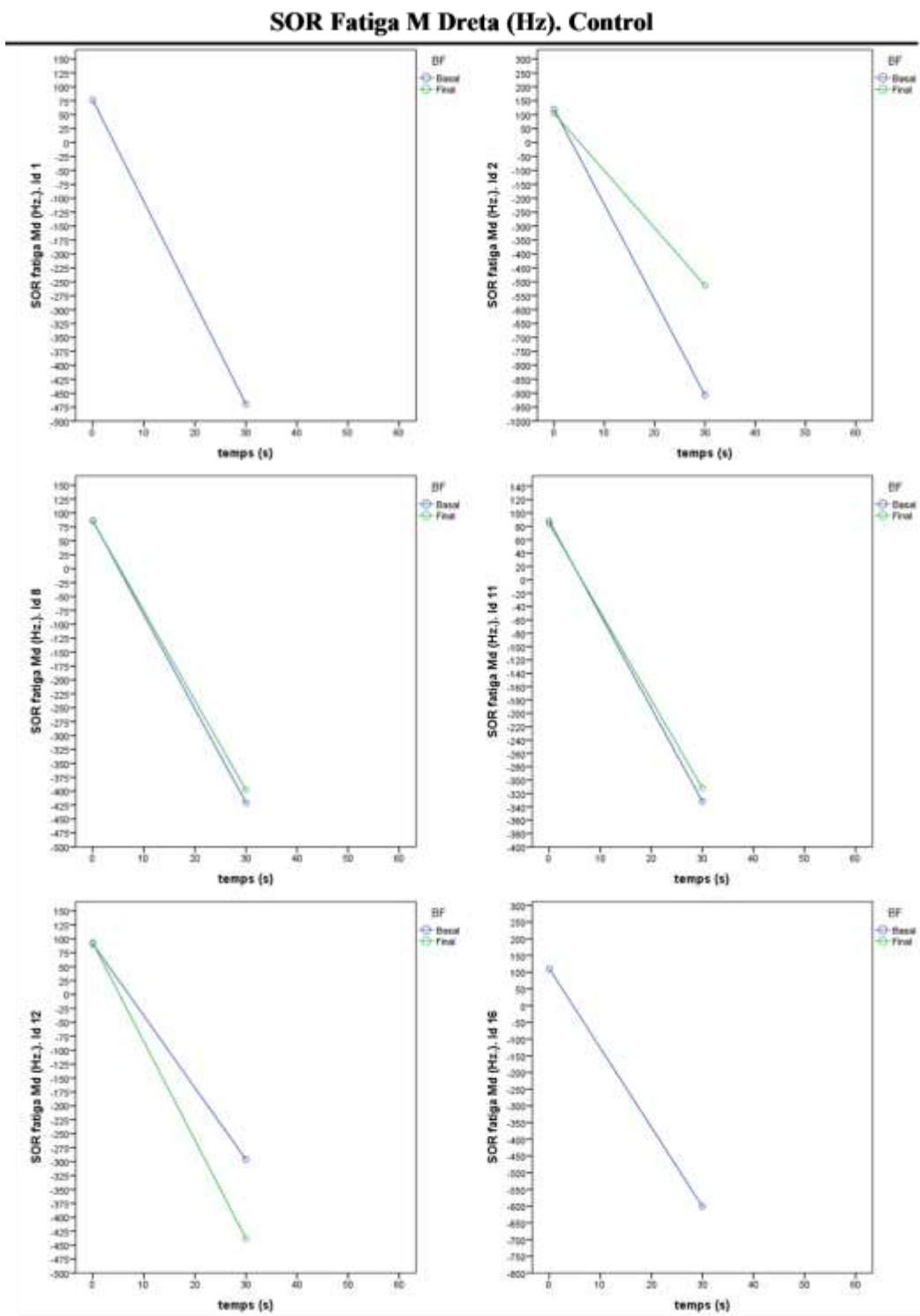


Figura 193. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Mutífid dret (Md) segons temps del grup C; basal vs final.

SOR Fatiga M Dreta (Hz). Tarda

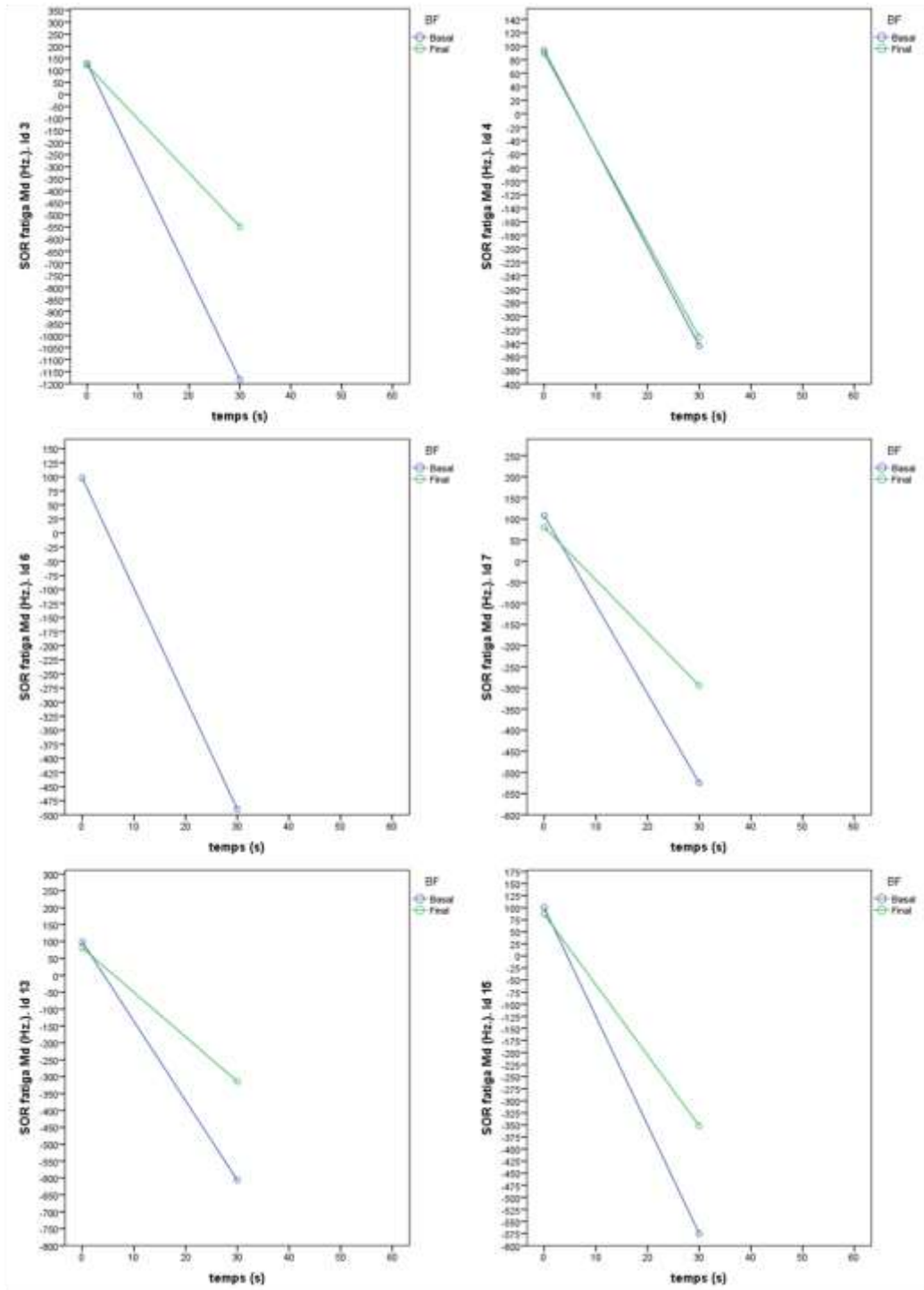


Figura 194. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Mutifid dret (Md)segons temps del grup T; basal vs final.

SOR Fatiga M Dreta (Hz). Matí i Tarda

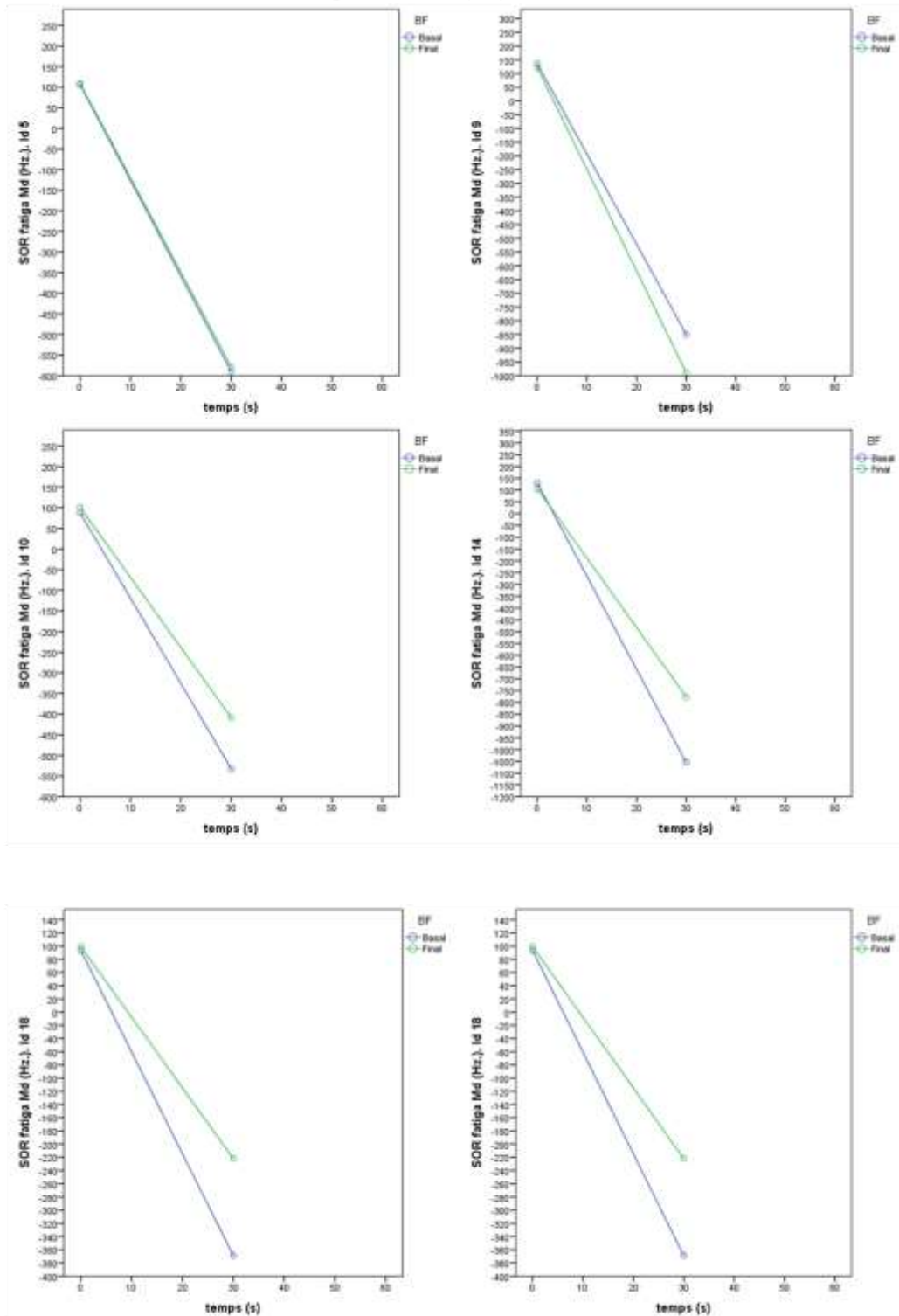


Figura 195. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Mutfid esquerre (Me) segons temps del grup MT; basal vs final.

SOR Fatiga M Esquerre (Hz). Control

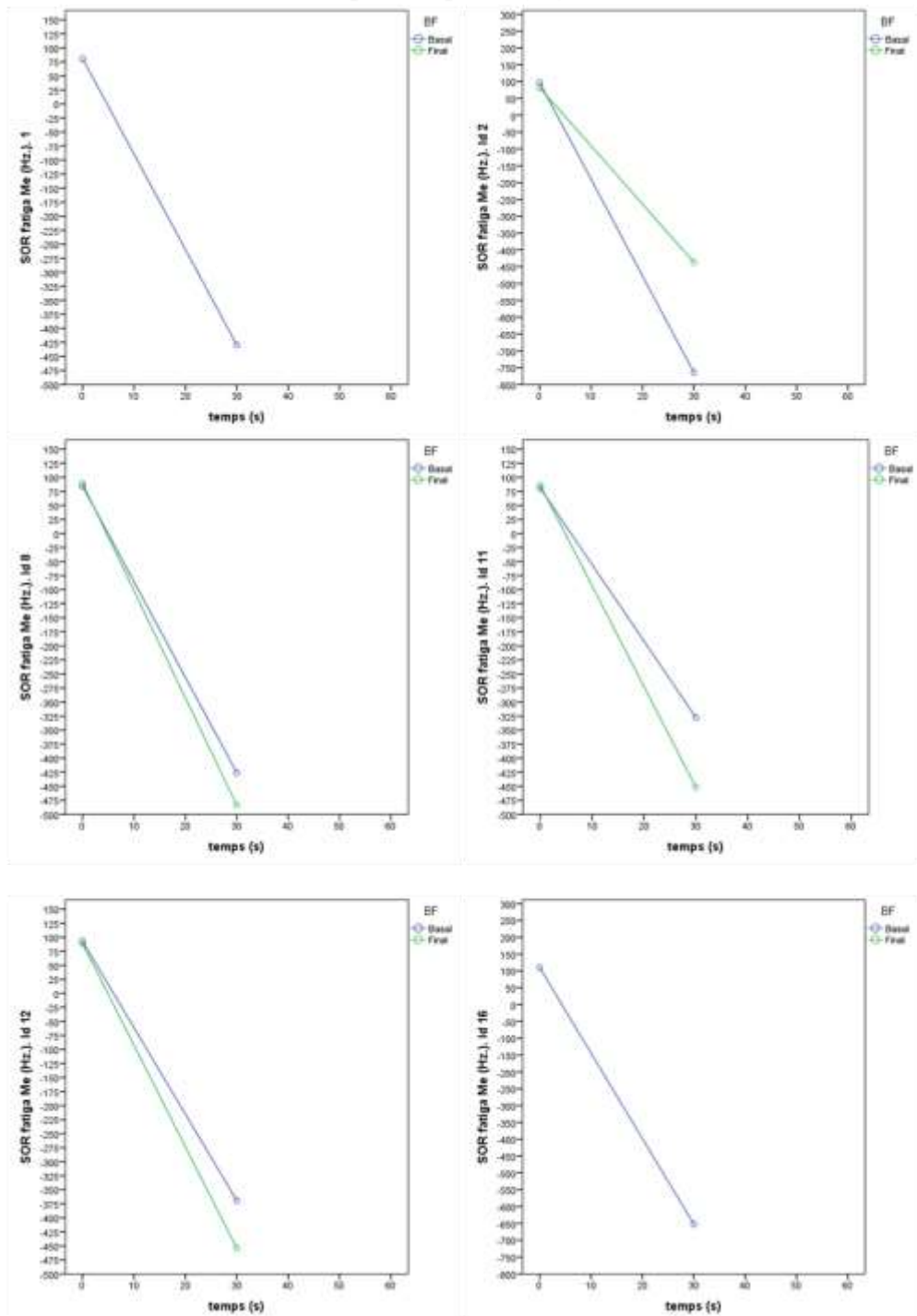


Figura 196. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Mutfid esquerre (Me) segons temps del grup C; basal vs final.

SOR Fatiga M Esquerre (Hz). Tarda

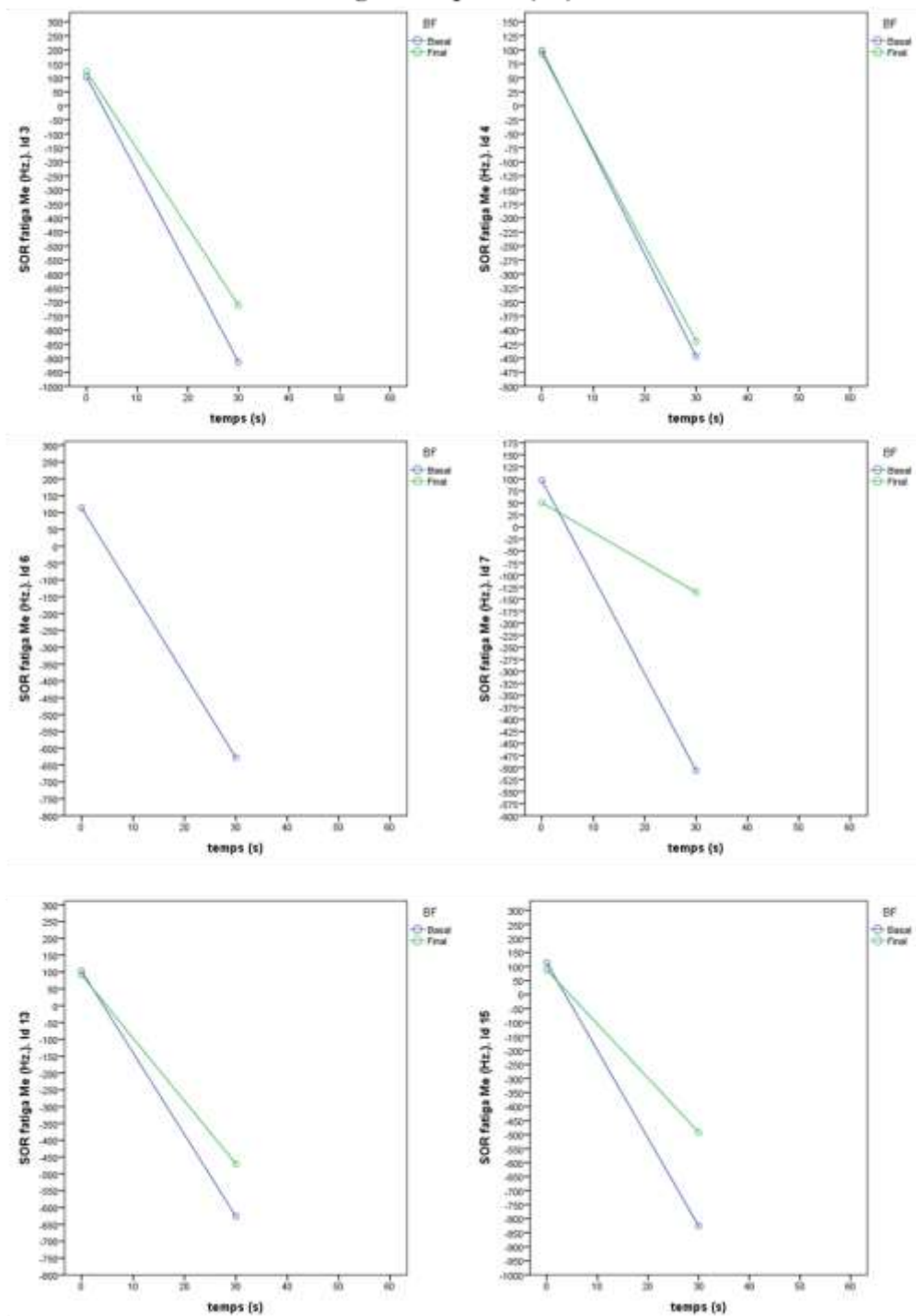


Figura 197. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Mutífid esquerre (Me) segons temps del grup T; basal vs final.

SOR Fatiga M Esquerre (Hz). Matí i Tarda

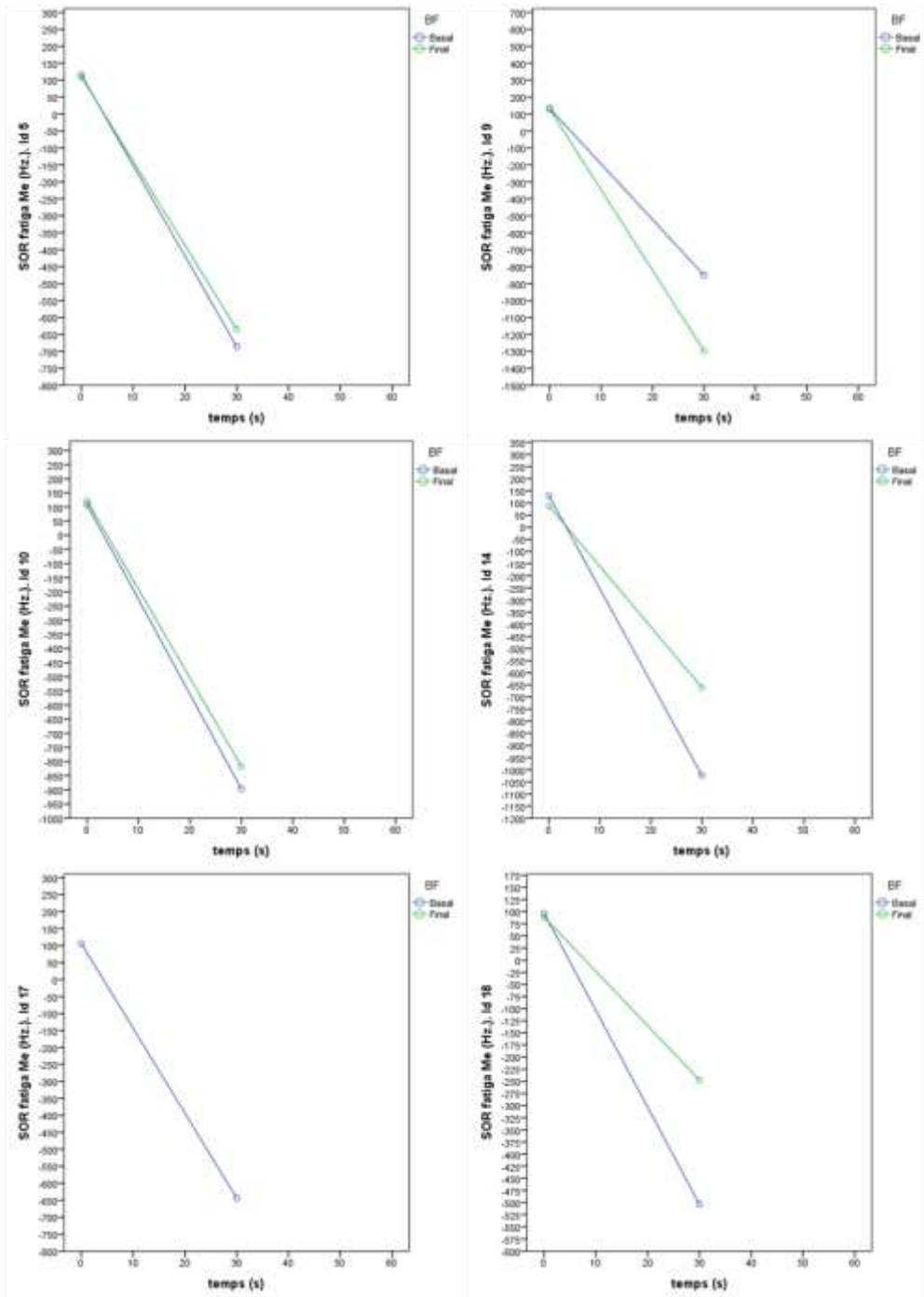


Figura 198. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Mutifid esquerre (Me) segons temps del grup MT; basal vs final.

SOR Fatiga GM Dreta (Hz). Control

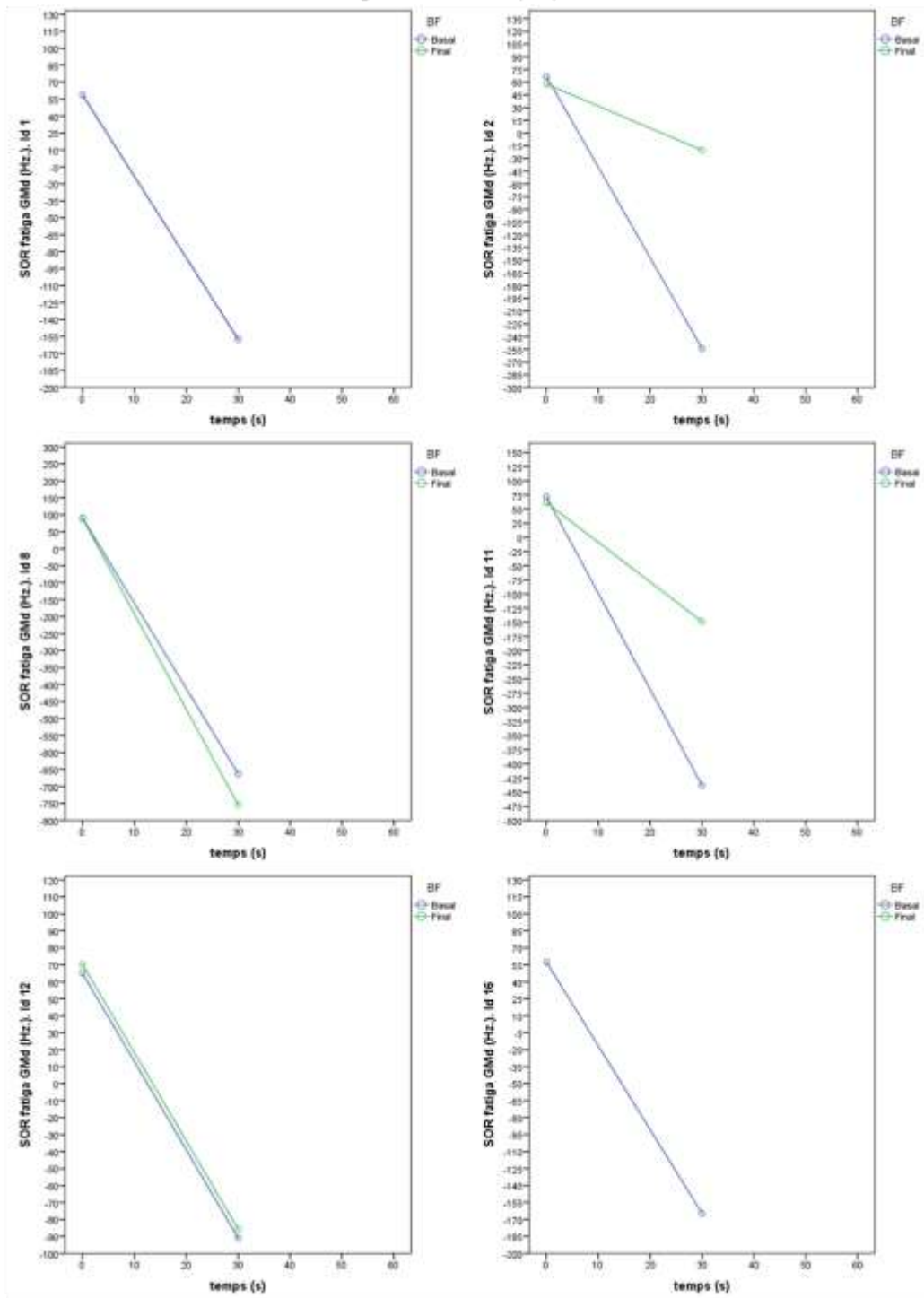


Figura 199. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Gluti Major dret (GMd) segons temps del grup C; basal vs final.

SOR Fatiga GM Dreta (Hz). Tarda

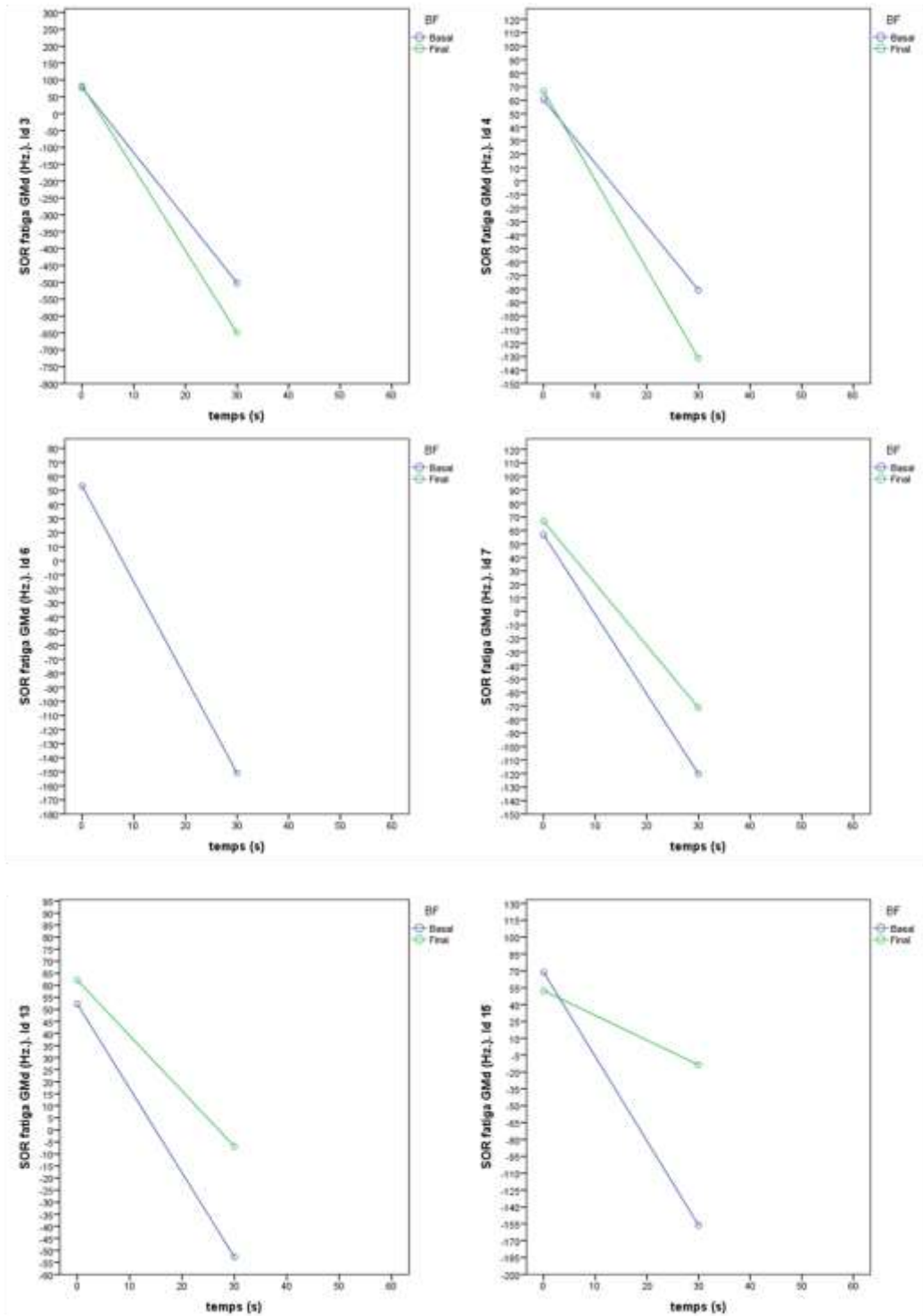


Figura 200. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Gluti Major dret (GMd) segons temps del grup T; basal vs final.

SOR Fatiga GM Dreta (Hz). Matí i Tarda

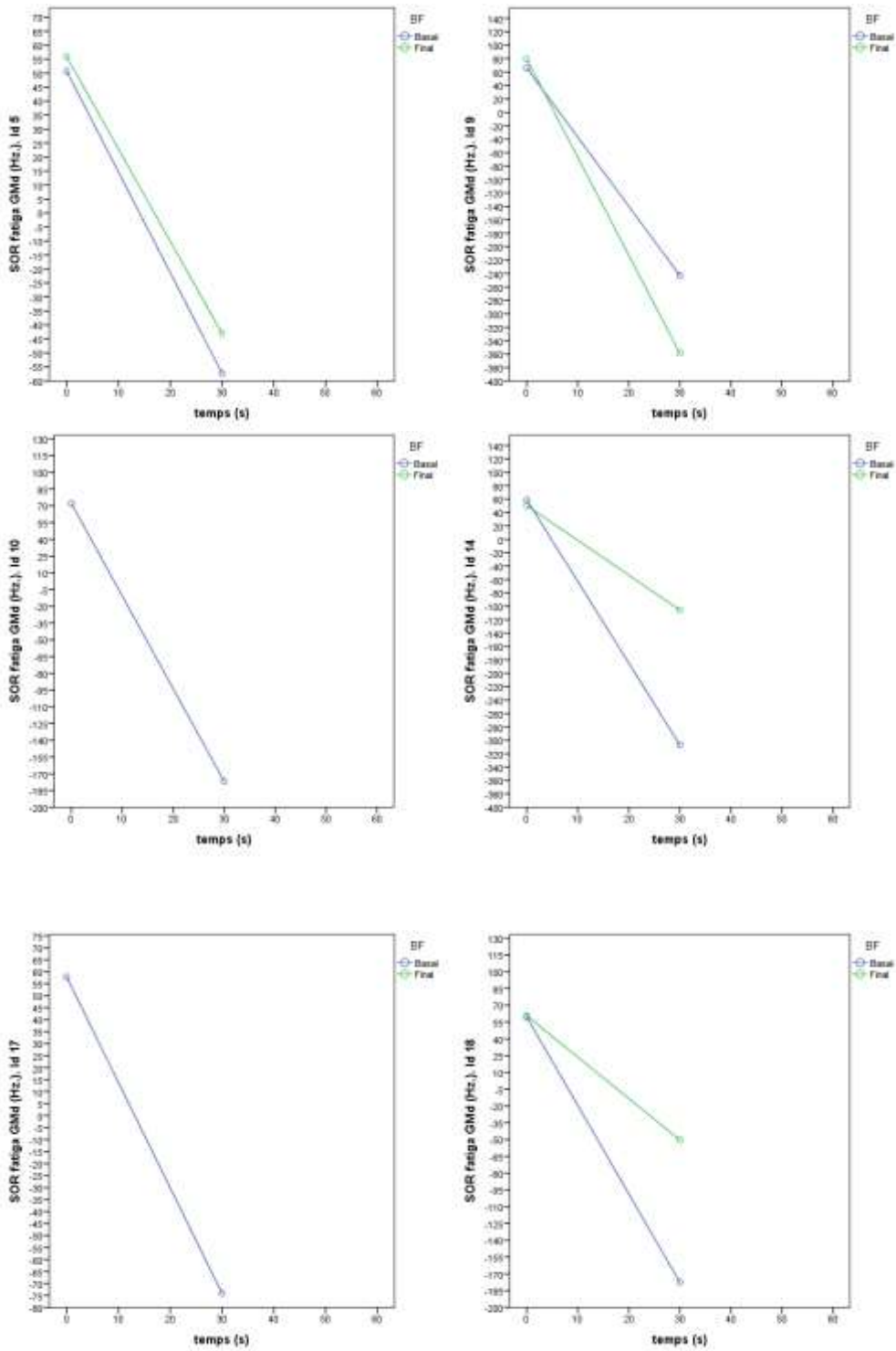


Figura 201. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Gluti Major dret (GMd) segons temps del grup MT; basal vs final.

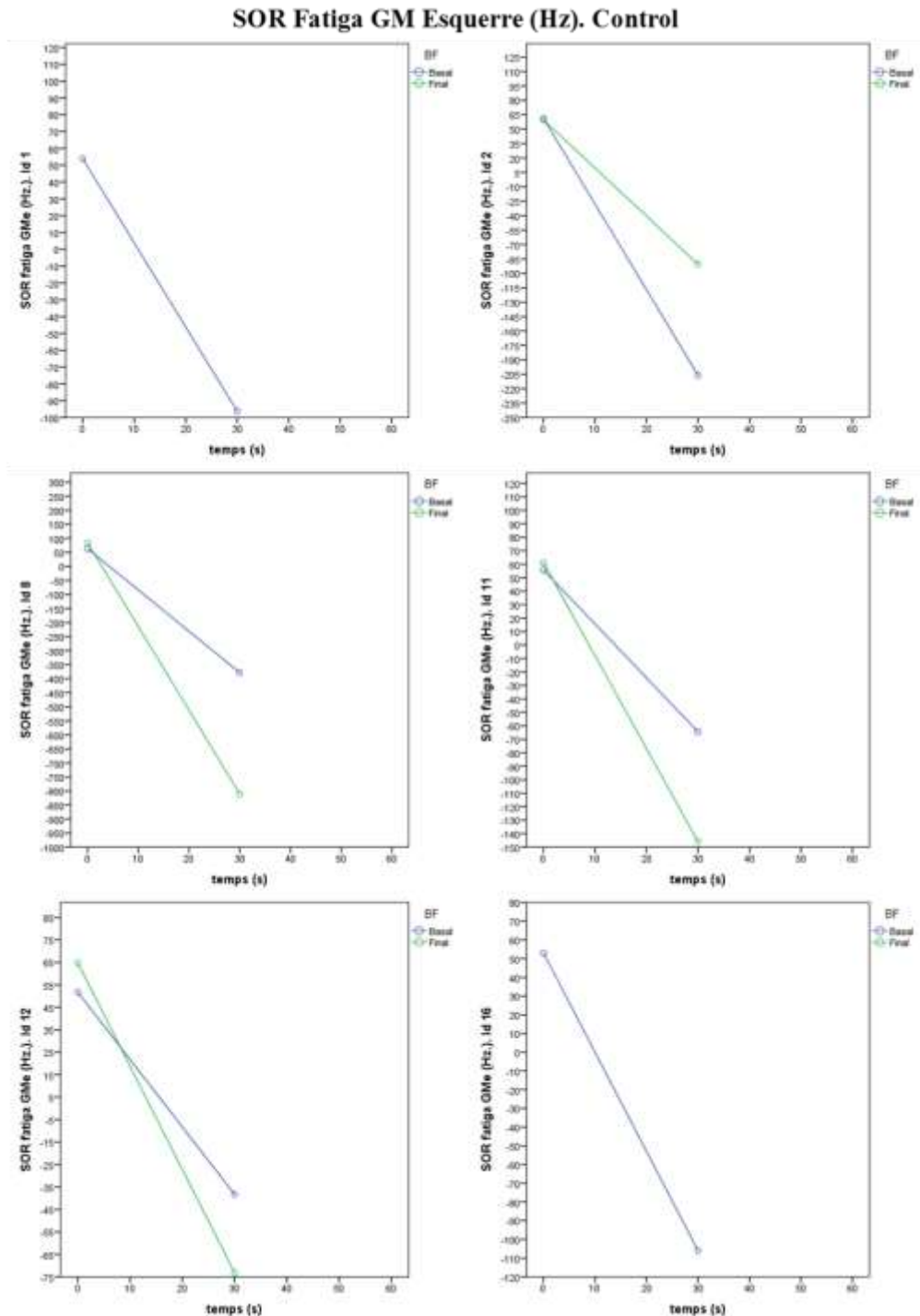


Figura 202. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Gluti Major esquerre (GMe)segons temps del grup C; basal vs final.

SOR Fatiga GM Esquerre (Hz). Tarda

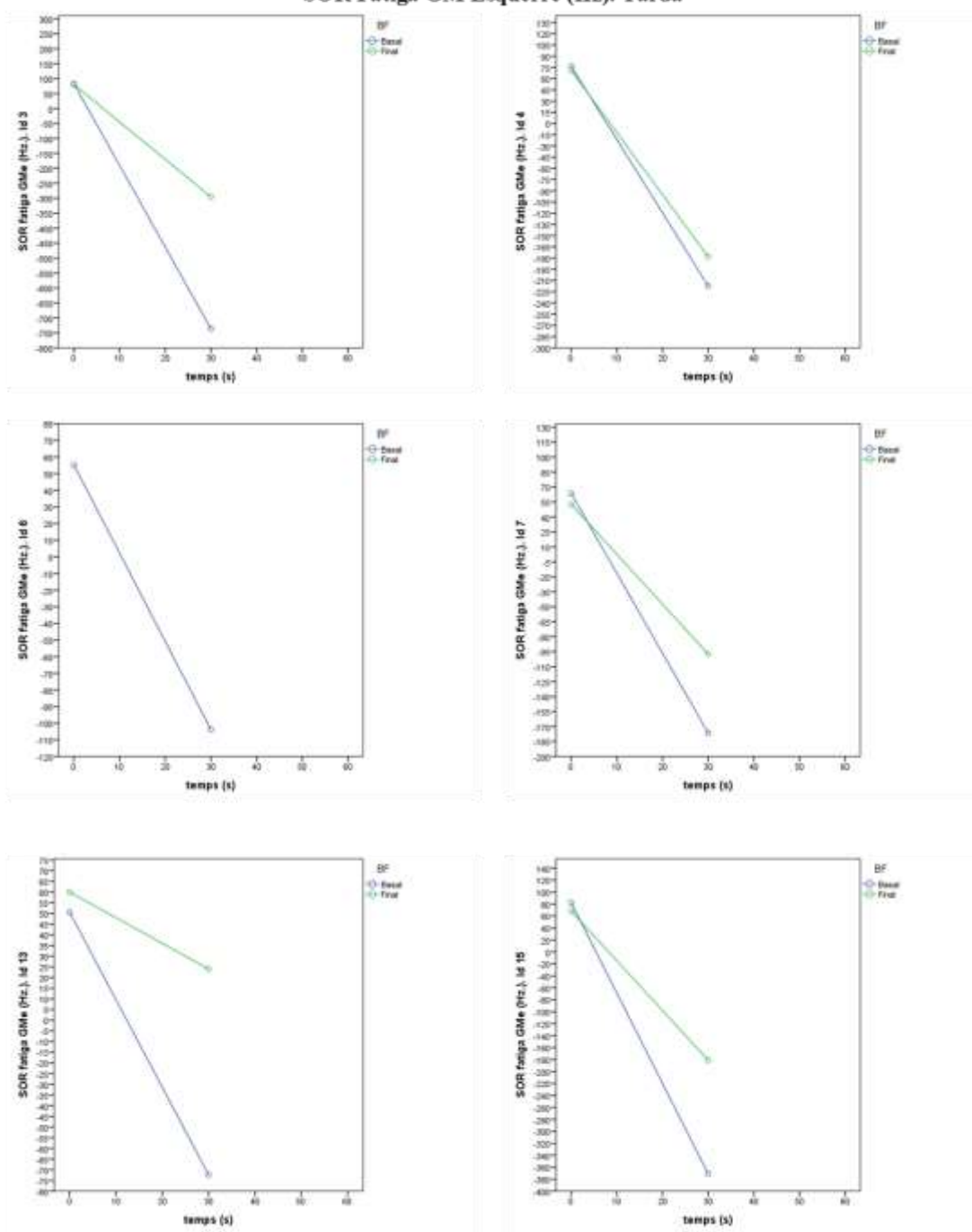


Figura 203. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Gluti Major esquerre (GMe) segons temps del grup T; basal vs final.

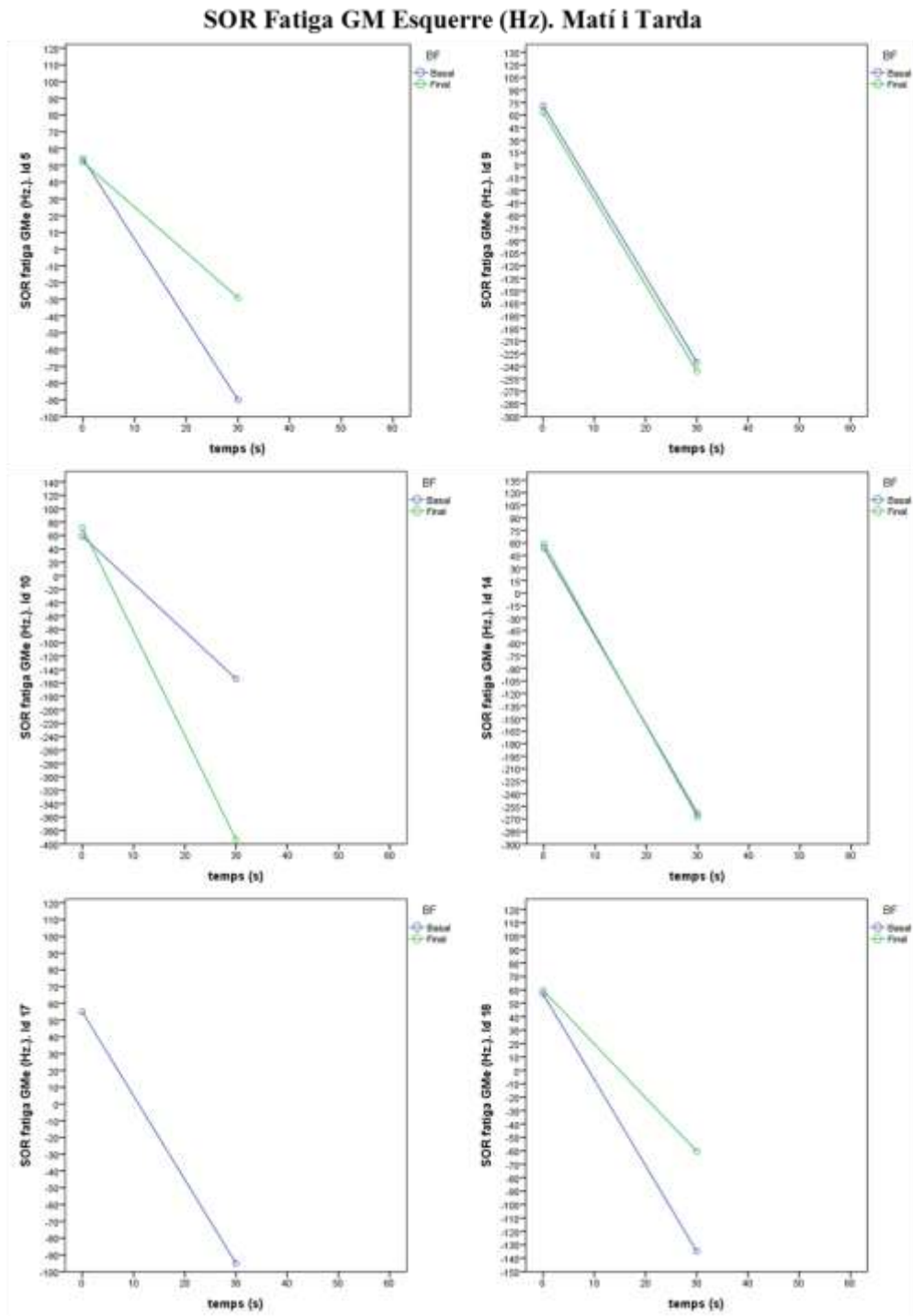


Figura 204. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Gluti Major esquerre (GMe) segons temps del grup MT; basal vs final.

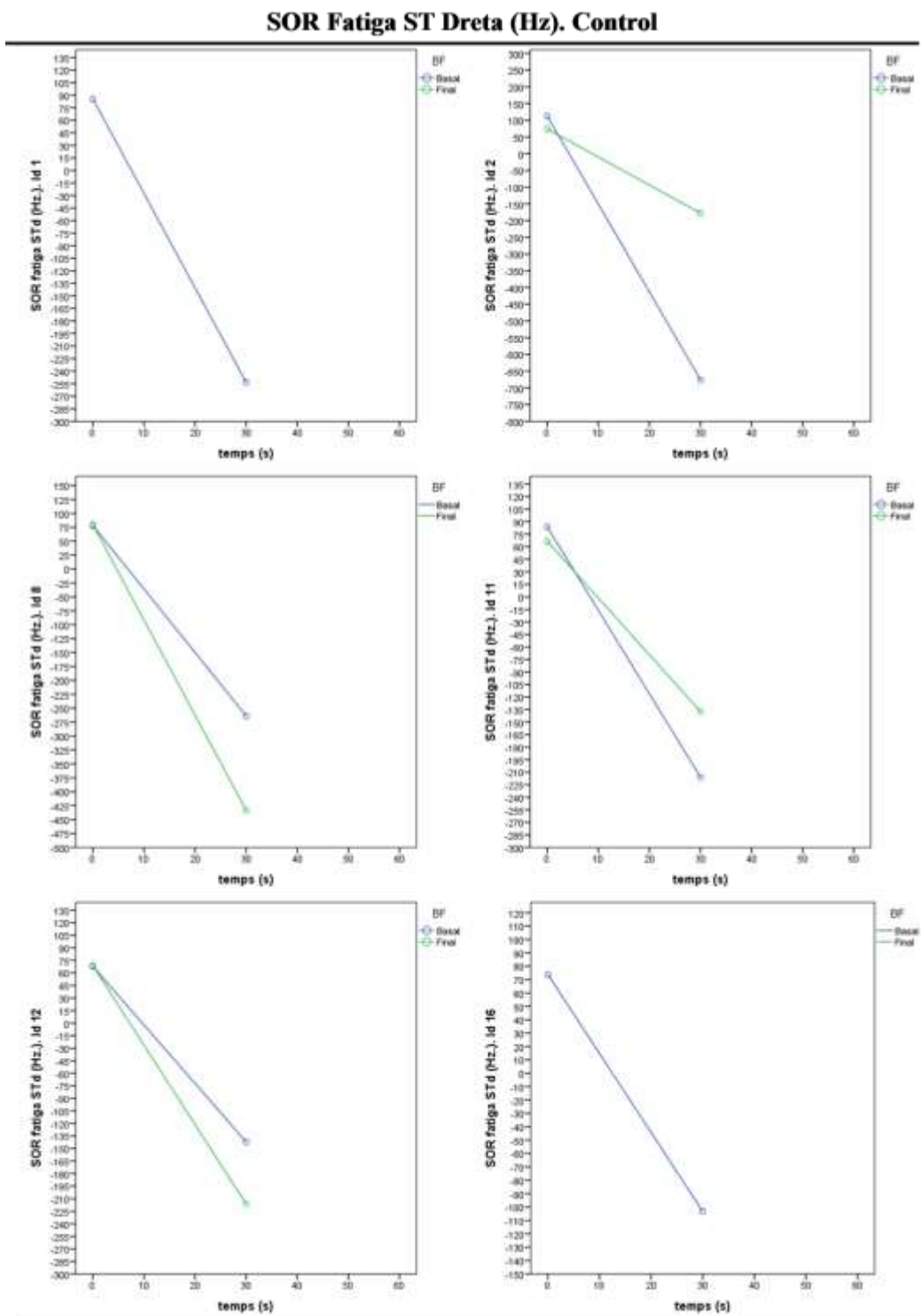


Figura 205. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Semitendinos dret (STd) segons temps del grup C; basal vs final.

SOR Fatiga STd Dreta (Hz). Tarda

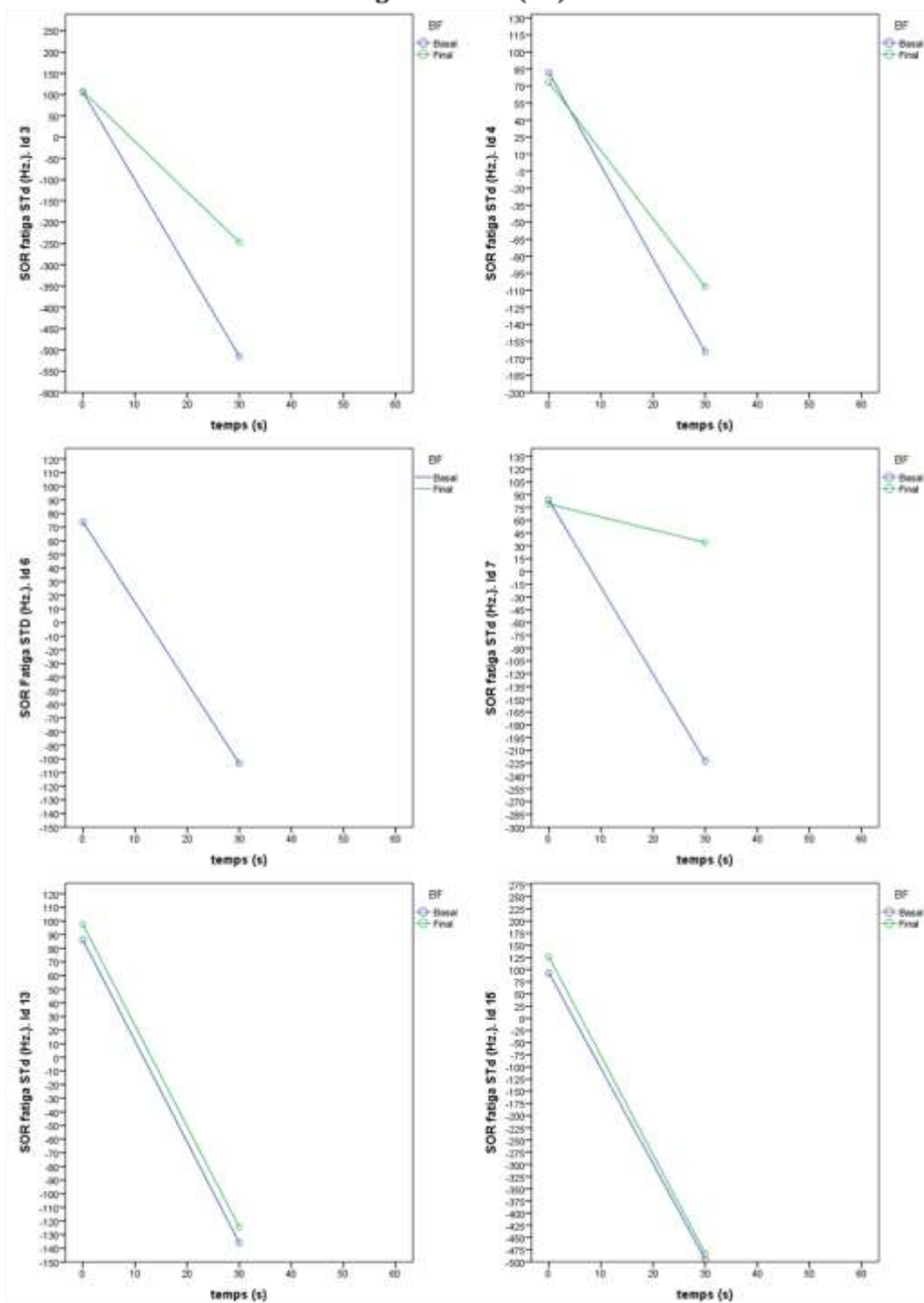


Figura 206. Gràfics individuals de la freqüència mitjana del Semitendinos dret (STd) segons temps del grup T; basal vs final.

SOR Fatiga ST Dreta (Hz). Matí i Tarda

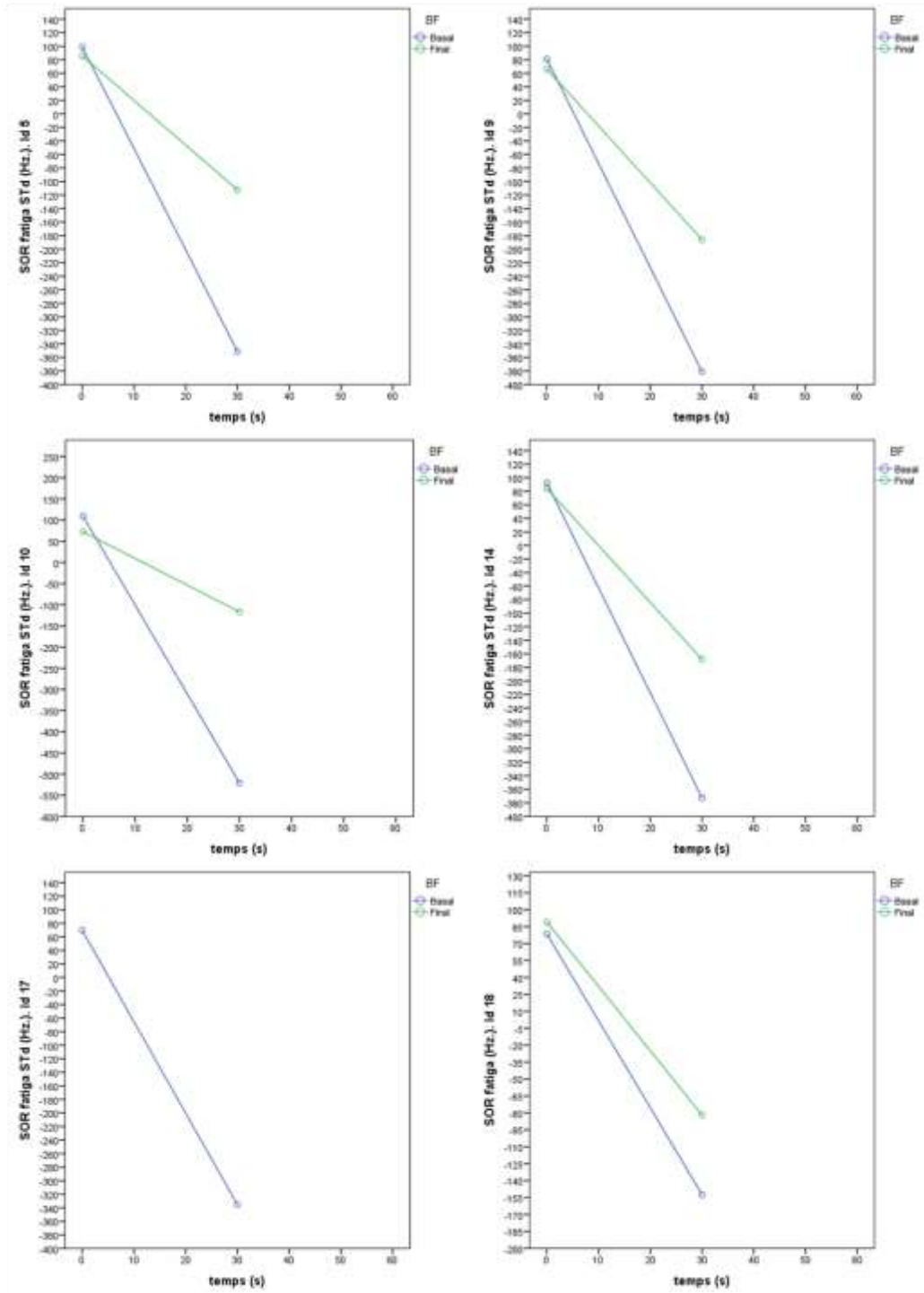


Figura 207. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Semitendíno dret (STd) segons temps del grup MT; basal vs final.

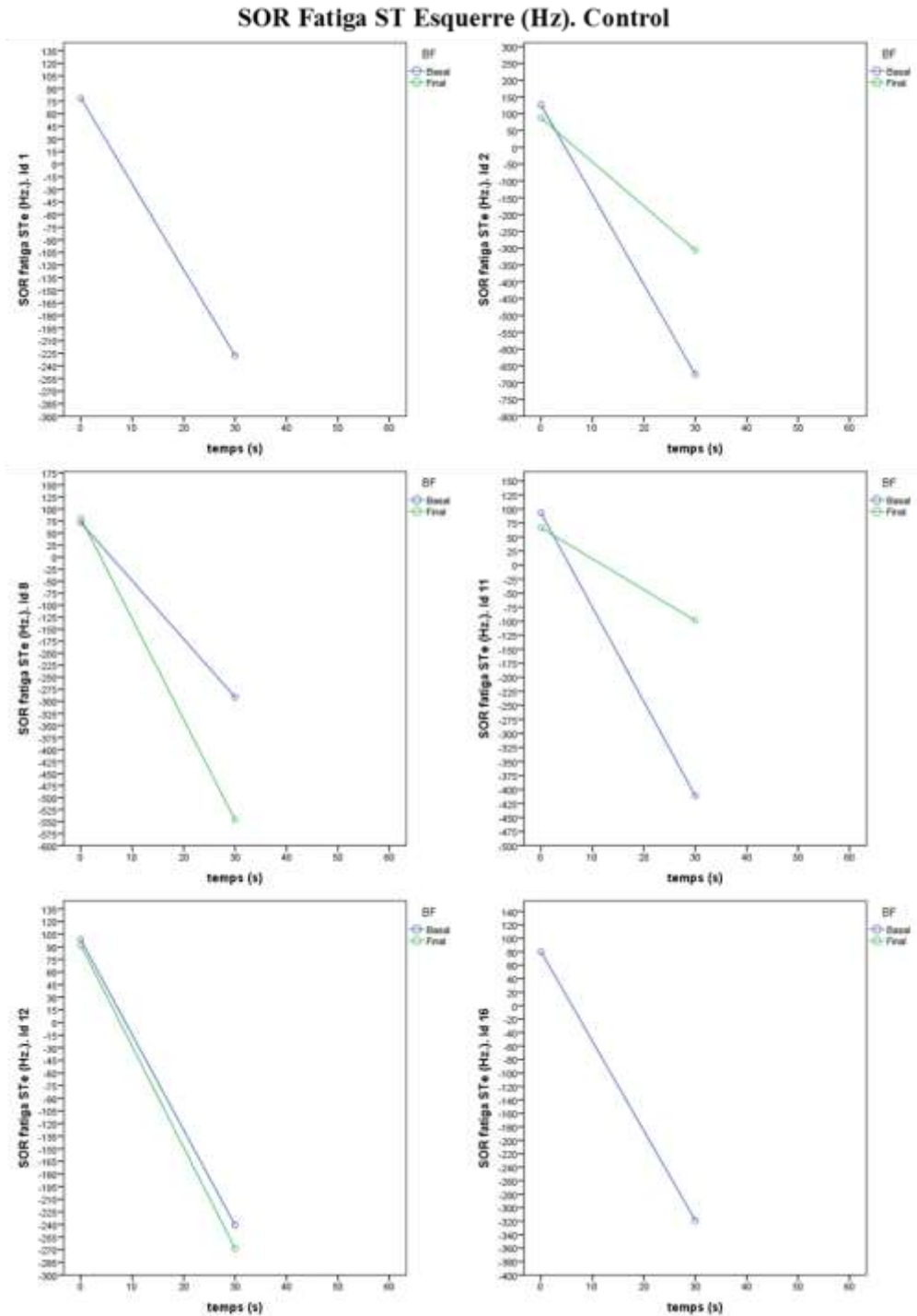


Figura 208. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Semitendíno esquerre (STe) segons temps del grup C; basal vs final.

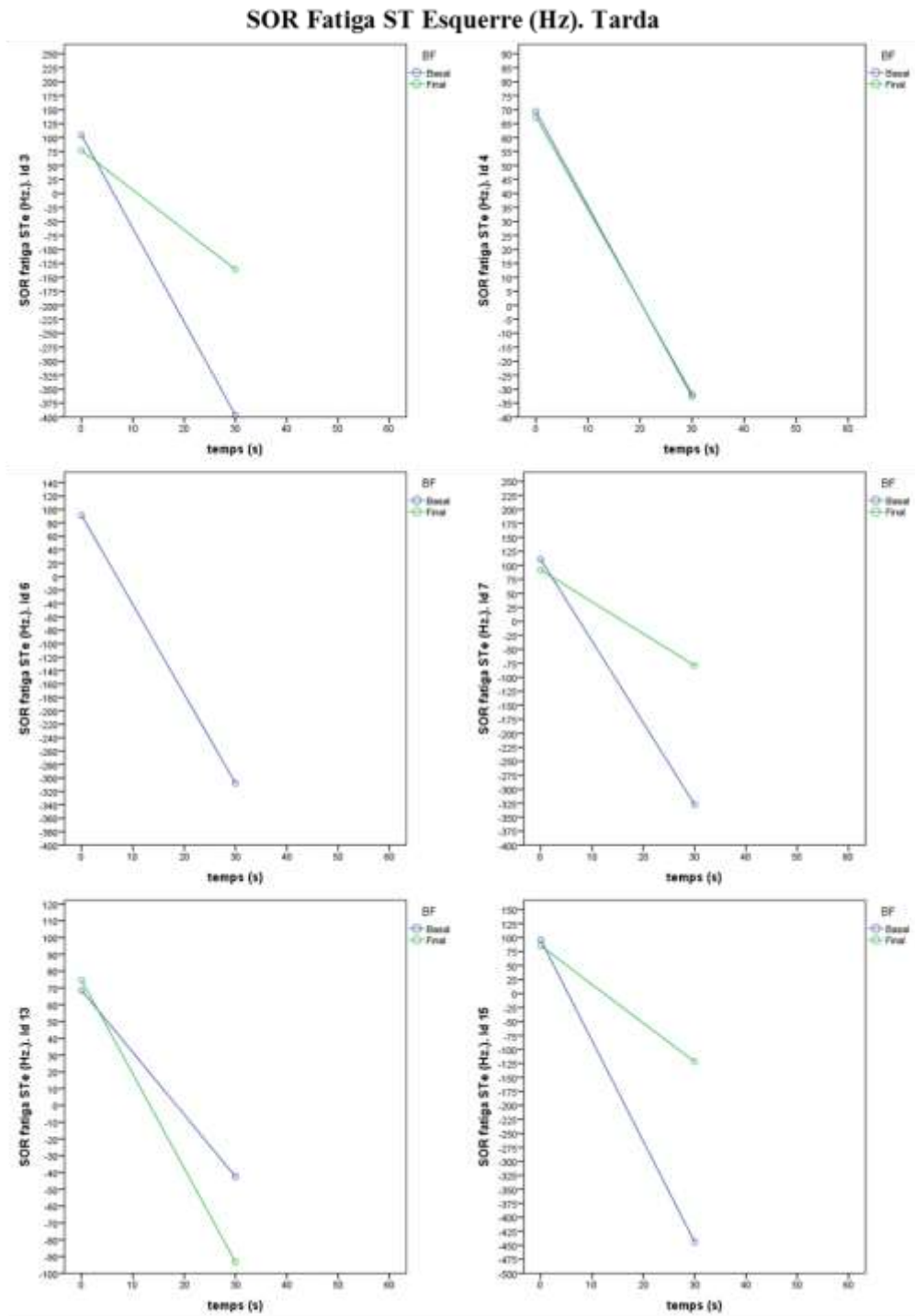


Figura 209. Gràfics individuals de la freqüència mediana del Semitendinós esquerre (STe) segons temps del grup T; basal vs final.

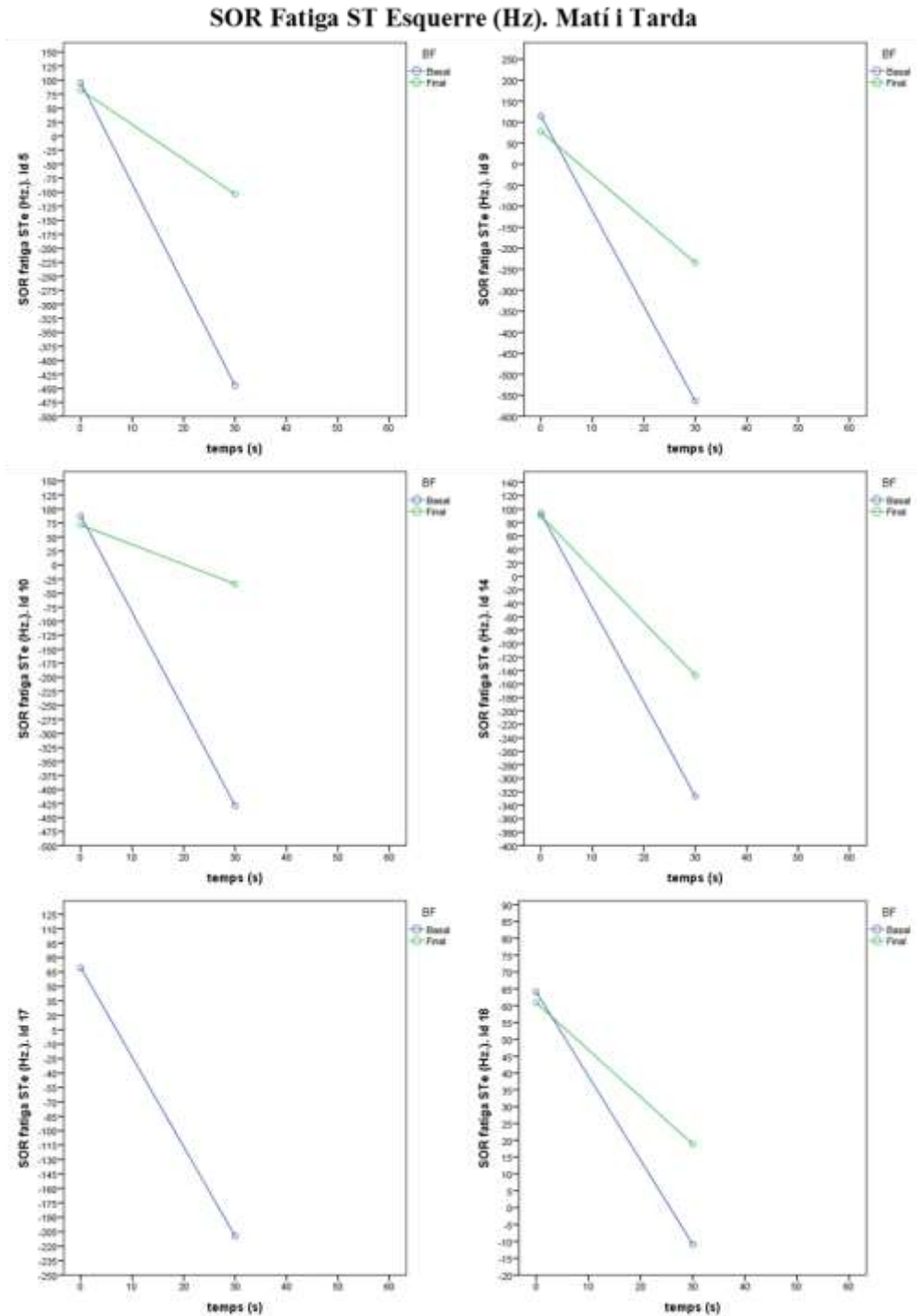


Figura 210. Gràfics individuals de la freqüència mitjana del Semitendíno esquerre (STe) segons temps del grup MT; basal vs final.

5.2.7.3. Paràmetres de duració del test de Sorensen

La duració de temps del test de Sorensen, calculada en base al temps d'activació muscular, varia entre 83s i 200s segons en el cas del grup C, entre 98s i 216s pel grup T i entre 112s i 165s pel grup MT (*Taula 80, Figura 211*). La variabilitat de la duració és en els tres casos gran, i la mitjana lleugerament superior pel grup T, però no arribant a haver-hi diferències estadísticament significatives en cap de les tres comparacions (*Taula 81*). En la *Taula 82*, es pot observar com la mesura de l'efecte estimada de la diferència de temps en els registre electromiogràfic de superfície s'estima que és gran entre els dos grups d'intervenció, petita entre el grup C i el grup T i inexistent entre els grups C i MT. Tantmateix, no es veu cap tendència en els gràfics dels valors individuals per a cap dels tres grups (*Figura 212, Figura 213 i Figura 214*)

Taula 80. Estadístics descriptius del temps de duració del test Sorensen en la mesura basal (s).

Variable	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
Temps	Control	83,00	200,00	126,50	130,00 (43,05)
	Tarda	98,00	216,00	121,50	142,33 (51,68)
	Matí i Tarda	112,00	165,00	131,00	134,00 (19,75)

Taula 81. Comparació entre els grups d'intervenció del temps de duració del test Sorensen en la mesura basal (s).

Variable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Temps	0,699	0,818	0,937

Els valors ressaltats indiquen p -valor $\leq 0,05$ del test U de Mann-Whitney

Taula 82. Estadístics descriptius de l'increment entre final i basal del temps de duració del test Sorensen (s).

Variable	Grup	Mínim	Màxim	Mediana	Mitjana (SD)
Temps	Control	-38,00	31,00	-29,00	-16,25 (31,82)
	Tarda	-54,00	14,00	-11,00	-11,40 (26,28)
	Matí i Tarda	-35,00	68,00	-7,00	0,40 (40,92)

Taula 83. Comparació entre els grups d'intervenció de l'increment entre final i basal del temps de duració del test Sorensen (s).

Variable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment temps	0,730	0,900	0,556

Els valors ressaltats indiquen $p\text{-valor} \leq 0,05$ del test U de Mann-Whitney

Taula 84. δ -Cohen de l'increment de duració entre final i basal del test de Sorensen (s).

Variable	Control vs Tarda	Tarda vs Matí i Tarda	Control vs Matí i Tarda
Increment de temps	-0,18	-0,50	0,00
	NO	MODERAT	NO

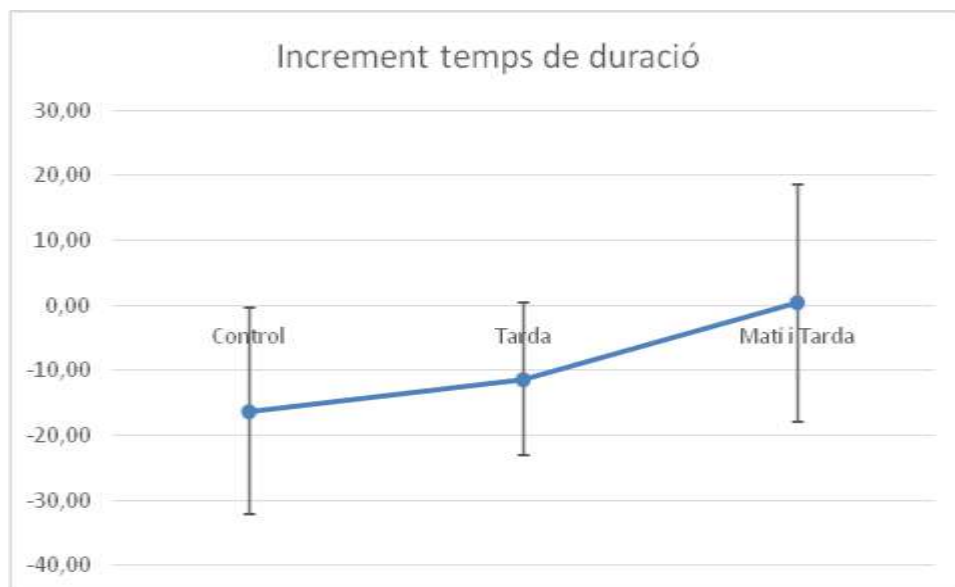


Figura 211. Gràfic de la mitjana \pm E.E. de l'increment de temps del test Sorensen segons grup d'estudi (s).

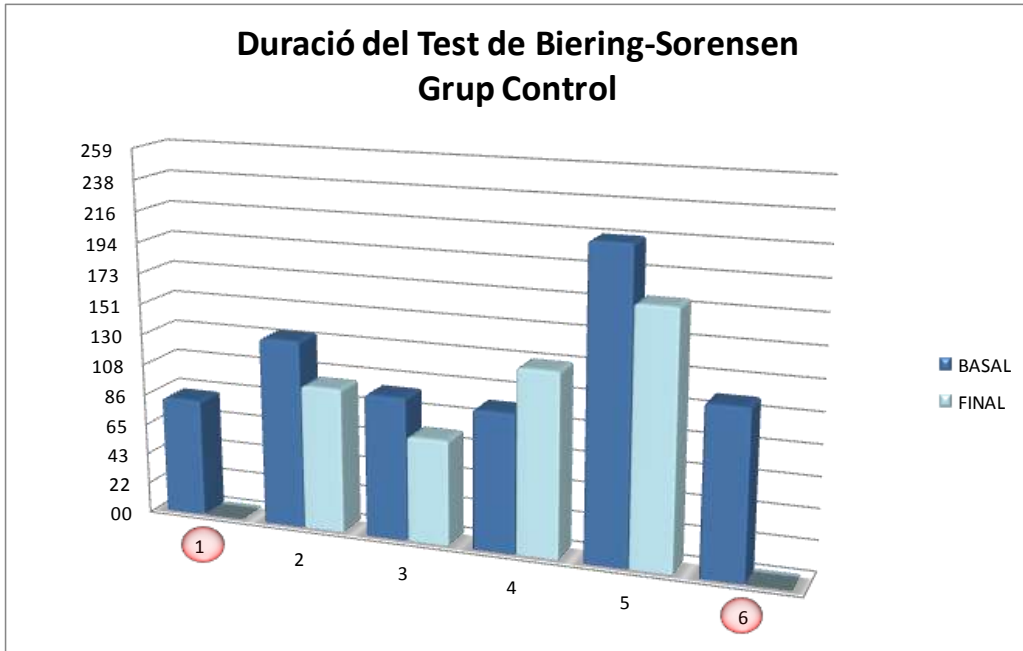


Figura 212. Valors individuals de la duració del test de fatiga Biering-Sorensen (s) del grup C; basal vs final.

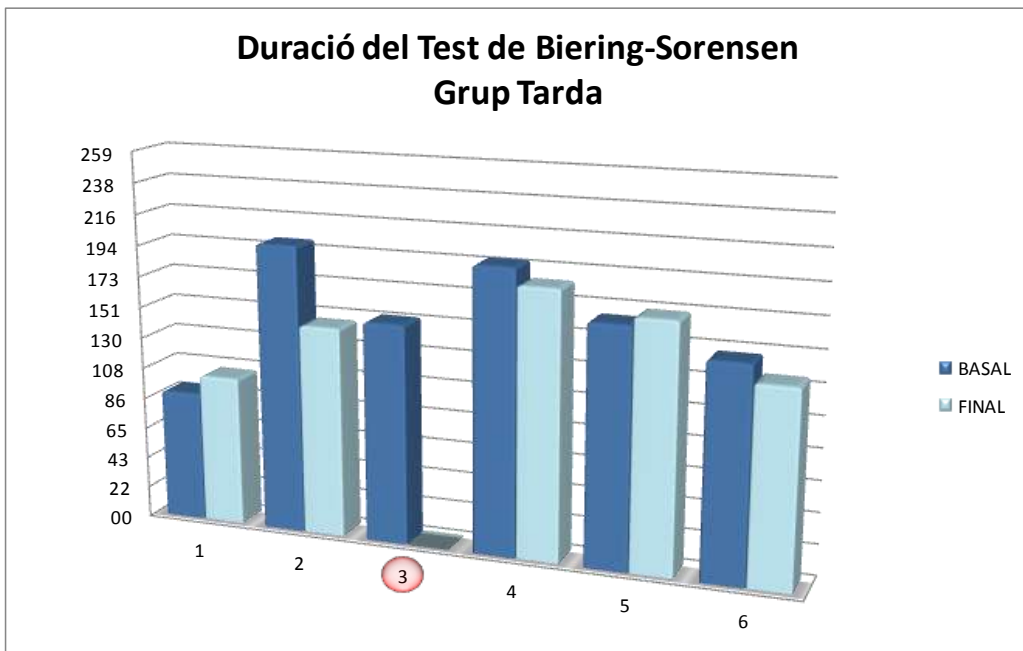


Figura 213. Valors individuals de la duració del test de fatiga Biering-Sorensen (s) del grup T; basal vs final.

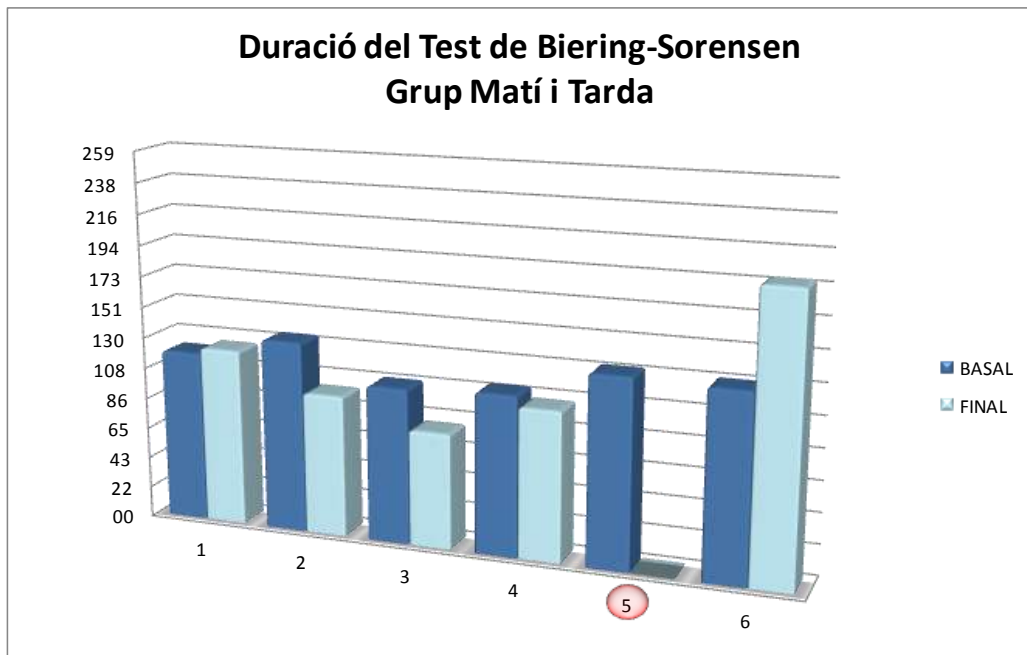


Figura 214. Valors individuals de la duració del test de fatiga Biering-Sorensen (s) del grup MT ; basal vs final.

6. DISCUSSIÓ

6.1. Disseny del programa de flexibilització de la musculatura isquiosural

Són diversos autors que han estudiat la repercussió de l'escurçament de la musculatura isquiosural en d'altres esports com ara el futbol (83,85,263,266-269), el futbol-sala (158,163), el tennis (270), les arts marcial (161), la gimnàstica artística (157), etc. En canvi, són pocs els estudis que es centren en la manca de flexibilitat de la musculatura isquiosural en la pràctica de l'handbol (123).

Es sospita que la pràctica de l'handbol provoca un escurçament de la musculatura isquiosural, degut als seus gestos característics i a la tipologia del seu entrenament. Al respecte existeix molta evidència científica sobre la incidència lesional en aquesta pràctica esportiva, destacant les patologies que afecten a la musculatura isquiosural i a la zona lumbo-pelviana (7,26,97,98,123). Paral·lelament, molts estudis avalen la relació existent entre la modificació d'aquesta zona i les seves conseqüències simptomàtiques producte de l'escurçament dels isquiosurals (19,31,92,95,143). És per aquest fet, i en aquesta línia incident directament en aquest fenomen, s'ha dissenyat, aplicat i avaluat, un programa de flexibilització de la musculatura isquiosural amb la intenció que aquesta tingui un màxim impacte en la zona lumbo-pelviana.

Amb aquesta intenció, el disseny de la present proposta de programa s'ha basat en la literatura existent, però són pocs els estudis que descriu els seus programes d'estiraments, i són encara menys els que detallen les seves intervencions tenint en consideració els seus comportaments biomecànics. Aquest fet suposa una minva informativa destacable que ha frenat el desenvolupament d'una correcta aplicació i interpretació científica dels estiraments. En el món de l'esport això ha repercutit en el seu consens i criteris d'aplicació. És per això que la present concepció i disseny d'un programa d'estiraments per millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural en jugadors d'handbol, s'ha estructurat en dues parts: un propòsit d'estiraments actius en tensió activa ubicats en l'escalfament de la sessió d'entrenament i una seqüència d'estiraments de la tipologia d'*Stretching* en la tornada a la calma, un cop finalitzada la sessió d'entrenament.

Propostes de programes de flexibilització com els d'Ayala et al. detallen els estiraments emprats reproduint tota la informació necessària per a la seva fidel execució i correcte reproductibilitat (117,120,234,271-273). Malauradament són poques les descripcions de programes de flexibilització que, com és el cas d'Ayala et al., s'especifiquin els seus objectius (finalitats terapèutiques), per tal d'escollir la convenient tipologia d'estiraments emprats, detallant: la durada (el temps que cal mantenir l'estirament), el número de repeticions, la freqüència (quants cops a la setmana s'ha d'aplicar l'estirament), la seva duració total (dies, setmanes, mesos, etc.), la intensitat (el grau de tensió percebuda en el moment de l'estirament) i la descripció posicional dels exercicis segons la localització muscular de l'actuació pels seus components mecànics i sensitius. Aquest fet limita en gran mesura el desenvolupament metodològic i científic de les diferents propostes de programes existents, donant sentit a l'estructura i detall de la present proposta.

Són molts els autors que estudien l'acció aguda dels estiraments estàtics passius i PNF i la seva eficàcia en l'escurçament isquiosural (84,93,112,117,132,135,249,274-278). En canvi, existeixen pocs estudis que analitzin el comportament dels estiraments actius en tensió activa en un efecte a llarg termini (117,279). Tanmateix, aquests estudis corroboren la necessitat d'aplicar-se en la fase d'escalfament d'una sessió d'entrenament pels beneficis que comporten en el moment de preparar la musculatura a l'activitat física (234,273). És per això que el tret significatiu que aporta aquest programa de flexibilització de la musculatura isquiosural és el reconeixement d'introduir aquesta tipologia d'estirament per preparar la musculatura. Aquest tret diferencial es suma a la incorporació, per part de la secció d'handbol dels equips formatius del FCB, d'un escalfament adaptat a l'handbol provinent d'un estudi de la Federació Internacional de Futbol Associació (FIFA) i el seu Centre d'Avaluació i Investigació Mèdica (F-MARC). Per tant, prèviament al disseny del programa d'estiraments s'ha verificat la composició d'aquest escalfament propi per tal d'evitar la repetició d'aquesta tipologia d'estiraments.

Com a precedents de l'aplicació dels exercicis d'estiraments durant l'escalfament, Rodríguez-García et al. proposa en el 1999, una millora de l'extensibilitat isquiosural mitjançant un programa d'estiraments en edat escolar, introduint durant l'escalfament 5 minuts d'intervenció amb 2 minuts més en la

finalització i tornada a la calma a posteriori de les classes d'educació física, durant 32 setmanes per un total de 62 sessions efectives, sense especificar ni la tipologia dels estiraments, ni el temps ni les repeticions. Les seves conclusions van apuntar a una millora notable de l'extensibilitat deguda a l'aplicació del programa, ja que existeix una tendència natural a incrementar la pèrdua d'extensibilitat dels isquiosurals sobretot en aquesta etapa de creixement (146).

Durant la tornada a la calma d'una sessió d'entrenament, el disseny del present programa d'estiraments ha optat per la tipologia d'*Stretching*. Es tracta d'una tècnica que queda englobada dins dels estiraments passius amb la característica principal de ser un bon mètode per millorar el to muscular (133) però que s'executa seguint els paràmetres de Facilitació Neurmuscular Propioceptiva (PNF) fent una isometria inicial, relaxació i nova posició d'estirament buscant l'estimulació dels fusos neuromusculars FNM (129). En aquest sentit, Anderson et al. es presenta com a pioner en la descripció i utilització d'aquesta tipologia d'estirament (133). Sölveborn recalca l'aplicació d'aquests estiraments en l'àmbit esportiu (129).

Referent a la part del programa d'estiraments dissenyat específicament per tal d'influenciar en la flexibilitat de la musculatura isquiosural, es va analitzar els avantatges que aporten les diferents tipologies d'estiraments. Tal i com s'ha vist en la presentació d'aquesta estudi, inicialment es va optar per un programa compost per tres estiraments en PNF (global, pel BF i pel SM/ST) i sis estiraments passius (dels quals tres estaven ubicats en el terç proximal i els altres tres en el terç distal del bíceps femoral). La suma d'aquests nou estiraments va conduir a la decisió del Comitè d'Experts a reduir el número d'exercicis i per tant, el temps emprat per la seva execució. Amb això es destaca la importància d'haver passat una avaluació pel Comitè d'Experts, doncs va permetre identificar certes problemàtiques del programa dissenyat inicialment segons els objectius presentats per la investigadora:

- Primerament van destacar la necessitat de reduir al màxim el programa d'estiraments per tal d'interferir el mínim possible en la temporització de la sessió d'entrenament. L'objectiu del programa no era el disseny d'un entrenament de flexibilitat sinó un programa de flexibilitat, on les diferències principals entre ambdues propostes són el temps i el moment d'execució. El

consens dels experts va permetre acorar el temps en funció del compendi total de la sessió d'entrenament.

- En segona instància, s'adaptà la posturologia de l'esportista en el moment de l'execució de l'estirament segons la realitat que ofereix l'espai d'entrenament. Per tant, es modificà la posició de l'esportista de sedestació sobre una llitera a la posició en bipedestació amb recolzament a una espatllera o qualsevol objecte que proporcionés una utilitat similar (per exemple, una banqueteta).

6.2. Avaluació del programa de flexibilització de la musculatura isquitiabial

6.2.1. Modificació de la flexibilització dels isquiosurals

Per avaluar la influència del programa d'estiraments proposat en els paràmetres de flexibilització, s'ha utilitzat la mesura de l'angle d'elevació de la cama recta (ECR), l'angle popliti (AKE), l'angle de flexió lumbar (LHfx) i la distància dits-peus (DDP). Totes aquestes proves han demostrat ser vàlides i reproduïbles per a reflectir el grau de flexibilitat de la musculatura isquiosural (121,138,145,151,152,155,157,158,163) i, d'aquesta manera, poder inferir una relació amb l'efecte del programa de flexibilització en l'anàlisi de la comparació dels grups estudiats.

En analitzar la situació de partida de la totalitat dels individus estudiats, s'observen diferències significatives ($p\text{-valor} \leq 0,05$ segons criteri del test d'*U Mann-Whitney*) en les mitjanes basals de les dades antropomètriques (alçada, envergadura i les mesures de les extremitats superiors i inferiors) estudiades entre els grups control (C) versus tarda (T) i T versus matí i tarda (MT). Tot i l'observació d'aquestes diferències inicials, els tres grups han demostrat tenir un comportament de la seva evolució de manera homogènia (increment de la mitjana final-basal) sense observar-ne diferències significatives encara que, associat als grups adscrits a l'entrenament de tecnificació (C i MT), presenten una tendència a tenir valors

superiors respecte al grup T (de no tecnificació) en les variables d'alçada, IMC, pes, llargada de les extremitats i envergadura, segons l'anàlisi de la δ -Cohen. Aquest fet podria donar lloc a pensar en una possible influència del volum i tipus de l'entrenament en el desenvolupament dels esportistes. En aquest sentit les darreres revisions sistemàtiques sobre la influència de l'entrenament de força en nens i adolescents apunten, entre d'altres paràmetres, a una millora en la composició corporal, en termes d'augment de massa lliure de greix, massa grassa reduïda i millora de la massa òssia i desenvolupament en general (280,281).

Respecte a l'anàlisi més concret dels paràmetres de flexibilitat observats, tot i no existir diferències significatives entre l'increment de les mitjanes entre els grups estudiats, segons el test d'*U de Mann-Whitney*, s'ha pogut observar que els grups d'intervenció, on es va aplicar el programa de flexibilització (T i MT), han aconseguit una magnitud de l'efecte que revela millors resultats en comparació amb el grup control (C), apuntant a una tendència positiva i ben definida segons l'anàlisi de la δ -Cohen. En general, tots els grups han demostrat una millora de la flexibilització valorada segon l'angle d'elevació de la cama recta (ECR), tot i partir de valors de mitjanes que indiquen un escurçament de l'isquiosural, observant-se un augment de l'angle al llarg del temps, sobretot en els valors de la cama esquerra. La influència del programa de flexibilització ha quedat reflectida en valors més alts aconseguits en els grups on s'ha aplicat el programa respecte el grup control de només tecnificació (C), aconseguint més amplitud de l'angle d'estudi en el grup MT i, en conseqüència, més repercussió en la flexibilització isquiosural.

Aprofundint individualment en l'evolució de l'ECR, es pot observar com tots els individus estudiats parteixen d'uns valors d'escurçament considerats de grau II, essent aquest fet un indicador de rigidesa muscular, que evoluciona amb el temps cap a una situació de millora (grau I), fins i tot, de normalització de la situació d'alteració. Aquest fenomen és constata fonamentalment en els grups on s'ha aplicat el programa d'estiraments (T i MT).

En aquesta línia de resultats, en jugadores de futbol sala d'alt rendiment, Ayala et al. van aplicar 4 estiraments actius de 30 segons cadascun, amb una freqüència de 3 dies per setmana, durant 8 setmanes, observant també una millora en l'ECR associada a la seva aplicació i conclouent en una conseqüència positiva en la flexibilització del programa avaluat (271).

Sainz de Baranda descriu un programa d'estiraments dedicat a la millora de la flexibilització dels isquiosurals en individus en edat escolar, observant diferències significatives com a efecte del seu programa en l'ECR i conclouent en una millora en els grups d'intervenció (138).

Tot i que el test d'ECR es postula, d'aquesta manera, com a un paràmetre a tenir en consideració en la valoració fiable de la flexibilització dels isquiosurals, en la seva valoració conjunta amb l'angle popliti (AKE), es veu necessària una unificació de criteris per a la seva correcta interpretació (145,153).

Aquesta tendència a la millora de la flexibilització més accentuada en els grups d'intervenció (T i MT) observada en les dades d'ECR, entra en conflicte amb els valors de l'increment de les mitjanes observades en l'angle popliti (AKE), tant en la cama esquerra com en la dreta on, tot i demostrar una millora en tots els grups estudiats i partint de diferents nivells d'escurçament isquiosural, s'observen les reduccions més marcades, encara que no significatives segons el test d'*U de Mann-Whitney*, en el grup C i, en conseqüència, menys millora de la seva flexibilitat. Cal aclarir que hi han autors que postulen una millor fiabilitat de la mesura de l'ECR en comparació amb l'AKE per determinar l'extensibilitat dels isquiosurals i, per tant, la repercussió d'un programa de flexibilització en aquesta musculatura (25,162). Ferrer et al. apunta a una correlació similar entre cames dreta i esquerra en ECR i AKE, encara que especifica que l'anàlisi mitjançant ECR resulta més fiable, donant millors resultats segons el seu anàlisi de coeficient de variació (25).

L'anàlisi individualitzada dels valors d'AKE no revela haver aconseguit en cap cas valors de normalitat, encara que sí que existeix una millora en el grau d'escurçament dels isquiosurals al llarg del període d'estudi atenent a una influència global tant de l'efecte de la tecnificació com del programa d'estiraments.

Altres estudis com el de Sullivan et al., sobre l'aplicació de diferents programes de flexibilització, tant amb tècniques de PNF com en estàtic passiu, tampoc troben diferències significatives en la millora de l'AKE (251), aportant més controvèrsia a l'aplicació d'aquesta mesura com a paràmetre d'avaluació de la flexibilitat. En contraposició, existeixen altres evidències trobades en esports diferents (86,159,165,227,232,282), com és el cas de l'efecte de programes d'estiraments en atletes de lluita greco-romana (un esport amb un escurçament d'isquiosurals més marcat) (283), que han determinat diferències significatives en la millora de l'AKE

apuntant a una millora de la seva flexibilització (165). Es podria postular, d'aquesta manera, que el paràmetre de mesura de l'angle popliti resulta més objectivable en aquells esports o situacions on la flexibilitat és menor i l'escurçament dels isquiosurals és més exagerada com és el cas del que s'observa en la lluita grecoromana (283).

Seguint en l'anàlisi dels diferents paràmetres estudiats de mesura de la flexibilització, tot i no trobar diferències significatives segons el test d'*U de Mann-Whitney*, s'observen tendències positives del seu efecte atribuïdes al programa d'estiraments, revelades per l'anàlisi de la δ -Cohen, en els increments de les mitjanes de l'angle de flexió lumbar (LHfx), on els grups d'intervenció (T i MT) mostren les reduccions més accentuades. Aquest fet dóna fe d'una disminució de la retroversió pelviana, fenomen que indica una tendència a la normalització de la lordosi de la columna lumbar com a factor protector de les lesions lumbo-pèlviques (145,157,176,177).

Altres estudis, com el de López-Miñarro et al., que utilitza el paràmetre LHfx per a valorar l'efecte d'extensibilitat en els isquiosurals de la seva proposta de programa d'estiraments, apunta a que la correlació entre ECR i LHfx és moderada. La utilització dels dos paràmetres per a la valoració de l'extensibilitat dels isquiosurals és àmpliament utilitzada obtenint resultats equivalents (144).

A l'anàlisi individualitzat dels resultats de l'evolució de l'LHfx de cada individu estudiat, es pot observar que, tot i partint en alguns casos de situacions d'escurçament de grau I o II (és el cas de només quatre individus), tots finalitzen l'estudi en el rang de normalitat establert.

Respecte als valors de l'increment de les mitjanes de les diferències en l'evolució de la prova de la distància dits-peus (DDP), s'han observat millores revelades per l'anàlisi de la δ -Cohen en els grups d'intervenció (T i MT), que tot i no ser estadísticament significatives (segons el test d'*U de Mann-Whitney*), reiteren la tendència d'aquests grups a demostrar l'efecte positiu del programa en la flexibilització (153). Respecte aquest valor cal indicar que existeix controvèrsia en la seva mesura per estar aquesta molt influenciada pels factors antropomètrics (96,146,153). No és el cas de la mostra estudiada (la seva totalitat) ja que no presenta diferències significatives en l'increment d'aquests factors quan es regularitza en funció de les dades antropomètriques.

López-Miñarro et al. utilitza la DDP com a paràmetre per avaluar l'efecte del seu programa d'estiraments aplicat a esportistes joves. Els resultats conclouen millores demostrades valorades amb el DDP i associades a l'aplicació dels estiraments (144,147). Santonja et al., conclou en el seu estudi en població universitària, que la utilització dels paràmetres tant de DDP com d'LHfx tenen una bona correlació per avaluar la repercussió sobre la pelvis i, indirectament, sobre el raquis lumbar, en un programa de flexibilització (20).

En el present estudi, l'anàlisi individual del paràmetre DDP, partint la gran majoria d'un estat de normalitat basal, s'ha observat una millora en tots els individus estudiats destacant l'evolució dels esportistes inclosos en els grups d'intervenció (T i MT).

Aquestes dades reiteren i detallen els efectes positius d'un programa de flexibilització en l'allargament dels isquiosurals en els seus efectes al llarg del temps, tal i com apunten altres autors en efectes aguts (117,157,164,234,244,249,271,278,279,284-286).

Per a la seva correcta valoració objectivable, és una combinació de diferents paràmetres indicadors de la flexibilització dels isquiosurals, la que apunta la literatura i el present estudi per a poder concloure una relació entre l'aplicació d'un programa d'estiraments i la seva repercussió en la flexibilització.

En aquest context ha quedat palès que el programa, aglomerant tots els resultats dels paràmetres observats tot i no tenir significació estadística prou potent, s'entreveu un efecte positiu reproduït en una millora objectivable de la flexibilització de la musculatura isquiosural. Aquest fet possiblement el posiciona com a factor protector de la regió lumbo-pelviana.

6.2.2. Incidència en la mobilitat lumbar en el pla sagital

Per a valorar la mobilitat en el pla sagital de la regió lumbo-pelviana en flexió i extensió, s'ha utilitzat el test de Schöber modificat-modificat i el test d'extensió de la columna lumbar que demostren ser fiables, reproduïbles i estan validats (166,167,169-172). La seva aplicació s'ha concebut inicialment per observar un

possible comportament associat entre els tests de flexibilitat i els presents tests dinàmics que coincideixen en l'exploració del pla sagital.

Tant en l'anàlisi de l'increment de les mitjanes del test de Schöber com en el test d'extensió de la columna lumbar, no s'han trobat diferències significatives entre els grups segons el test d'*U de Mann-Whitney*, tot i que s'han observat tendències que apunten a una diferenciació entre el grup d'intervenció associat a la tecnificació (MT) i la resta (C i T) gràcies a l'aplicació del test de la δ -Cohen. El grup MT tendeix a revelar resultats menys positius en la reducció del moviment de flexió anterior de tronc. Però és en analitzar l'increment de les seves mitjanes en el test d'extensió de la columna lumbar quan es pot observar un efecte negatiu més marcat.

Ubicant l'anàlisi de les dades de mobilitat lumbar en el conjunt i context global de valoracions del present estudi, aquestes es revelen com a desencaixades i contradictòries amb la resta de tendències observades que apunten a una millora de les condicions estudiades en el marc de l'aplicació del programa de flexibilització. Es dedueix, llavors, que aquest paràmetre dissonant és postula com el més indicatiu en la necessitat d'augmentar la mostra analitzada per poder arribar a concloure alguna diferència entre els grups estudiats.

6.2.3. Repercussió sobre la posició lumbo-pelviana valorada a través dels angles radiològics

Els paràmetres radiològics escollits per a la valoració estructural de la zona lumbo-pelviana, han estat l'angle de Cobb en el pla frontal (AC), l'angle lumbo-sacre (ALS), l'angle d'inclinació sacre-horitzontal (ASH), l'angle d'inclinació sacre-vertical (ASV), l'angle de cifosi lumbo-sacra (ACLS) i l'angle de lordosi lumbar (ALL), tots ells han demostrat poder objectivar l'estat normal i diferenciar-lo eficientment del patològic gràcies a l'anàlisi del posicionament de l'estructura lumbo-pelviana respecte a diferents factors de disfunció.

Respecte a les valoracions associades a l'angle de Cobb (AC); no s'han trobat diferències entre els grups estudiats ni cap tendència que se'n pugui derivar. L'evolució dels seus valors no revelen cap influència per part de l'aplicació del programa de flexibilització.

En la resta d'angles estudiats, tant l'anàlisi basal com el de l'increment de les mitjanes dels paràmetres radiològics estudiats en tots els grups, desvela una normalitat generalitzada (104). Encara que, en algunes valoracions concretes relacionades amb els grups d'intervenció, apunten a un allunyament de llindars relacionats amb situacions de risc patològic.

En el cas de la valoració de l'angle lumbo-sacre (ALS), s'ha observat una tendència a la millora que s'ha traduït en una disminució de l'angle ens els dos grups d'intervenció (T i MT), encara que amb més èmfasi en el grup MT. Tot i no arribar a una significació estadística segons el test d'*U de Mann-Whitney*, les tendències revelades apunten a un efecte positiu de la flexibilització dels isquiosurals, revelat per l'anàlisi de la δ -Cohen, podent ser un indicador vàlid d'allunyament de situacions patològiques associades a l'espondilòlisi o l'espondilolistesi, millorant la retroversió pelviana i presentant-se com a factor protector eficient, tal i com apunten diversos autors (18,19,92,146,180). Paral·lelament, l'augment de l'ALS ocasiona una força lliscant en sentit antero-inferior (287) incrementant el declivi del pla provocant dolor per distensió de les estructures lligamentoses i sobrecàrrega de les facetes articulars. En bipedestació, l'augment de l'ALS condiona una hiperlordosi que afavoreix l'aparició de dolor degut a la compressió del disc intervertebral lumbosacre en la seva paret posterior, una sobrecàrrega de les articulacions interapofisiàries, i una disminució de la llum del foramen de conjunció lumbo-sacre que pot arribar a comprimir l'arrel del nervi (23). És per això que es pot considerar un allunyament d'aquesta situació de risc com un factor protector a tenir en consideració derivat de l'aplicació del programa de flexibilització.

En afegit al posicionament del programa de flexibilització com a factor protector de la zona lumbo-sacre, cal remarcar l'anàlisi dels valors obtinguts de l'increment de les mitjanes dels angles d'inclinació sacre-horitzontal (ASH) i sacre-vertical (ASV). Partint tots els grups d'una normalitat contrastada (104,180), i després de l'aplicació del programa d'estiraments, s'ha observat que en els grups T i MT (d'intervenció) presenten una tendència a augmentar l'ASH, segons l'anàlisi de la δ -Cohen, i a disminuir l'ASV, allunyant-se d'una possible situació d'instabilitat entre el sacre i L5, i fomentant, d'aquesta manera, una situació protectora davant la possibilitat de l'aparició d'espondilolistesi, tal i com postula Ruiz et al. (174).

En les comparacions de les mitjanes d'evolució de l'ASV entre els grups estudiats, s'han observat diferències estadísticament significatives ($p\text{-valor}\leq 0,05$ en el test d'*U de Mann-Whitney*) entre el grup d'aplicació del programa de flexibilització T i el grup C. L'angle ha disminuït en els grups d'intervenció, encara que de manera no significativa en el grup MT, evidenciant un allunyament de la inestabilitat de L5 respecte el sacre.

Seguint el discurs de l'anàlisi dels angles descriptors de l'estat lumbo-pèlvic, la valoració de l'evolució de les mitjanes de l'angle de cifosi lumbo-sacra (ACLS), partint de valors associats a la normalitat, ha donat com a resultat en la comparació entre grups diferències estadísticament significatives ($p\text{-valor}\leq 0,05$ en el test d'*U de Mann-Whitney*) entre els esportistes en els que s'ha dut a terme la intervenció (T i MT) i el grup control (C). D'aquest efecte es pot inferir que l'aplicació del programa de flexibilització ha provocat una reducció de l'angle, fenomen que dona una estabilitat en el pla sagital de L5, allunyant-se de possibles situacions de risc patològic associat a l'espondilolistesi tal i com apunten Vital et al. (175).

Finalment, i per afegir més arguments a la proposta del programa de flexibilització com a factor protector, també s'ha estudiat la lordosi lumbar gràcies a l'anàlisi dels valors de l'increment de la mitjana de l'angle de lordosi lumbar (ALL). Partint de valors normals, encara que situats en el seu límit superior proper a valors d'hiperlordosi, s'ha observat una lleugera tendència, no estadísticament significativa, cap a la reducció de l'angle en els grups sotmesos al programa de flexibilització (T i MT) respecte el grup control (C). Aquest fet dona fe d'una rectificació, encara que lleu, cap a valors de normalitat allunyant-se de possibles situacions patològiques (18,19,21,25,96).

Tot i els resultats estadísticament significatius trobats en la comparació de l'evolució de l'ASV i l'ACLS entre els grups d'intervenció i el control, les diferències estadísticament no significatives i les poques tendències trobades en els altres paràmetres estudiats, apunten a que les indicacions temporals recomanades per Santonja et al. i Fujii et al. (19,104,262) s'han de revisar en el seu augment per trobar alguna diferència radiològica fruit de l'avaluació d'una intervenció en la zona lumbosacra.

Tot i aquest fet, el conjunt de resultats revelats dels grups d'intervenció i els contrastats per la literatura, apunten a l'aplicació del programa de flexibilització com a factor protector de la zona lumbo-pelviària.

6.2.4. Influència sobre la discapacitat i la percepció de dolor

Per avaluar el grau de discapacitat associat a l'evolució dels diferents grups estudiats, s'ha utilitzat l'escala de Roland-Morris per la seva fiabilitat i aplicabilitat (166,167,219,221,260). S'ha de tenir en consideració que aquesta escala és concebuda per copsar l'evolució de la discapacitat en poblacions amb diferents graus d'incapacitat. Aquest fet resulta un handicap per a la valoració de poblacions que, com la del present estudi, no arriben a tenir incapacitat encara que sí certa discapacitat al llarg del temps. És per això que, tal i com han aplicat diversos autors (166,167), aquest paràmetre s'ha valorat conjuntament amb la percepció del dolor (amb l'escala EVA) en la zona lumbar per afinar en la detecció de possibles disfuncions a nivell lumbo-pelvic.

En analitzar els resultats derivats de l'evolució de les mitjanes del test de Roland-Morris, no s'han observat diferències significatives entre els grups, segons el test d'*U de Mann-Whitney*, encara que s'apunta cap a una tendència a la disminució de la discapacitat en els grups d'intervenció (T i MT) respecte el control (C), revelat per l'anàlisi de la *δ-Cohen*. Aquest fenomen s'observa també en els resultats derivats de l'EVA pel dolor lumbar. Aquest fet posiciona a l'aplicació del programa de flexibilització com a possible preventiu en l'aparició de patologies en la zona lumbar.

6.2.5. Repercussió sobre l'activació i fatiga muscular

Per avaluar la possible repercussió del programa de flexibilització sobre l'activació i fatiga dels músculs de la cadena posterior (erectors espinals, multifids, glutis majors i semitendinosos) s'ha fet servir el test de Biering-Sorensen, donada la seva validesa (31,215), reproductibilitat (216) i aplicació en la mesura de la

resistència muscular com a factor associat al dolor lumbar (214,288). Així, s'ha analitzat el grau d'activació neuromuscular en base a l'amplitud del senyal de l'electromiografia de superfície (EMGS) com a mitjana del *Root Mean Square* (RMS) en tant per cent de la contracció voluntària isomètrica màxima (%CVIM), el grau de fatiga en base al pendent normalitzat de la freqüència mediana de l'espectre de freqüències, i el temps d'execució del test determinat en funció del temps d'activació muscular. No s'han trobat diferències significatives en l'increment post/pre-intervenció, positiu o negatiu, de cap dels paràmetres analitzats entre grups. Per això, i donada la mida de la mostra del present estudi, s'interpreten els resultats obtinguts de les comparacions en base a la mida de l'efecte utilitzant els criteris de δ -Cohen.

Les tendències que es dibuixen en relació a l'increment d'activació muscular mostren una disminució de l'activació (increment negatiu) de la musculatura paravertebral bilateralment en els grups que han seguit el programa de flexibilització (T i MT), mentre que el grup control mostra un augment d'activació (increment positiu) dels erectors espinals i multífids. Aquestes dades queden també recolzades en el fet que l'estimació de l'efecte és moderada o gran al comparar el grup control (C) amb els grups intervenció (T i MT), però nul·la o petita al comparar entre els grups d'intervenció. En canvi, la musculatura pelviana i del maluc presenta menys consistència en quant al signe i grau de l'increment, com en relació a la simetria dreta/esquerra, i en l'estimació de l'efecte. Assenyalar però que en el grup control l'augment d'activació de la musculatura troncal s'acompanya de disminució de l'activació de la musculatura de pelvis i cuixa (a excepció del gluti major esquerre); i en el cas del grup d'intervenció MT, la relació post/pre-intervenció per grups musculars queda invertida respecte al grup C. Finalment el grup d'intervenció T, que ha fet el programa de flexibilització però no pertany al programa de tecnificació, mostra disminució en l'activació muscular en tots els músculs després de la intervenció. Si en aquesta anàlisi, afegim l'anàlisi individual, on es té en compte el comportament dels músculs entre individus d'un mateix grup, podem afegir una major consistència dels increments en el grup control, on tots els individus presenten un increment d'activació en els músculs erector espinal dret, multífid dret, i glutis majors; i en el grup d'intervenció MT on tots els individus presenten una disminució de l'activació pels erectors espinals. Per tant, tot i la variabilitat trobada

en aquest paràmetre d'activació, una visió de conjunt apunta a un menor treball de la musculatura paravertebral en els grups que han realitzat el programa de flexibilització vers el grup control, amb una participació menys homogènia de la musculatura glútia i isquiosural, però que en el grup control i el grup MT (grups de tecnificació) sembla orientada a una adaptació conjunta de tota la cadena muscular posterior.

S'ha de tenir present que el test Sorensen mesura la resistència de tots els músculs que intervenen en l'extensió del tronc, no només els paraespinals, sinó també els glutis majors i els isquiosurals. El paper d'aquests dos músculs encara es motiu de controvèrsia, i hi ha estudis on se'ls atribueix un paper mínim, mentre que d'altres indiquen una correlació entre el temps de manteniment del test i el temps d'evolució de la fatigabilitat muscular, posant de relleu la importància dels músculs extensors de maluc (214).

A més, tenint en compte que una major extensibilitat de la musculatura isquiosural permet una major lordosi lumbar, la menor activació de la musculatura paravertebral en els grups d'intervenció pot ser deguda a un major braç de palanca dels músculs erectors espinals i multifíds. Així, Tveit et al. van mesurar l'efecte de diferents curvatures lumbar sobre el braç de palanca dels músculs erectors espinals i de l'aponeurosi erectora espinal i van trobar increments significatius quan la columna es troba en lordosi. Això fa que els músculs extensors necessitin menys força per contrarestar el moment flexor que genera el pes del HAT (*head-arms-trunk*) durant la realització del test Sorensen (289).

Diversos estudis recolzen la validesa del test Biering-Sorensen per mesurar la fatigabilitat de la musculatura de l'esquena (290). En aquest estudi, en analitzar el paràmetre increment post/pre-intervenció, positiu o negatiu, de la fatiga entre grups, s'observa que el grup control (C) és el que presenta menys millores en la fatiga. Així, d'una banda, en relació a la musculatura paravertebral, els músculs erectors espinals disminueixen la fatiga post-intervenció en els grups d'intervenció, i en major grau que els del grup control; mentre que en aquest grup s'observa com erectors espinals i multifid esquerre es fatiguen més al final, i el multifid dret tot i que es fatiga menys al final ho fa en menor mesura que en els grups d'intervenció. D'altra banda, la tendència es repeteix en la musculatura de pelvis i maluc, observant-se reduccions menors de la fatiga en el grup control que en els grups

intervenció, a excepció del gluti major dret, on la millora de la fatiga es menor en el grup T; a més, en el cas del gluti major esquerre i el semitendinós dret del grup control, la fatiga no es redueix sinó que augmenta en el registre final. Aquests resultats s'acompanyen d'una estimació de l'efecte entre moderada i gran entre els grups C i T, grups que es diferencien tant en el programa de tecnificació com d'estirament. Si la comparació es fa entre els grups que fan tecnificació (C i MT), l'estimació de l'efecte és gran només pels músculs semitendinosos, precisament quan la diferència entre aquests grups és el programa de flexibilització isquiosural. Entre els grups d'intervenció (T i MT) hi ha variabilitat en l'estimació de l'efecte segons músculs i lateralitat.

Una millora o disminució de la fatiga en la musculatura paravertebral pot suposar un factor de protecció de la columna lumbar. Així, Mannion et al. van observar una correlació entre la fatigabilitat muscular mesurada mitjançant SEMG i el risc de dolor lumbar (200).

En relació al temps de duració del test de Biering-Sorensen, la dispersió dels resultats és molt gran, no trobant-se diferències significatives ni en la mesura inicial ni en l'increment final-basal. Assenyalar que curiosament aquests increments són negatius per a tots els grups (aguanten menys temps al final), i que aquesta disminució és major en el grup control, seguida pel grup T i pel grup MT. Aquesta tendència presenta una mesura de l'efecte moderada només al comparar els grups d'intervenció (T i MT), que es diferencien en el programa de tecnificació. Aquesta dispersió coincideix amb la trobada en altres estudis. Així, en la revisió de Moreau et al. indiquen com a intervals de normalitat pels homes sans de 84 a 195 segons i pels homes amb dolor lumbar entre 80 a 194 segons, presentant tot un seguit d'estudis que no coincideixen en aquests límits (288). S'ha de tenir en compte que factors de motivació, competitivitat o el dolor poden influir, a més de la capacitat neuromuscular de l'individu, en el temps de resistència (291).

Tot i que les tendències observades, disminució en l'activació i en la fatigabilitat de la musculatura paravertebral en els grups d'intervenció, apunten a una disminució del risc de dolor lumbar, hem de tenir present que encara manquen estudis que augmentin el nivell d'evidència d'aquests resultats. Hi ha pocs estudis que avaluïn electromiogràficament els efectes dels estiraments isquiosurals, però en tots els casos trobats a la bibliografia, avaluen els efectes aguts, just després de

l'aplicació d'un o altre tipus d'estirament (238,240,242,243). Els estudis que analitzen els efectes després d'un programa d'intervenció o rehabilitació de certa durada (mesos), no aïllen els estiraments isquiosurals com a factor d'intervenció, sinó que els estiraments formen part d'una combinació d'exercicis terapèutics. És per això que manquen estudis que permetin contrastar els resultats obtinguts i proporcionar-los una major evidència.

6.2.6. Acompliment del programa de flexibilització

A l'apartat 5.2 es comenta el compliment del programa de flexibilització dels isquiosurals. Mitjançant les gràfiques es pot observar que ambdós grups de tecnificació (C i MT) tenen una assistència als entrenaments similars (al voltant del 75%) i en canvi, el grup de no tecnificació (grup T) té una assistència que s'aproxima al 100% de la totalitat de l'entrenament. Les dades es poden justificar partint de la base que el grup T fa un 82% menys d'entrenament respecte als grups de tecnificació. Cal tenir present que les sessions d'entrenament de tarda són col·lectives i per tant és més difícil donar festa als esportistes. I a la inversa, degut a que pel matí s'entrena amb més independència, existeix més facilitat per part de l'entrenador de poder donar descans puntual si ho creu convenient per l'esportista.

En el mateix apartat s'ha evidenciat que els grups de tecnificació C i MT tenen més càrrega d'entrenaments (tant físics com tàctics) corresponent a un 82% més respecte al grup T, i per tant, els grups C i MT estan exposats a un major risc de patir lesions (que pot suposar l'absència a l'entrenament). Els grups de tecnificació tenen més possibilitats d'anar a la Selecció Nacional (de 4 a 10 dies repartits durant la temporada) així com la probabilitat d'entrenar amb el primer equip. Per últim, si els seus resultats associats als seus estudis no rendeixen satisfactòriament (requisit indispensable per pertànyer al grup de tecnificació) els esportistes del grup C i MT tenen més possibilitat de ser beneficiaris d'una sessió de descans per tal de poder reforçar pel matí els seus estudis.

Cal constatar que part de la mostra d'estudi de Mónaco et al. que eren jugadors de la categoria cadet B i infantils (7), en la temporada actual són la majoria els

jugadors de l'actual categoria juvenil (categoria d'estudi de la mostra d'aquest treball d'investigació).

7. CONCLUSIONS

1. **E**n una valoració global dels efectes de l'aplicació d'un programa de flexibilització isquiosural en esportistes d'handbol, s'evidencia la necessitat de l'ampliació de la mostra per a confirmar les tendències trobades i consolidar amb evidència estadística significativa l'estimació del seu efecte.
2. El flexibilització d'isquiosurals ha repercutit en la rigidesa muscular, apuntant a un efecte positiu i d'estabilització del programa en la musculatura isquiosural, tenint en compte les variables de flexibilitat de l'angle d'elevació de la cama recta (ECR), l'angle popliti (AKE), l'angle lumbo-horitzontal en flexió (LHfx) i la distància dits-peus (DDP). Aquest efecte no s'ha pogut demostrar en el test de Schöber i de l'extensió de la columna lumbar.
3. Es constata l'efecte positiu del programa de flexibilització isquiosural sobre els paràmetres radiològics de l'angle d'inclinació sacre-vertical (ASV) i l'angle de cifosi lumbo-sacra (ACLS). Aquest efecte es recolza també en les tendències observades en l'angle lumbo-sacre (ALS) i l'angle de lordosi lumbar (ALL). Aquests fets apunten a una rectificació cap a valors de normalitat lumbo-sacres.
4. El programa de flexibilització ha revelat una tendència a la millora en l'evolució dels paràmetres de discapacitat (test de Roland-Morris) i la percepció de dolor lumbar (escala EVA), reduint-se tant el dolor percebut com la possible discapacitat a la regió lumbo-pelviana.
5. L'efecte, a llarg termini, de l'aplicació del programa de flexibilització ha desvelat una tendència cap a la disminució en l'activació dels músculs paravertebrals i una millora en la seva fatigabilitat, recolzada per l'estimació de l'efecte. Aquesta

uniformitat en la tendència no s'ha observat als grups musculars extensors de maluc.

6. L'efecte de l'aplicació del programa de flexibilització sobre la fatiga dels músculs semitendinosos es veu potenciat quan s'associa la flexibilització i la tecnificació, en base a la mesura de la tendència. No s'han pogut demostrar el benefici d'aquesta combinació de programes en d'altres paràmetres estudiats.

7. L'aplicació del programa de flexibilització s'ha associat, en general, a una disminució d'alguns dels factors de risc patològics de la zona lumbo-pelviària en els jugadors juvenils d'handbol.

8. LIMITACIONS DE L'ESTUDI I LÍNIES DE FUTUR.

Dels resultats d'aquesta tesi se'n desprèn les limitacions i línies de futur que s'exposen a continuació.

7.1. Augment de la mostra d'estudi

El resultats presentats en aquest estudi, encara que coherents amb la hipòtesi plantejada, no disposen de la significança estadística desitjada. Les tendències exposades en el capítol de resultats fan pensar en la bona directriu de la investigació plantejada. Però és evident que la manca de resultats estadísticament significatius esperats posa de manifest la necessitat d'augmentar la mostra de l'estudi. En l'actualitat, el FCB és l'única institució estatal que té la capacitat de mantenir un grup de tecnificació d'handbol en categories formatives. L'actual situació econòmica del país influenciada per una retallada molt significativa de les subvencions públiques destinades a la pràctica esportiva, impedeix desenvolupar programes d'aquestes característiques. En front aquesta situació de crisi econòmica patida pel país, equips punters estatals en el món de l'handbol com ara Fraiking Balonmano Granollers, Ademar de León i Balonmano Ciudad Real s'han vist obligats a eliminar aquests programes de tecnificació. La manca d'existència d'aquests programes impossibilita l'aplicació de l'estudi a altres institucions esportives de forma simultània i en una mateixa temporada. Per tant, només cap la possibilitat de continuar l'estudi a la institució del FCB per tal de corroborar que existeix aquesta tendència. La seva continuïtat, en el marc d'un estudi longitudinal, suposa un augment del temps d'aplicació del programa amb l'objectiu de ratificar si aquesta tendència que s'intueix en el present estudi s'acaba consolidant. D'aquesta manera s'obtindrà la mostra necessària per corroborar si la hipòtesi de l'estudi acaba confirmant-se amb la potència estadística suficient.

7.2. Comparativa de poblacions d'esportistes

Davant la necessitat d'augmentar la mostra d'estudi es planteja paral·lelament una nova línia d'investigació que contingui altres poblacions. Dins del món de l'handbol, caldria estudiar si existeix la possibilitat d'extrapolar l'estudi a una població homònima del gènere femení. És necessari esbrinar si cap la possibilitat de comparar les sessions d'entrenament en quantitat i en especificitat entre la població del gènere masculí i la del gènere femení. Tanmateix, abans d'acceptar com a mostra la composició d'individus d'ambdós sexes, cal identificar si es viable la comparativa entre individus que tenen diferent resposta a la flexibilitat muscular i diferent morfologia de la seva columna vertebral lumbar.

En aquesta línia el projecte es podria ampliar, també, en l'observació de l'efecte pràctic del programa de flexibilització isquiosural en diferents esports on aquesta musculatura tingui un protagonisme destacat en la seva pràctica i se'n pugui derivar alguna patologia lumbo-pelviana incident. Aquest estudi ajudaria a aclarir el paper d'aquest tipus de musculatura en l'encaix global de la pràctica de l'esport derivant en un compendi de pràctiques encaminades a prevenir lesions esportives.

7.3. Altres poblacions d'estudi

Una nova línia de futur que s'obre davant la necessitat d'augmentar la mostra és el replantejament de la descripció de la població cap a individus que no tinguin la característica de pertànyer a una població d'esportistes de tecnificació. Caldria descriure quins atributs defineixen la nova població en la qual es vol estudiar l'aplicació del programa de flexibilització de la musculatura isquiosural i la seva repercussió a nivell de les estructures lumbo-pélviques com a treball preventiu del dolor lumbar. Aquest fet ens plantejaria la possibilitat d'entrar en l'estudi de disciplines mèdiques relacionades amb la prevenció de riscos laborals i d'altres estudis amb poblacions susceptibles a derivar les seves pràctiques quotidianes en patologies lumbo-pélviques.

7.4. Prevenció lesional amb l'objectiu de millora en el rendiment esportiu

Es podria donar un pas més enllà enfocant l'estudi cap al rendiment esportiu. Caldria esbrinar si la millora de la flexibilitat de la musculatura isquiosural d'aquests esportistes pot evitar la pèrdua d'hores tant d'entrenament com d'hores competitives, obtenint si s'escau, un major rendiment esportiu i/o una carrera esportiva més saludable. Aquesta seria una nova línia de futur oferint la prevenció com a tret característic del programa d'estiraments de la musculatura isquiosural.

7.5. Profunditzar en els diferents tipus d'entrenament i posició de joc

Una altra línia de futur possible és veure la incidència que se'n pot derivar de les diferents tipologies d'entrenament físic i tàctic, desglossant la seva especificitat d'entrenaments físics (força explosiva, velocitat, etc.) en el marc de l'anàlisi de la flexibilitat de la musculatura isquiosural.

Des d'un estudi longitudinal, salvant les limitacions de la grandària de la mostra, i per tal d'aprofundir en les diferències tipològiques derivades de les diferents posicions de joc, es proposa realitzar un estudi sobre la influència del programa de flexibilització de la musculatura isquiosural segons la posició de joc. D'aquesta manera es podria caracteritzar cadascuna de les set posicions de joc (porter, pivot, extrem esquerre, extrem dret, lateral esquerre, lateral dret i central) segons el seu grau de flexibilitat i lateralitat (esquerra/dreta).

7.6. Ampliació del rang temporal i tipus d'anàlisi radiològic

Una altra limitació evident que ha tingut l'estudi recau sobre la temporalitat transcorreguda entre la presa de dades radiològica basal i la final. Són varis els autors que recomanen un transcurs mínim de 6 mesos entre mesura i mesura per tal d'obtenir algun canvi estructural plasmat en la imatge radiològica. Aquesta limitació és de difícil solució ja que la temporada es prolonga de finals d'agost a meitat del mes de maig de l'any posterior. Això significa que com a màxim es podria

mesurar la diferència de 7 mesos entre mesura basal i final. D'aquí cal descomptar tant els dies necessaris per a homogeneïtzar l'equip després de les vacances d'estiu com el temps que es destina per fer les mesures (aproximadament uns 20 dies cadascuna de la basal i final).

De la discussió se n'extreu la necessitat de revisar la tipologia d'anàlisi d'imatge radiològica, ampliant-la a una projecció obliqua anterior dreta i una projecció obliqua anterior esquerra per detectar l'existència d'espondilòlisi lumbar, que conjuntament amb els angles radiològics estudiats permetran deduir si existeix una correlació entre l'escurçament de la musculatura isquiosural amb l'agreujament de la clínica associada a l'espondilòlisi i/o espondilolistesi.

En aquesta línia de futur es remarca, doncs, la necessitat de convertir el present projecte en un estudi longitudinal.

7.7. Noves visions electromiogràfiques

L'electromiògraf utilitzat pel projecte, caracteritzat per només 8 canals de registre, només ha permès estudiar l'activació i la fatiga muscular de la cadena posterior descartant la mesura de la musculatura de la cara anterior. Descartant el psoes ilíac, que no és accessible a la valoració electromiogràfica, l'estudi es podria ampliar a l'observació del comportament (fatiga i activació) de la musculatura abdominal i el recte femoral. Aquesta informació es complementaria amb la ja obtinguda per aclarir encara més el paper de la integració muscular en el posicionament lumbo-pèlvic.

Cal comentar, respecte a un possible anàlisi electromiogràfica de la musculatura de la cara anterior del tronc, que existeix una limitació associada a la seva mesura. Això es degut a la posició del cos necessària per a l'execució del Test de Sorensen, caracteritzada per un recolzament de la zona abdominal de mesura contra la llitera, provoca un silenci electromiogràfic del seu senyal wireless de l'aparell.

Paral·lelament a aquesta línia d'investigació en electromiografia, es podria plantejar un projecte on s'estudiï la contribució relativa dels diferents músculs en el

manteniment d'una postura ampliant-lo en un gest més específic de l'àmbit esportiu de l'handbol (un salt o un llançament de penal...)

9. BIBLIOGRAFIA

- (1) Parkkari J, Kujala U, Kannus P. Is it Possible to Prevent Sports Injuries? *Sports medicine* 2001;31(14):985-995.
- (2) Caine D, Maffulli N, Caine C. Epidemiology of injury in child and adolescent sports: injury rates, risk factors, and prevention. *Clin Sports Med* 2008;27(1):19-50.
- (3) Casáis Martínez L. Revisió de les estratègies per a la prevenció de lesions des de l'activitat física. *Apunts: Medicina de l'esport* 2008;43(157):30-40.
- (4) Wedderkopp N, Kaltoft M, Lundgaard B, Rosendahl M, Froberg K. Prevention of injuries in young female players in European team handball. A prospective intervention study. *Scand J Med Sci Sports* 1999;9(1):41-47.
- (5) Wedderkopp N, Kaltoft M, Holm R, Froberg K. Comparison of two intervention programmes in young female players in European handball—with and without ankle disc. *Scand J Med Sci Sports* 2003;13(6):371-375.
- (6) Olsen O, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R. Injury pattern in youth team handball: a comparison of two prospective registration methods. *Scand J Med Sci Sports* 2006;16(6):426-432.
- (7) Mónaco M, Gutiérrez Rincón JA, Montoro Ronsano JB, Til L, Drobic F, Nardi Vilardaga J, et al. Epidemiología lesional del balonmano de elite: estudio retrospectivo en equipos profesional y formativo de un mismo club. *Apunts Medicina de l'Esport* 2013;49(181):11-19.
- (8) Skoffer B, Foldspang A. Physical activity and low-back pain in schoolchildren. *European Spine Journal* 2008;17(3):373-379.
- (9) Harreby M, Nygaard B, Jessen T, Larsen E, Storr-Paulsen A, Lindahl A, et al. Risk factors for low back pain in a cohort of 1389 Danish school children: an epidemiologic study. *European Spine Journal* 1999;8(6):444-450.
- (10) Kujala UM, Orava S, Järvinen M. Hamstring injuries. *Sports Medicine* 1997;23(6):397-404.
- (11) Bejia I, Abid N, Salem K, Letaief M, Younes M, Touzi M, et al. Low back pain in a cohort of 622 Tunisian schoolchildren and adolescents: an epidemiological study. *European Spine Journal* 2005;14(4):331-336.
- (12) Rollin J. Place du renforcement musculaire excentrique des ischio-jambiers dans la preparation des sprinters. *Kinésithérapie scientifique* 2010(509):21-26.
- (13) Kumazaki T, Ehara Y, Sakai T. Anatomy and physiology of hamstring injury. *Int J Sports Med* 2012;33(12):950.

- (14) Balius Matas R, Pedret Carballido C. Lesiones musculares en el deporte. Madrid: Panamericana; 2013.
- (15) Puig P, Trouve P, Savalli L, Laboute E. Les accidents des muscles ischiojambiers. Un comportement très excentrique. Journal de Traumatologie du Sport 2009;26(1):18-23.
- (16) Rehorn M, Blemker S. The effects of aponeurosis geometry on strain injury susceptibility explored with a 3D muscle model. J Biomech 2010;43(13):2574-2581.
- (17) Edouard P, Serra J, Pruvost J, Depiesse F. Les lésions musculaires des ischiojambiers. Journal de Traumatologie du Sport 2013;30(3):176-184.
- (18) Santonja F, Ferrer V, Martínez I. Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. Selección 1995;4(2):78-88.
- (19) Santonja F, Ferrer V, Andújar P. Síndrome de los isquiosurales cortos. Madrid: Jarpyo; 2006. p. 1063-1072.
- (20) Santonja F, Andújar P, Martínez I. Ángulo lumbo-horizontal y valoración de repercusiones del síndrome de isquiosurales cortos. Apunts Medicina de l'Esport 1994;31(120):103-111.
- (21) Santonja F, Martínez I. Síndrome de acortamiento de la musculatura isquiosural. Valoración Médico-Deportiva del Escolar Murcia: Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico; 1992. p. 245-258.
- (22) Woodley SJ, Mercer S. Hamstring muscles: architecture and innervation. Cells Tissues Organs 2005;179(3):125-141.
- (23) Adams MA. Biomechanics of back pain. Acupuncture in medicine 2004;22(4):178-188.
- (24) Neumann D. Fundamentos de la rehabilitación física. Badalona: Paidotribo; 2007.
- (25) Ferrer V, Santonja F, Carrión M, Martínez L. Comparación de dos tests (EPR y Poplíteo) para el diagnóstico del síndrome de isquiosurales cortos. Archivos de Medicina del deporte 1994;30(43):247-254.
- (26) Reid D, McNair P. Factors contributing to low back pain in rowers. British journal of sports medicine 2000 Oct;34(5):321-322.
- (27) Parnianpour M, Nordin M, Kahanovitz N, Frankel V. The triaxial coupling of torque generation of trunk muscles during isometric exertions and the effect of fatiguing isoinertial movements on the motor output and movement patterns. Spine 1988;13(9):982-992.

- (28) Ng J, Richardson C, Parnianpour M, Kippers V. EMG activity of trunk muscles and torque output during isometric axial rotation exertion: a comparison between back pain patients and matched controls. *Journal of Orthopaedic Research* 2002;20(1):112-121.
- (29) Panjabi M, Abumi K, Duranceau J, Oxland T. Spinal stability and intersegmental muscle forces: a biomechanical model. *Spine* 1989;14(2):194-200.
- (30) Lee S, Piazza S. Built for speed: Musculoskeletal structure and sprinting ability. *Journal of Experimental Biology* 2009;212(22):3700-3707.
- (31) Biering-Sorensen F. Physical measurement as risk indicators for low-back trouble over a one year period. *Spine* 1984;9:106-119.
- (32) Hides JA, Stokes MJ, Saide M, Jull GA, Cooper DH. Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. *Spine* 1994;19(2):165-172.
- (33) Hides J, Gilmore C, Stanton W, Bohlscheid E. Multifidus size and symmetry among chronic LBP and healthy asymptomatic subjects. *Man Ther* 2008;13(1):43-49.
- (34) Hu H, Meijer O, van Dieën J, Hodges P, Bruijn S, Strijers R, et al. Is the psoas a hip flexor in the active straight leg raise? *European Spine Journal* 2011;20(5):759-765.
- (35) Simons D, Travell J, Simons L. Dolor y disfunción miofascial: El manual de los puntos gatillo. 2ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2002.
- (36) Bogduk N, Pearcy M, Hadfield G. Anatomy and biomechanics of psoas major. *Clin Biomech* 1992;7(2):109-119.
- (37) Stokes I, Gardner-Morse M. Quantitative anatomy of the lumbar musculature. *J Biomech* 1999;32(3):311-316.
- (38) Yoshio M, Murakami G, Sato T, Sato S, Noriyasu S. The function of the psoas major muscle: passive kinetics and morphological studies using donated cadavers. *Journal of orthopaedic science* 2002;7(2):199-207.
- (39) Nourbakhsh M, Arab A. Relationship between mechanical factors and incidence of low back pain. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 2002;32(9):447-460.
- (40) Dufour M. Anatomía del aparato locomotor. Miembro inferior. 2ª ed. Barcelona: Elsevier; 2003.

- (41) Pacheco Arajol L, García Tirado J. Sobre l'aplicació d'estiraments en l'esportista sa i lesionat. *Apunts Medicina de l'Esport* 2010;45(166):109-125.
- (42) Lieber R. Estructura del músculo esquelético, función y plasticidad. 2ª ed. Madrid: España: McGraw Hill; 2004.
- (43) López L, Pérez S, de la Torre Fox, MM. Neuroanatomía. Madrid: Médica Panamericana; 2008.
- (44) López Chicharro J, Fernández Vaquero A editors. Fisiología del ejercicio. 3rd ed. Buenos Aires; 2008.
- (45) Gal B, López M, Martín A, Prieto J. Bases de la fisiología. Madrid; 2007.
- (46) Sáez Pastor F. Una revisión de los métodos de flexibilidad y de su terminología. *Kronos* 2005;4(7):5-16.
- (47) Mueller-Wohlfahrt H, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S, et al. Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement. *Br J Sports Med* 2013;47(6):342-350.
- (48) Esnault M. Estiramientos analíticos en fisioterapia activa. Barcelona: Masson; 1994.
- (49) Neiger H, Gosselin P, Torres Lacomba M. Estiramientos analíticos manuales: técnicas pasivas. Madrid: Ed. Médica Panamericana; 1998.
- (50) Guillodo Y, Jousse-Joulin S, Madouas G, Devauchelle-Pensec V, Saraux A. Pathologie musculaire et sport. *Revue du rhumatisme* 2007;74(6):553-562.
- (51) Guillodo Y, Bouttier R, Saraux A. De la clinique à l'imagerie: signes de gravité et d'indisponibilité sportive d'une lésion musculaire. *Journal de Traumatologie du Sport* 2012;29(4):226-230.
- (52) Courthaliac C, BRUN J, Vidalin H, Weilbacher H. Les lésions musculaires des membres inférieurs chez le sportif de haut niveau: aspect échographique corrélé à l'IRM. *Feuillets de radiologie* 2003;43(6):528-539.
- (53) Monti R, Roy R, Hodgson J, Reggie Edgerton V. Transmission of forces within mammalian skeletal muscles. *J Biomech* 1999;32(4):371-380.
- (54) Como movemos los músculos? Available at: <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/10180295/Como-Movemos-los-musculos.html>. Accessed 05/01, 2014.

- (55) Università Elsevier. *Genetica Umana Medica*. 2010; Available at: http://universita.elsevier.it/cm/inc/neri/inc_popup_ingrandisci.asp?src=q&id=227. Accessed 04/31, 2014.
- (56) Ross M, Pawlina W. *Histología*. 6a ed. Madrid: Ed. Médica Panamericana; 2013.
- (57) Goubel F. Adaptation des propriétés mécaniques du muscle à l'entraînement. *Science & Sports* 2001;16:196-203.
- (58) Taylor D, Dalton J, Jr., Seaber AV, Garrett W, Jr. Viscoelastic properties of muscle-tendon units: the biomechanical effects of stretching. *Am J Sports Med* 1990;18(3):300-309.
- (59) Wiemann K, Klee A. *Movilidad y flexibilidad. Método práctico de estiramientos*. 1st ed. Barcelona: Paidotribo; 2010.
- (60) Davidovits P. *Physics in biology and medicine*. 4th ed. London: Academic press; 2012.
- (61) Noonan T, Garret W. *Clínicas en medicina deportiva. Lesiones en la unión miotendinosa*. Madrid: Paidotribo; 1992.
- (62) Tous J. *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona: Ergo; 1999.
- (63) Ettema G, Huijing P. Skeletal muscle stiffness in static and dynamic contractions. *J Biomech* 1994;27(11):1361-1368.
- (64) Witvrouw E, Mahieu N, Danneels L, McNair P. Stretching and injury prevention. *Sports medicine* 2004;34(7):443-449.
- (65) Alter M. *Los estiramientos*. 6a ed. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2004.
- (66) Balazs E. Viscoelastic properties of hyaluronic acid and biological lubrication. *Univ Mich Med Cent J* 1968;9:255-259.
- (67) Cummings G. Comparison of muscle to other soft tissue in limiting elbow extension. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1984;5(4):170-174.
- (68) Holland G. The physiology of flexibility: a review of the literature. *Kinesiology Review* 1968;1:49-62.
- (69) Laubach I, McConville J. Muscle streng, flexibility and body size of adults males. *Research Quarterly American Association for Health, Physical Education and Recreation* 1966(37):384-392.

- (70) Betsch D, Baer E. Structure and mechanical properties of rat tail tendon. *Biorheology* 1980;17(1-2):83-94.
- (71) Harris M. A factor analytic study of flexibility. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation* 1969;40(1):62-70.
- (72) Rodríguez P, Moreno J. Justificación de la continuidad en el trabajo de estiramiento muscular para la consecución de mejoras en los índices de amplitud articular. *Apunts Educación Física y Deportes* 1997;48:54-61.
- (73) Serveis Mèdics Futbol Club Barcelona. Guía de Práctica Clínica de las lesiones musculares. Epidemiología, diagnóstico, tratamiento y prevención. Versión 4.5 (9 de febrero de 2009). *Apunts Medicina de l'Esport* 2009;44(164):179-203.
- (74) Corbin C, Noble L. Flexibility: a major component of physical fitness. *Journal of Physical Education and Recreation* 1980;51(6):23-60.
- (75) Brunet-Guedj E, Brunet B, Luciani J. Évolution de la prise en charge de lésions musculo-aponévrotiques du sportif au cours des 20 dernières années. *Journal de Traumatologie du Sport* 2009:110-113.
- (76) Lewis P, Ruby D, Bush-Joseph C. Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. *Clin Sports Med* 2012;31(2):255-262.
- (77) Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness. *Sports Medicine* 2003;33(2):145-164.
- (78) Connolly DA, Sayers SP, McHugh MP. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res* 2003 Feb;17(1):197-208.
- (79) Fukushima K, Badlani N, Usas A, Riano F, Fu F, Huard J. The use of an antifibrosis agent to improve muscle recovery after laceration. *Am J Sports Med* 2001 Jul-Aug;29(4):394-402.
- (80) Zhu J, Li Y, Shen W, Qiao C, Ambrosio F, Lavasani M, et al. Relationships between transforming growth factor-beta1, myostatin, and decorin: implications for skeletal muscle fibrosis. *J Biol Chem* 2007 Aug 31;282(35):25852-25863.
- (81) Van Mechelen W, Hlobil H, Kemper H. Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. *Sports medicine* 1992;14(2):82-99.
- (82) Liu H, Garrett WE, Moorman CT, Yu B. Injury rate, mechanism, and risk factors of hamstring strain injuries in sports: A review of the literature. *Journal of Sport and Health Science* 2012;1:92-101.

- (83) Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players a prospective study. *Am J Sports Med* 2003;31(1):41-46.
- (84) Freckleton G, Pizzari T. Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2013 Apr;47(6):351-358.
- (85) Gabbe B, Bennell K, Finch C, Wajswelner H, Orchard J. Predictors of hamstring injury at the elite level of Australian football. *Scand J Med Sci Sports* 2006;16(1):7-13.
- (86) Malliaropoulos N, Isinkaye T, Tsitas K, Maffulli N. Reinjury after acute posterior thigh muscle injuries in elite track and field athletes. *Am J Sports Med* 2011 Feb;39(2):304-310.
- (87) Opar MDA, Williams MD, Shield A. Hamstring strain injuries. *Sports Medicine* 2012;42(3):209-226.
- (88) Moreland J, Finch E, Stratford P, Balsor B, Gill C. Interrater reliability of six tests of trunk muscle function and endurance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1997;26(4):200-208.
- (89) Lempainen L, Banke IJ, Johansson K, Brucker PU, Sarimo J, Orava S, et al. Clinical principles in the management of hamstring injuries. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2014:1-8.
- (90) Petersen J, Holmich P. Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *Br J Sports Med* 2005 Jun;39(6):319-323.
- (91) Bénézis C. Les lésions musculaires du sportif: lésions et mécanismes de réparation, corrélations écho-cliniques, nouvelles applications thérapeutiques. *Kinésithér Scient* 2010(511):45-54.
- (92) Luque Suárez A, Fuente Hervias M, Barón López F, Labajos Manzanares M. Relación entre el test de elevación de pierna recta y el test ángulo poplíteo en la medición de la extensibilidad isquiosural. *Fisioterapia* 2010;32(6):256-263.
- (93) Thacker SB, Gilchrist J, Stroup D, Kimsey Jr C. The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2004;36(3):371-378.
- (94) Gillette T, Holland G, Vincent W, Loy S. Relationship of body core temperature and warm-up to knee range of motion. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1991;13(3):126-131.
- (95) Hennessey L, Watson AW. Flexibility and posture assessment in relation to hamstring injury. *Br J Sports Med* 1993 Dec;27(4):243-246.

- (96) Lambrinudi C. Adolescent and senile kyphosis. *British medical journal* 1934;2(3852):800-820.
- (97) Junge A, Langevoort G, Pipe A, Peytavin A, Wong F, Mountjoy M, et al. Injuries in team sport tournaments during the 2004 Olympic Games. *Am J Sports Med* 2006 Apr;34(4):565-576.
- (98) Junge A, Engebretsen L, Mountjoy ML, Alonso JM, Renstrom PA, Aubry MJ, et al. Sports injuries during the Summer Olympic Games 2008. *Am J Sports Med* 2009 Nov;37(11):2165-2172.
- (99) Hagglund M, Walden M, Bahr R, Ekstrand J. Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: developing the UEFA model. *Br J Sports Med* 2005 Jun;39(6):340-346.
- (100) Hägglund M, Waldén M, Til L, Pruna R. Importancia de la epidemiología en medicina del deporte. *Apunts Medicina de l'Esport* 2010;45(166):57-59.
- (101) Fuller C, Ekstrand J, Junge A, Andersen T, Bahr R, Dvorak J, et al. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Scand J Med Sci Sports* 2006;16(2):83-92.
- (102) Soler T, Calderón C. The prevalence of spondylolysis in the Spanish elite athlete. *Am J Sports Med* 2000;28(1):57-62.
- (103) Balius Juli R, Balius Matas R, Balius Matas X. Columna vertebral y deporte. *Apunts Medicina de l'Esport* 1987;24(223).
- (104) Santonja F, Pastor Clemente A, Serna García L. Valoración radiográfica de las desalineaciones sagitales del raquis. *Selección* 2000;9(4):216-229.
- (105) Ruiz-Cotorro A, Balius-Matas R, Estruch-Massana A, Angulo JV. Spondylolysis in young tennis players. *Br J Sports Med* 2006;40(5):441-446.
- (106) McNeely M, Torrance G, Magee D. A systematic review of physiotherapy for spondylolysis and spondylolisthesis. *Manual therapy* 2003;8(2):80-91.
- (107) Am O. Spondylolysis and spondylolisthesis in the child and adolescent athlete. 2003.
- (108) Masharawi Y, Dar G, Peleg S, Steinberg N, Alperovitch-Najenson D, Salame K, et al. Lumbar facet anatomy changes in spondylolysis: a comparative skeletal study. *European Spine Journal* 2007;16(7):993-999.
- (109) Sakai T, Sairyo K, Suzue N, Kosaka H, Yasui N. Incidence and etiology of lumbar spondylolysis: review of the literature. *Journal of orthopaedic science* 2010;15(3):281-288.

- (110) Leone A, Cianfoni A, Cerase A, Magarelli N, Bonomo L. Lumbar spondylolysis: a review. *Skeletal Radiol* 2011;40(6):683-700.
- (111) Serra Grima J, Bagur Calafat C. Prescripción de ejercicio físico para la salud. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2004.
- (112) Bandy W, Irion J, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther* 1997;77(10):1090-1096.
- (113) Zachazewski J. Improving flexibility. Physical Therapy Philadelphia: JB Lippincott 1989:698-738.
- (114) Magnusson S, Simonsen E, Aagaard P, Gleim G, McHugh M, Kjaer M. Viscoelastic response to repeated static stretching in the human hamstring muscle. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 1995;5(6):342-347.
- (115) Magnusson S, Renström P. The European College of Sports Sciences Position statement: The role of stretching exercises in sports. *European Journal of Sport Science* 2006;6(2):87-91.
- (116) Álvarez del Villar C. La preparación física del fútbol basada en el atletismo. Madrid: Gymnos; 1983.
- (117) Ayala F, Sainz de Baranda P, Cejudo A. El entrenamiento de la flexibilidad: técnicas de estiramiento. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* 2012;5(3):105-112.
- (118) Esnault M, Viel E, Danowski R. Stretching: estiramientos de las cadenas musculares. 2ª ed. Barcelona: Elsevier España; 2003.
- (119) Ramos Espada D, González Montesinos JL, Mora Vicente J. Diferencias en las amplitudes articulares entre varones y mujeres en edad escolar. *Apunts Medicina de l'Esport* 2007;42(153):13-25.
- (120) Ayala F, Sainz de Baranda P. Efecto de la duración y técnica de estiramiento de la musculatura isquiosural sobre la flexión de cadera. *Cultura, ciencia y deporte: revista de ciencias de la actividad física y del deporte de la Universidad Católica de San Antonio* 2008(8):93-99.
- (121) Rodríguez P, Santonja F, López-Miñarro P, Sainz de Baranda P, Yuste J. Effect of physical education stretching programme on sit-and-reach score in schoolchildren. *Science & Sports* 2008;23(3):170-175.
- (122) Zakas A, Galazoulas C, Grammatikopoulou MG, Vergou A. Effects of stretching exercise during strength training in prepubertal, pubertal and adolescent boys. *J Bodywork Movement Ther* 2002;6(3):170-176.

- (123) Zakas A, Vergou A, Grammatikopoulou MG, Zakas N, Sentelidis T, Vamvakoudis S. The effect of stretching during warming-up on the flexibility of junior handball players. *J Sports Med Phys Fitness* 2003 Jun;43(2):145-149.
- (124) Cahors B. Stretching, dossier spécial. *Sports medicine* 1991;34:27-31.
- (125) Carvalho F, Carvalho M, Simao R, Gomes T, Costa B, Neto L, et al. Acute effects of a warm-up including active, passive, and dynamic stretching on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2012 Sep;26(9):2447-2452.
- (126) Gutiérrez Nieto M, Novoa Castro B, Pérez Fernández M, Lantarón Caeiro E, González Represas A. Propuesta de clasificación de las técnicas de estiramiento en fisioterapia. *Fisioterapia* 2003;25(4):199-208.
- (127) Norris C. Guía completa de los estiramientos. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2001.
- (128) Einsingbach T, Klümper A, Biedermann L. Fisioterapia y rehabilitación en el deporte. 2ª ed. Barcelona: Scriba; 1994.
- (129) Sölveborn S. Stretching. Barcelona: Ediciones Martínez Roca; 1982.
- (130) Anderson B. Estirándose: guía completa de estiramientos para tonificar, flexibilizar y relajar el cuerpo. Barcelona: RBA Libros; 2005.
- (131) Geoffroy C, Ferret J. Guide des étirements du sportif. Paris: C. Geoffroy; 2003.
- (132) Davis DS, Ashby PE, McCale K, McQuain J, Wine JM. The Effectiveness of 3Stretching Techniques on Hamstring Flexibility Using Consistent Stretching Parameters. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2005;19(1):27-32.
- (133) Anderson B. Stretching. Bolinas: Shelter Publications, Inc.; 2010.
- (134) Webright WG, Randolph BJ, Perrin DH. Comparison of nonballistic active knee extension in neural slump position and static stretch techniques on hamstring flexibility. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997;26:7-13.
- (135) Bandy W, Irion J, Briggler M. The effect of static stretch and dynamic range of motion training on the flexibility of the hamstring muscles. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;27:295-300.
- (136) Decoster LC, Scanlon R, Horn KD, Cleland J. Standing and supine hamstring stretching are equally effective. *Journal of athletic training* 2004;39(4):330-334.

- (137) Decoster LC, Cleland J, Altieri C, Russell P. The effects of hamstring stretching on range of motion: a systematic literature review. *J Orthop Sports Phys Ther* 2005;35(6):377-387.
- (138) Sainz de Baranda P. El trabajo de la flexibilidad en educación física: Programa de intervención. *Cultura, ciencia y deporte: revista de ciencias de la actividad física y del deporte de la Universidad Católica de San Antonio* 2009(10):33-38.
- (139) Wirhed R. Habilidad atlética y anatomía del movimiento. 2ª ed. Barcelona: Edikamed; 1993.
- (140) Anderson B, Burke E. Aspectos científicos, médicos y prácticos del estiramiento. Madrid: Interamericana-McGraw Hill; 1991.
- (141) Andújar P, Alonso C, Santonja F. Tratamiento de la cortedad de isquiosurales. *Selección* 1996;5(1):37-48.
- (142) Marques A, Vasconcelos A, Cabral C, Sacco I. Effect of frequency of static stretching on flexibility, hamstring tightness and electromyographic activity. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 2009;42(10):949-953.
- (143) López-Miñarro P, Fiol CF, Cárcelos FA, Lucas J, Ibarra AG. Validez de los test dedos-planta y dedos-suelo para la valoración de la extensibilidad isquiosural en piragüistas de categoría infantil. *Apunts Medicina de l'Esport* 2008;43(157):24-29.
- (144) López-Miñarro P, Rodríguez García PL, Yuste Lucas JL, Alacid Cárcelos F, Ferragut Fiol C. Validez de la posición del raquis lumbo-sacro en flexión como criterio de extensibilidad isquiosural en deportistas jóvenes. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte* 2008(124):103-110.
- (145) Ayala F, Sainz de Baranda P, Cejudo A, Santonja F. Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: descripción de los procedimientos exploratorios y valores de referencia. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* 2013;6(3):120-128.
- (146) Rodríguez García P, Santonja F, Canteras M, Delgado M, Fernández J, Balsalobre J. Mejora de la extensibilidad isquiosural tras un programa escolar de estiramientos. *Selección* 1999;8(4):15-22.
- (147) López-Miñarro P. Validez de criterio del ángulo lumbo-horizontal en flexión como medida de la extensibilidad isquiosural en adultos jóvenes. *CCD. Cultura Ciencia Deporte* 2010;5(13):25-31.

- (148) Funk D, Swank A, Adams K, Treolo D. Efficacy of moist heat pack application over static stretching on hamstring flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2001;15(1):123-126.
- (149) Erkula G, Demirkan F, Kiliç B, Kiter E. Hamstring shortening in healthy adults. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation* 2002;16(2):77-81.
- (150) George J, Tunstall A, Tepe R, Skaggs C. The effects of active release technique on hamstring flexibility: a pilot study. *Journal of manipulative and physiological therapeutics* 2006;29(3):224-227.
- (151) Ayala F, Sainz de Baranda P, de Ste Croix M, Santonja F. Reproducibility and criterion-related validity of the sit and reach test and toe touch test for estimating hamstring flexibility in recreationally active young adults. *Physical therapy in sport: official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine* 2012;13(4):219-226.
- (152) López-Miñarro P, Sainz de Baranda P, Yuste Lucas JL, Rodríguez García PL. Validez del test sit-and-reach unilateral como criterio de extensibilidad isquiosural. Comparación con otros protocolos. *Cultura, ciencia y deporte: revista de ciencias de la actividad física y del deporte de la Universidad Católica de San Antonio* 2008(8):87-92.
- (153) Quintana Aparicio E, Albuquerque Sendín F. Evidencia científica de los métodos de evaluación de la elasticidad de la musculatura isquiosural. *Osteopatía Científica* 2008;3(3):115-124.
- (154) Medina F, García PLR, Sainz de Baranda P, López-Miñarro P. Papel del profesor de educación física ante las desalineaciones de la columna vertebral. *Selección* 2004;13(1):5-17.
- (155) Ayala F, Sainz de Baranda P, de Ste Croix M, Santonja F. Fiabilidad y validez de las pruebas sit-and-reach: revisión sistemática. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* 2012;5(2):57-66.
- (156) Castro-Piñero J, Chillón P, Ortega F, Montesinos J, Sjöström M, Ruiz J. Criterion-related validity of sit-and-reach and modified sit-and-reach test for estimating hamstring flexibility in children and adolescents aged 6–17 years. *Int J Sports Med* 2009;30(09):658-662.
- (157) Sainz de Baranda P, Rodríguez-Iniesta M, Ayala F, Santonja F, Cejudo A. Determination of the Criterion-Related Validity of Hip Joint Angle Test for Estimating Hamstring Flexibility Using a Contemporary Statistical Approach. *Clinical Journal of Sport Medicine* 2014;0:1-6.
- (158) Sainz de Baranda P, Cejudo A, Ayala F. Fiabilidad absoluta del test de elevación de la pierna recta en jugadores de fútbol sala. *Revista Kronos* 2012;2(11):54-60.

- (159) Malliaropoulos N, Papacostas E, Kiritsi O, Papalada A, Gougoulis N, Maffulli N. Posterior thigh muscle injuries in elite track and field athletes. *Am J Sports Med* 2010 Sep;38(9):1813-1819.
- (160) Medina F, López V, González-Moro IM. Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. *Selección* 1995;4(2):78-88.
- (161) Douris P, Chinan A, Gomez M, Aw A, Steffens D, Weiss S. Fitness levels of middle aged martial art practitioners. *Br J Sports Med* 2004;38(2):143-147.
- (162) López-Miñarro P, García Ibarra A, Rodríguez García P. Comparación entre diferentes test lineales de medición de la extensibilidad isquiosural. *Apunts Educación Física y Deportes* 2010(99):56-64.
- (163) Ayala F, Sainz de Baranda P. Fiabilidad absoluta de las pruebas sit and reach modificado y back saber sit and reach para estimar la flexibilidad isquiosural en jugadores de fútbol sala. *Apunts Medicina de l'Esport* 2011;46(170):81-88.
- (164) Ayala F, Sainz de Baranda P, de Ste Croix M, Santonja F. Criterion-related validity of four clinical tests used to measure hamstring flexibility in professional futsal players. *Physical Therapy in Sport* 2011 11;12(4):175-181.
- (165) Malliaropoulos N, Papalexandris S, Papalada A, Papacostas E. The role of stretching in rehabilitation of hamstring injuries: 80 athletes follow-up. *Medicine & science in sports & exercise* 2004;36(5):756-759.
- (166) López de Celis C, Barra López ME, Villar Mateo E. Correlación entre dolor, discapacidad y rango de movilidad en pacientes con lumbalgia crónica. *Fisioterapia* 2009;31(5):177-182.
- (167) López de Celis C, Barra López ME, Villar Mateo E, Vallero García C, Fernández Jentsch G, Tricás Moreno JM. Efectividad de la movilización posteroanterior del raquis lumbar, con la cuña de Kaltenborn, en pacientes con dolor lumbar crónico. *Fisioterapia* 2007;29(6):261-269.
- (168) Morata Crespo A, Tris Ara M, De Miguel Negro M, Torrijos Tejada M. Adaptación transcultural del cuestionario LBOS a la población española. *Rehabilitación* 2006;40(3):132-140.
- (169) Beattie P, Rothstein J, Lamb R. Reliability of the attraction method for measuring lumbar spine back wardbending. *Phys Ther* 1987;67:364-369.
- (170) Williams R, Binkley J, Bloch R, Goldsmith CH, Minuk T. Reliability of the modified-modified Schöber and double inclinometer methods for measuring lumbar flexion and extension. *Phys Ther* 1993;73(1):26-37.

(171) Fitzgerald G, Wynveen K, Rheault W, Rothschild B. Objective assessment with establishment of normal values for lumbar spinal range of motion. *Phys Ther* 1983 Nov;63(11):1776-1781.

(172) Buckup K, Buckup J. Pruebas clínicas para patología ósea, articular y lumbar. Exploraciones, signos y síntomas. 5ª ed. Barcelona: Elsevier Masson; 2014.

(173) Hald H, Danz B, Schwab R, Burmeister K, Bahren W. Radiographically demonstrable spinal changes in asymptomatic young men. *Rofo* 1995 Jul;163(1):4-8.

(174) Ruiz Arranz J, Delgado Ramírez J, Gonzalez de la Flor, P. Importancia de la estática del raquis lumbar y pelvis en la estenosis degenerativa del canal raquídeo lumbar The importance of the static of the lumbar spine and pelvis in the. *Revista Española de Cirugía Osteoarticular* 2013;38(215):112-117.

(175) Vital J, García Suárez A, Sauri Barraza J, Soderlund C, Gangnet N, Gille O. Equilibrio sagital y su aplicación en patologías de columna vertebral. *Revista de ortopedia y traumatología* 2006;50(6):447-453.

(176) Yuing F, Almagià A, Lizana P, Rodríguez R, Ivanovic D, Binvinat G, et al. Comparación entre dos métodos utilizados para medir la curva lumbar. *International Journal of Morphology* 2010;28(2):509-513.

(177) Díaz J, Schröter C. Actualización de la evaluación radiológica de la escoliosis. *Revista chilena de radiología* 2009;15(3):141-151.

(178) Álvarez Molinero M, Gálvez Koslowski S, Llopart Alcalde N, Santos Andrés J, Aguilar Naranjo J. Comparación de la medición del ángulo de Cobb: tradicional versus asistida por ordenador. *Rehabilitación* 2011;45(2):93-98.

(179) Cobb J. Outline for the study of scoliosis. *The American Academy of Orthopaedics Surgeons* 1948;5:261-275.

(180) Santonja F, Genovés J. Radiología: consideraciones en ortopedia. Valoración médico-deportiva del escolar. Murcia: Universidad de Murcia; 1992. p. 279.

(181) Caufriez M, Fernández-Domínguez J, Brynhildsvoll N. Estudio preliminar sobre la acción de la gimnasia hipopresiva en el tratamiento de la escoliosis idiopática. *Enfermería Clínica* 2011;21(6):354-358.

(182) Clarys J, Scafoglieri A, Tresignie J, Reilly T, Van Roy P. Critical appraisal and hazards of surface electromyography data acquisition in sport and exercise. *Asian J Sports Med* 2010 Jun;1(2):69-80.

(183) Basmajian J, De Luca C. Muscles alive. Their functions revealed by electromyography. 5ª ed. Baltimore: William and Wilkins; 1985.

- (184) Enoka R. *Neuromechanics of human movement*. 3^a ed. Champaign, IL: Human kinetics; 2002.
- (185) Cram J, Kasman G, Holtz J. *Introduction to surface electromyography*. Gaithersburg: Aspen Publishers; 1998.
- (186) De Luca C. The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of applied biomechanics* 1997;13:135-163.
- (187) Suzuki H, Conwit RA, Stashuk D, Santarsiero L, Metter EJ. Relationships between surface-detected EMG signals and motor unit activation. *Med Sci Sports Exerc* 2002 Sep;34(9):1509-1517.
- (188) Merletti R, Roy S, Kupa E, Roatta S, Granata A. Modeling of surface myoelectric signals. II. Model-based signal interpretation. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on* 1999;46(7):821-829.
- (189) Burden A, Bartlett R. Normalisation of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new methods. *Med Eng Phys* 1999;21(4):247-257.
- (190) Burden A. How should we normalize electromyograms obtained from healthy participants? What we have learned from over 25years of research. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2010;20(6):1023-1035.
- (191) Marras W, Davis K. A non-MVC EMG normalization technique for the trunk musculature: Part 1. Method development. *Journal of electromyography and kinesiology* 2001;11(1):1-9.
- (192) Marras W, Davis K, Maronitis A. A non-MVC EMG normalization technique for the trunk musculature: Part 2. Validation and use to predict spinal loads. *Journal of electromyography and kinesiology* 2001;11(1):11-18.
- (193) Knutson L, Soderberg G, Ballantyne B, Clarke W. A study of various normalization procedures for within day electromyographic data. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 1994;4(1):47-59.
- (194) Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev* 2001 Oct;81(4):1725-1789.
- (195) Merletti R, Rau G, Disselhorst-Klug-Aachen C, Stegeman D, Hägg G. SENIAM. 2014; Available at: <http://www.seniam.org/>. Accessed 05/17, 2013.
- (196) Merletti R, Sabbahi M, De Luca C. Median frequency of the myoelectric signal. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1984;52(3):258-265.

(197) Yoshitake Y, Ue H, Miyazaki M, Moritani T. Assessment of lower-back muscle fatigue using electromyography, mechanomyography, and near-infrared spectroscopy. *Eur J Appl Physiol* 2001;84(3):174-179.

(198) Ng J, Richardson C. Reliability of electromyographic power spectral analysis of back muscle endurance in healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil* 1996;77(3):259-264.

(199) Farina D, Gazzoni M, Merletti R. Assessment of low back muscle fatigue by surface EMG signal analysis: methodological aspects. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2003;13(4):319-332.

(200) Mannion A, Connolly B, Wood K, Dolan P. The use of surface ENIG power spectral analysis in the evaluation of back muscle function. *Development* 1997;34(4):427-439.

(201) Merletti R, Roy S. Myoelectric and mechanical manifestations of muscle fatigue in voluntary contractions. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1996;24(6):342-353.

(202) Roy SH, Oddsson LI. Classification of paraspinal muscle impairments by surface electromyography. *Phys Ther* 1998 Aug;78(8):838-851.

(203) Zedka M, Prochazka A, Knight B, Gillard D, Gauthier M. Voluntary and reflex control of human back muscles during induced pain. *The Journal of physiology* 1999 Oct 15;520:591-604.

(204) Hodges P, Moseley G. Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2003;13(4):361-370.

(205) McKeon MD, Albert WJ, Neary JP. Assessment of neuromuscular and haemodynamic activity in individuals with and without chronic low back pain. *Dyn Med* 2006 May 31;5:6.

(206) Kramer M, Ebert V, Kinzl L, Dehner C, Elbel M, Hartwig E. Surface electromyography of the paravertebral muscles in patients with chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86(1):31-36.

(207) Pitcher M, Behm D, MacKinnon S. Reliability of electromyographic and force measures during prone isometric back extension in subjects with and without low back pain. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 2007;33(1):52-60.

(208) Pitcher M, Behm D, MacKinnon S. Neuromuscular fatigue during a modified Biering-Sørensen test in subjects with and without low back pain. *Journal of sports science & medicine* 2007;6(4):549.

- (209) Silvestre R, Guzmán R, Migueles O. Parámetros espectrales de fatiga muscular local en erectores espinales de sujetos chilenos. *Kinesiología* 2002;68):77-83.
- (210) Larivière C, Arsenault A, Gravel D, Gagnon D, Loisel P. Surface electromyography assessment of back muscle intrinsic properties. *Journal of Electromyography and kinesiology* 2003;13(4):305-318.
- (211) da Silva Jr R, Arsenault A, Gravel D, Larivière C, de Oliveira Je. Back muscle strength and fatigue in healthy and chronic low back pain subjects: a comparative study of 3 assessment protocols. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86(4):722-729.
- (212) Hodges P. Pain and motor control: from the laboratory to rehabilitation. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2011;21(2):220-228.
- (213) Tsuboi T, Satou T, Egawa K, Izumi Y, Miyazaki M. Spectral analysis of electromyogram in lumbar muscles: fatigue induced endurance contraction. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994;69(4):361-366.
- (214) Demoulin C, Vanderthommen M, Duysens C, Crielaard J. Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: a critical appraisal of the literature. *Joint Bone Spine* 2006;73(1):43-50.
- (215) Luoto S, Heliövaara M, Hurri H, Alaranta H. Static back endurance and the risk of low-back pain. *Clin Biomech* 1995;10(6):323-324.
- (216) Simmonds M, Olson S, Jones S, Hussein T, Lee C, Novy D, et al. Psychometric characteristics and clinical usefulness of physical performance tests in patients with low back pain. *Spine* 1998;23(22):2412-2421.
- (217) Champagne A, Descarreaux M, Lafond D. Back and hip extensor muscles fatigue in healthy subjects: task-dependency effect of two variants of the Sorensen test. *European Spine Journal* 2008;17(12):1721-1726.
- (218) Liebenson C. Spinal stabilization—an update. Part 2—functional assessment. *J Bodywork Movement Ther* 2004;8(3):199-210.
- (219) Kovacs F, Muriel A, Medina J, Abaira V, Sánchez M, Jaúregui JO. Psychometric characteristics of the Spanish version of the FAB Questionnaire. *Spine* 2006;31(1):104-110.
- (220) Dederig Å, Harms-Ringdahl K, Nèmeth G. Back extensor muscle fatigue in patients with lumbar disc herniation. *European Spine Journal* 2006;15(5):559-569.
- (221) Kovacs F. El uso del cuestionario de Roland-Morris en los pacientes con lumbalgia asistidos en Atención Primaria. *SEMERGEN-Medicina de Familia* 2005;31(8):333-335.

(222) Trainor TJ, Wiesel SW. Epidemiology of back pain in the athlete. *Clin Sports Med* 2002;21(1):93-103.

(223) Ong A, Anderson J, Roche J. A pilot study of the prevalence of lumbar disc degeneration in elite athletes with lower back pain at the Sydney 2000 Olympic Games. *Br J Sports Med* 2003;37(3):263-266.

(224) Coumans J, Lauerman W. Head and spine. Review of sports medicine and arthroscopy. Philadelphia: Saunders 2002:262-269.

(225) Nadler SF, Wu KD, Galski T, Feinberg JH. Low back pain in college athletes: a prospective study correlating lower extremity overuse or acquired ligamentous laxity with low back pain. *Spine* 1998;23(7):828-833.

(226) Commandre F, Fourre J, Gagnerie F, Alaloui M, Bouzayan A. Niño, raquis y deporte. *Archivos de Medicina del deporte* 1985;7(2):221-228.

(227) da Silva Dias R, Gómez-Conesab A. Síndrome de los isquiotibiales acortados. *Fisioterapia* 2008;30(4):186-193.

(228) Fisk JW, Baigent ML. Hamstring Tightness and Scheuermann's Disease. A pilot study. *Am J Phys Med* 1981;60(3):122-125.

(229) Jordá E. Brevedad de los isquiosurales. El síndrome de Bado en la gimnasia educativa y el deporte. *Apunts Medicina de l'Esport* 1971;8(31):123-124.

(230) Józwiak M, Pietrzak S, Tobjasz F. The epidemiology and clinical manifestation of hamstring muscle and plantar foot flexor shortening. *Developmental Med and Child Neurology* 1997;39:481-483.

(231) Phalen GS DJ. Spondylolistesis and Tight Hamstrings. *J Bone Joint Surg* 1961;43-A:505-512.

(232) López-Miñarro P, Alacid Cárceles F, Muyor Rodríguez JM. Comparación del morfotipo raquídeo y extensibilidad isquiosural entre piragüistas y corredores. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte* 2009(36):379-392.

(233) Guissard N, Duchateau J. Neural aspects of muscle stretching. *Exerc Sport Sci Rev* 2006;34(4):154-158.

(234) Ayala F, Sainz de Baranda P, Cejudo A, de Ste Croix M. Efecto agudo del estiramiento sobre el rendimiento físico: el uso de los estiramientos en el calentamiento. *Cultura, Ciencia y Deporte* 2011;6(16):27-36.

(235) Witvrouw E, Mahieu N, Roosen P, McNair P. The role of stretching in tendon injuries. *Br J Sports Med* 2007;41(4):224-226.

- (236) McHugh MP, Tallent J, Johnson CD. The role of neural tension in stretch-induced strength loss. *J Strength Cond Res* 2013 May;27(5):1327-1332.
- (237) Miyahara Y, Naito H, Ogura Y, Katamoto S, Aoki J. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching and static stretching on maximal voluntary contraction. *J Strength Cond Res* 2013 Jan;27(1):195-201.
- (238) Sandberg JB, Wagner DR, Willardson JM, Smith GA. Acute effects of antagonist stretching on jump height, torque, and electromyography of agonist musculature. *J Strength Cond Res* 2012 May;26(5):1249-1256.
- (239) Fletcher I. The effect of different dynamic stretch velocities on jump performance. *Eur J Appl Physiol* 2010;109(3):491-498.
- (240) Youdas J, Haeflinger K, Kreun M, Holloway A, Kramer C, Hollman J. The efficacy of two modified proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques in subjects with reduced hamstring muscle length. *Physiotherapy theory and practice* 2010;26(4):240-250.
- (241) Sekir U, Arabaci R, Akova B, Kadagan S. Acute effects of static and dynamic stretching on leg flexor and extensor isokinetic strength in elite women athletes. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(2):268-281.
- (242) Costa PB, Ryan ED, Herda TJ, Defreitas JM, Beck TW, Cramer JT. Effects of static stretching on the hamstrings-to-quadriceps ratio and electromyographic amplitude in men. *J Sports Med Phys Fitness* 2009 Dec;49(4):401-409.
- (243) Herda TJ, Cramer JT, Ryan ED, McHugh MP, Stout JR. Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle. *J Strength Cond Res* 2008 May;22(3):809-817.
- (244) Nordez A, McNair P, Casari P, Cornu C. Acute changes in hamstrings musculo-articular dissipative properties induced by cyclic and static stretching. *Int J Sports Med* 2008;29(05):414-418.
- (245) Magnusson S. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers. *Scand J Med Sci Sports* 1998;8(2):65-77.
- (246) Ylinen J, Kankainen T, Kautiainen H, Rezasoltani A, Kuukkanen T, Häkkinen A. Effect of stretching on hamstring muscle compliance. *J Rehabil Med* 2009;41(1):80-84.
- (247) Halbertsma J, Ludwing N. Stretching exercises: effect on passive extensibility and stiffness in short hamstring of healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil* 1994;75:976-981.

- (248) Worrell TW, Smith TL, Winegardner J. Effect of hamstring stretching on hamstring muscle performance. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994 Sep;20(3):154-159.
- (249) Spernoga SG, Uhl TL, Arnold BL, Gansneder BM. Duration of maintained hamstring flexibility after a one-time, modified hold-relax stretching protocol. *Journal of athletic training* 2001;36(1):44-48.
- (250) Funk D, Swank A, Mikla B, Fagan T, Farr B. Impact of prior exercise on hamstring flexibility: a comparison of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2003;17(3):489-492.
- (251) Sullivan MK, DeJulia JJ, Worrell TW. Effect of pelvic position and stretching method on hamstring muscle flexibility. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1992;24(12):1383-1389.
- (252) Gajdosik RL. Hamstring stretching and posture. *Phys Ther* 1997;77(4):438-439.
- (253) Linstone H, Turoff M. *The Delphi method: Techniques and applications.* : Addison-Wesley Publ.; 1975.
- (254) Norton K, Olds T. *Antropométrica: un libro de referencia sobre mediciones corporales humanas para la educación en deportes y salud.* Rosario: Biosystem Servicio Educativo; 2000.
- (255) Ehrlich G. Back pain. *J Rheumatol Suppl* 2003 Aug;67:26-31.
- (256) Möller T, Reif E. *Posiciones radiológicas.* Madrid: Marbán; 2002.
- (257) Dufour M. *Anatomía del aparato locomotor: cabeza y tronco.* Barcelona: Elsevier; 2005.
- (258) Fukuda TY, Echeimberg JO, Pompeu JE, Garcia Lucareli P, Garbelotti S, Gimenes RO, et al. Root Mean Square Value of the Electromyographic Signal in the Isometric Torque of the Quadriceps. Hamstrings and Brachial Biceps Muscles in Female Subjects. *J.Applied.Research* 2010;10(1):32-39.
- (259) Dantas J, Smirmaul B, Altimari L, Okano A, Fontes E, Camata T, et al. The efficiency of pedaling and the muscular recruitment are improved with increase of the cadence in cyclists and non-cyclists. *Electromyography & Clinical Neurophysiology* 2009;49(6):311-320.
- (260) Kovacs F, Llobera J, Gil Del Real M, Abraira V, Gestoso M, Fernandez C, et al. Validation of the spanish version of the Roland-Morris questionnaire. *Spine* 2002;27(5):538-542.

- (261) Hiskisson E. Measurement of pain. *Lancet* 1974;2:1127-1131.
- (262) Fujii K, Katoh S, Sairyō K, Ikata T, Yasui N. Union of defects in the pars interarticularis of the lumbar spine in children and adolescents: the radiological outcome after conservative treatment. *Journal of Bone and Joint Surgery-British* Volume 2004;86(2):225-231.
- (263) Soligard T, Myklebust G, Steffen K, Holme I, Silvers H, Bizzini M, et al. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ* 2008 Dec 9;337:a2469-a2478.
- (264) Soligard T, Nilstad A, Steffen K, Myklebust G, Holme I, Dvorak J, et al. Compliance with a comprehensive warm-up programme to prevent injuries in youth football. *Br J Sports Med* 2010 Sep;44(11):787-793.
- (265) Junge A, Lamprecht M, Stamm H, Hasler H, Bizzini M, Tschopp M, et al. Countrywide campaign to prevent soccer injuries in Swiss amateur players. *Am J Sports Med* 2011 Jan;39(1):57-63.
- (266) Gabbe B, Finch C, Bennell K, Wajswelner H. Risk factors for hamstring injuries in community level Australian football. *Br J Sports Med* 2005 Feb;39(2):106-110.
- (267) Dadebo B, White J, George K. A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. *Br J Sports Med* 2004;38(4):388-394.
- (268) O'Sullivan K, Murray E, Sainsbury D. The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2009;10(1):37-46.
- (269) Arnason A, Andersen T, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand J Med Sci Sports* 2008;18(1):40-48.
- (270) Kovacs M. Applied physiology of tennis performance. *Br J Sports Med* 2006 May;40(5):381-386.
- (271) Ayala F, Sainz de Baranda P, Cejudo A, de Ste Croix M. Efecto de un programa de estiramientos activos en jugadoras de fútbol sala de alto rendimiento. *Cultura, Ciencia y Deporte* 2010(15):159-167.
- (272) Ayala F, Sainz de Baranda P. Effect of 3 different active stretch durations on hip flexion range of motion. *J Strength Cond Res* 2010 Feb;24(2):430-436.
- (273) Ayala F, Sainz de Baranda P, de Ste Croix M. Effect of active stretch on hip flexion range of motion in female professional futsal players. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 2010 Dec;50(4):428-435.

- (274) Bandy W, Irion J. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther* 1994;74(9):845-850.
- (275) Simic L, Sarabon N, Markovic G. Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scand J Med Sci Sports* 2012.
- (276) Costa P, Ryan E, Herda T, Walter A, DeFreitas J, Stout J, et al. Acute effects of static stretching on peak torque and the hamstrings-to-quadriceps conventional and functional ratios. *Scand J Med Sci Sports* 2013;23(1):38-45.
- (277) Halbertsma J, Mulder I, Göeken L, Eisma W. Repeated passive stretching: acute effect on the passive muscle moment and extensibility of short hamstrings. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80(4):407-414.
- (278) Askling CM, Tengvar M, Thorstensson A. Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med* 2013 Oct;47(15):953-959.
- (279) Sainz de Baranda P, Ayala F. Chronic flexibility improvement after 12 week of stretching program utilizing the ACSM recommendations: hamstring flexibility. *International Journal of Sports Medicine* 2010;31(06):389-396.
- (280) Faigenbaum AD, Myer GD. Pediatric resistance training: benefits, concerns, and program design considerations. *Curr Sports Med Rep* 2010 May-Jun;9(3):161-168.
- (281) Barbieri D, Zaccagni L. Strength training for children and adolescents: Benefits and risks. *Coll Antropol* 2013;37(2):219-225.
- (282) López-Miñarro P, Alacid F. Influence of hamstring muscle extensibility on spinal curvatures in young athletes. *Science & Sports* 2010;25(4):188-193.
- (283) Basar S, Duzgun I, Guzel N, Cicioğlu I, Çelik B. Differences in strength, flexibility and stability in freestyle and Greco-Roman wrestlers. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation* 2014;27:321-330.
- (284) Cornbleet S, Woolsey N. Assessment of hamstring muscle length in school-aged children using the sit-and-reach test and the inclinometer measure of hip joint angle. *Physical Therapy* 1996;76(8):850-855.
- (285) DePino GM, Webright WG, Arnold BL. Duration of maintained hamstring flexibility after cessation of an acute static stretching protocol. *Journal of athletic training* 2000;35(1):56-59.

- (286) Willy RW, Kyle BA, Moore SA, Chleboun GS. Effect of cessation and resumption of static hamstring muscle stretching on joint range of motion. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001 Mar;31(3):138-144.
- (287) Kapandji A. *Fisiología articular, Tomo III: Tronco y Raquis*. 2002.
- (288) Moreau C, Green B, Johnson C, Moreau S. Isometric back extension endurance tests: a review of the literature. *J Manipulative Physiol Ther* 2001;24(2):110-122.
- (289) Tveit P, Daggfeldt K, Hetland S, Thorstensson A. Erector spinae lever arm length variations with changes in spinal curvature. *Spine* 1994;19(2):199-204.
- (290) Coorevits P, Danneels L, Cambier D, Ramon H, Druyts H, Karlsson JS, et al. Test-retest reliability of wavelet-and Fourier based EMG (instantaneous) median frequencies in the evaluation of back and hip muscle fatigue during isometric back extensions. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2008;18(5):798-806.
- (291) Moffroid M. Endurance of trunk muscles in persons with chronic low back pain: assessment, performance, training. *Journal of rehabilitation research and development* 1997;34:440-447.
- (292) D'Agonstino F. Posts tagged trigger point. 2013; Available at: <http://frankdag.com/tag/trigger-point/>. Accessed 04/20, 2014.
- (293) Anònim. Inhibición autogenique. Myotatiqua inversa. Available at: <http://www.gbmoim.com/>. Accessed 7/2, 2014.
- (294) Payton C, Bartlett R. *Biomechanical Evaluation of Movement in Sport and Exercise: The British Association of Sport and Exercise Sciences Guide*. Nova York: Routledge, Taylor and Francis Group; 2008.

10. ANNEXOS

56 Columna vertebral



- Criterios de una buena imagen**
- Toda la columna lumbar incluida la T12 (1) y la S1 (4).
 - Apófisis espinosas en situación medial.
 - Articulación sacroiliaca (5) y apófisis transversas (3) representadas.
 - Cuando se toma la imagen en decúbito: representación lineal de los platillos vertebrales.



Columna lumbar a.p.

57

Técnica de obtención de la imagen

- Formato de la película: 18 x 43 cm (20 x 40 cm), vertical.
- Tipo de sensibilidad: 400 (200, 600).
- DFP: 115 cm (150 cm).
- Parrilla antidifusora: sí (obtención de la imagen por debajo de la mesa).
- Tamaño del foco: grueso.
- Valores de exposición: 75-85 kV, exposimetría automática, cámara de medición media.

Preparación del paciente

- Desnudarlo, excepto la ropa interior.
- Descalzar al paciente.

Posición

- El paciente se coloca de pie junto al soporte, los brazos cuelgan a lo largo del tronco.
- Piernas estiradas y paralelas (si es necesario, compensar un eventual acortamiento de una pierna y anotarlo en la película).
- Compresor alrededor del abdomen.
- Centro del chasis dos dedos por encima de las espinas ilíacas (L4).
- Protección gonadal (en los varones, cobertura testicular; en las mujeres, pequeño delantal de plomo, que será sujetado por la misma paciente).

Proyección

- Dirección del rayo: ventrodorsal (a.p.), perpendicular a la película.
- Haz central sobre el centro del chasis.
- Ajustar el diafragma (no demasiado fuerte por la articulación sacroiliaca), identificación de los lados.
- Realizar el disparo con respiración suspendida tras la espiración.

Variante

- *Columna lumbar a.p. en decúbito*
 - Decúbito supino, piernas ligeramente elevadas para compensar la lordosis, pies elevados; el resto como arriba.
- *Charnela lumbosacra, a.p.*
 - Decúbito supino, piernas fuertemente flexionadas sobre la cadera y la rodilla, pies elevados, muslos ligeramente separados.
 - Formato de la película: 18 x 24 cm, vertical.
 - Haz central: tres-cuatro dedos por debajo de las crestas ilíacas en la línea media.
 - Eventualmente, bascular el tubo 20 grados en dirección craneocaudal (según Barsony).

58 Columna vertebral

**Criterios de una buena imagen**

- Imagen estrictamente lateral, con representación lineal de los platillos terminales de las vértebras lumbares (en la zona del haz central, en las proximidades de L3/L4) (2).
- Se pueden ver las charnelas toracolumbar (1) y lumbosacra (5).
- Apófisis espinosas bien visibles (3).
- Borde posterior del cuerpo vertebral delimitado por una única línea (4).



Columna lumbar lateral

59

Técnica de obtención de la imagen

Formato de la película: 18 × 43 cm (20 × 40 cm), vertical.
 Tipo de sensibilidad: 400, pantalla de refuerzo compensada +/-.
 DFP: 115 cm (150 cm).
 Parrilla antidifusora: sí (obtención de la imagen por debajo de la mesa).
 Tamaño del foco: grueso.
 Valores de exposición: 90 kV, exposimetría automática, cámara de medición media.

Preparación del paciente

- Desnudo excepto la ropa interior (descalzo).

Posición

- El paciente se coloca de pie con el hombro derecho hacia el soporte.
- Piernas extendidas y paralelas, pies algo separados.
- Brazos hacia delante o hacia delante y arriba, por encima de la cabeza.
- Centro del chasis dos-tres dedos por encima de las crestas ilíacas (L3/L4).
- Protección gonadal en los varones.

Proyección

- Dirección del rayo: lateral, perpendicular a la película.
- Haz central: a) dos-tres dedos por encima de las crestas ilíacas, b) un pulmo ventral a la línea de la piel de la espalda (más o menos en el centro de la línea que une la espina iliaca anteriosuperior y el borde posterior del sacro), sobre el centro del chasis.
- Ajustar el diafragma, identificación de los lados del lado apoyado.
- Realizar el disparo con respiración suspendida tras la espiración.

Variantes*En decúbito supino*

Piernas flexionadas (compensación de la lordosis), acolchar por debajo del paciente para evitar un "combamiento" de la CVL (eje longitudinal lumbar), cojin entre las rodillas, paralelo a la mesa, para evitar que se inclinen.

Charnela lumbosacra, lateral

- Centrado horizontal unos tres dedos por encima de las crestas ilíacas, el resto como arriba.

Consejos

Si existe una fuerte escoliosis izquierda: hombro izquierdo hacia el soporte.

62 Columna vertebral



Criterios de una buena imagen

- Imagen estrictamente lateral con unos plátanos vertebrales completamente lineales (2).
- Representación de las cinco vértebras lumbares y de las charnecas toracolumbar (1) y lumbosacra (3).



Columna lumbar, estudio funcional

63

Técnica de obtención de la imagen

Formato de la película: 18 × 43 cm (20 × 40 cm), vertical.

Tipo de sensibilidad: 400, pantalla de refuerzo compensada +/-.
DFT: 115 cm.

Pantalla antidifusora: sí (obtención de la imagen por debajo de la mesa).

Tamaño del foco: grueso.

Valores de exposición: 90 kV, exposimetría automática, cámara de medición meda.

Preparación del paciente

- Desnudo, salvo la ropa interior.
- Descalzo.

Posición

- El paciente se encuentra de pie, estrictamente lateral con respecto al soporte.
- Piernas extendidas y paralelas, pies algo separados.
- Brazos hacia delante o hacia delante y hacia arriba, por encima de la cabeza.
- Flexión y extensión máximas.
- Centro del chasis dos dedos por encima de la altura de las crestas ilíacas.
- Protección gonadal en varones.

Proyección

- Dirección del rayo: lateral, perpendicular a la película.
- Haz central: a) dos dedos por encima de la altura de las crestas ilíacas, y b) un palmo ventral a la línea de la piel dorsal, sobre el centro del chasis.
- Ajustar el diafragma, identificación del lado más próximo a la película.
- Realizar el disparo con respiración suspendida tras la espiración.
- Tomar una imagen en flexión máxima y otra en extensión máxima.

Variante

Imágenes funcionales en flexión lateral derecha e izquierda (tipo de sensibilidad: 400, el resto como en la columna lumbar a.p.).

Consejos

Si existe una marcada escoliosis izquierda, apoyar el hombro izquierdo en el soporte.

2. Programa de flexibilitació de la musculatura isquiosural (versió inicial)









PROGRAMA DE FLEXIBILIZACIÓN DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL

CALENTAMIENTO: Realizar cada estiramiento 3 veces de cada extremidad inferior (TOTAL=6veces).









1. Estiramiento activo en Tensión Activa de la musculatura Isquiosural (Global)	
	Posición de partida: <ol style="list-style-type: none"> 1. Alinear rodilla con tobillo 2. Empuje: talón contra el suelo manteniendo el pie alineado sin rotaciones. 3. Contraempuje: retroversión pélvica = sacar culo
	Posición final: <ol style="list-style-type: none"> 1. Mantenemos el Empuje y Contraempuje 2. Realizamos una flexión anterior de tronco desde la cadera y con la espalda alineada durante 6-10 segundos.
2. Estiramiento activo en Tensión Activa de la musculatura Isquiosural para el Biceps Femoral (rotación interna de pie)	
	Posición de partida: <ol style="list-style-type: none"> 1. Alinear rodilla con tobillo 2. Empuje: talón contra el suelo. 3. Punta del pie hacia adentro, hacia la línea media en rotación interna. 4. Contraempuje: retroversión pélvica = sacar culo.
	Posición final: <ol style="list-style-type: none"> 1. Mantenemos el empuje, la rotación interna de pie y el contraempuje. 2. Realizamos una flexión anterior de tronco desde la cadera y con la espalda alineada durante 6-10 segundos.
3. Estiramiento activo en Tensión Activa de la musculatura Isquiosural para el Semimembranoso y Semitendinoso (rotación externa de pie)	
	Posición de partida: <ol style="list-style-type: none"> 1. Alinear rodilla con tobillo 2. Empuje: talón contra el suelo. 3. Punta del pie hacia afuera, en rotación externa. 4. Contraempuje: retroversión pélvica = sacar culo.
	Posición final: <ol style="list-style-type: none"> 1. Mantenemos el empuje, la rotación externa de pie y el contraempuje. 2. Realizamos una flexión anterior de tronco desde la cadera y con la espalda alineada durante 6-10 segundos.

PROGRAMA DE FLEXIBILIZACIÓN DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL

ENFRÍAMIENTO: Realizar cada estiramiento 3 veces de cada extremidad inferior (TOTAL=6veces).

1. Estiramiento PNF de la musculatura Isquiosural (Global)	
	<p>Posición de partida:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Anteversión pélvica: sacar culo. Poner las manos en la cadera para sentir el movimiento. 2. Talón del pie apoyado encima de la superficie, rodilla semiflexionada y pie sin rotaciones. 3. Manos encima de la rodilla.
	<p>Posición final: manteniendo la posición de partida,</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. CONTRACCIÓN: apretar talón contra el suelo (contracción muscular máxima) como si quisiera llevarlo hacia el glúteo, sin realizar la flexión de rodilla durante 5-10 segundos. 2. RELAJACIÓN de 3-5 segundos. 3. ESTIRAMIENTO: estirar la rodilla hasta notar nueva tensión muscular y mantener la posición durante 15-20 segundos. <p>Repetir la secuencia 3 veces de cada pierna.</p>
2. Estiramiento PNF de la musculatura Isquiosural para el Biceps Femoral (rotación interna de pie)	
	<p>Posición de partida:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Anteversión pélvica: sacar culo. Poner las manos en la cadera para sentir el movimiento. 2. Talón del pie apoyado encima de la superficie, rodilla semiflexionada. 3. Colocar el pie en rotación interna. 4. Manos encima de la rodilla.
	<p>Posición final: manteniendo la posición de partida,</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. CONTRACCIÓN: apretar talón contra el suelo (contracción muscular máxima) como si quisiera llevarlo hacia el glúteo, sin realizar la flexión de rodilla durante 5-10 segundos. 2. RELAJACIÓN de 3-5 segundos. 3. ESTIRAMIENTO: estirar la rodilla hasta notar nueva tensión muscular y mantener la posición durante 15-20 segundos. <p>Repetir la secuencia 3 veces de cada pierna.</p>
 <p style="text-align: center;">Rotación interna</p>	
3. Estiramiento PNF de la musculatura Isquiosural para el Semimembranoso y Semitendinoso (rotación externa de pie)	
	<p>Posición de partida:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Anteversión pélvica: sacar culo. Poner las manos en la cadera para sentir el movimiento. 2. Talón del pie apoyado encima de la superficie, rodilla semiflexionada. 3. Colocar el pie en rotación externa. 4. Manos encima de la rodilla.
	<p>Posición final: manteniendo la posición de partida,</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. CONTRACCIÓN: apretar talón contra el suelo (contracción muscular máxima) como si quisiera llevarlo hacia el glúteo, sin realizar la flexión de rodilla durante 5-10 segundos. 2. RELAJACIÓN de 3-5 segundos. 3. ESTIRAMIENTO: estirar la rodilla hasta notar nueva tensión muscular y mantener la posición durante 15-20 segundos. <p>Repetir la secuencia 3 veces de cada pierna.</p>
 <p style="text-align: center;">Rotación externa</p>	

4. Estiramiento pasivo de la musculatura isquiosural (Global), tercio distal.	
	<p>Posición de partida:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Anteversión pélvica: sacar culo. Poner las manos en la cadera para sentir el movimiento. 2. Talón del pie apoyado encima de la superficie, rodilla semiflexionada y pie sin rotaciones. 3. Manos encima de la rodilla.
	<p>Posición final: manteniendo la posición de partida, estirar la rodilla hasta sentir la tensión del estiramiento de la musculatura isquiosural y mantener 30 segundos.</p>
5. Estiramiento pasivo de la musculatura isquiosural para el Biceps Femoral (rotación interna de pie), tercio distal.	
	<p>Posición de partida:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Anteversión pélvica: sacar culo. Poner las manos en la cadera para sentir el movimiento. 2. Talón del pie apoyado encima de la superficie, rodilla semiflexionada. 3. Colocar el pie en rotación interna. 4. Manos encima de la rodilla. <div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Rotación interna</p> </div>
	<p>Posición final: manteniendo la posición de partida, estirar la rodilla hasta sentir la tensión del estiramiento de la musculatura isquiosural y mantener 30 segundos.</p>
6. Estiramiento pasivo de la musculatura isquiosural para el Semimembranoso y Semitendinoso (rotación externa de pie), tercio distal.	
	<p>Posición de partida:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Anteversión pélvica: sacar culo. Poner las manos en la cadera para sentir el movimiento. 2. Talón del pie apoyado encima de la superficie, rodilla semiflexionada. 3. Colocar el pie en rotación externa. 4. Manos encima de la rodilla. <div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Rotación externa</p> </div>
	<p>Posición final: manteniendo la posición de partida, estirar la rodilla hasta sentir la tensión del estiramiento de la musculatura isquiosural y mantener 30 segundos.</p>

7. Estiramiento pasivo de la musculatura isquiosural (Global), tercio proximal.	
	Posición de partida: <ol style="list-style-type: none"> 1. Anteversión pélvica: sacar culo. Poner las manos en la cadera para sentir el movimiento. 2. Talón del pie apoyado encima de la superficie, rodilla semiflexionada y pie sin rotaciones. 3. Manos encima de la rodilla o también se pueden mantener en la cintura.
	Posición final: manteniendo la posición de partida, flexionar el tronco hacia anterior desde la articulación de cadera hasta sentir la tensión del estiramiento de la musculatura isquiosural y mantener 30 segundos . NO CURVAR LA COLUMNA VERTEBRAL, mantenerla recta.
8. Estiramiento pasivo de la musculatura isquiosural para el Biceps Femoral (rotación interna de pie), tercio proximal.	
	Posición de partida: <ol style="list-style-type: none"> 1. Anteversión pélvica: sacar culo. Poner las manos en la cadera para sentir el movimiento. 2. Talón del pie apoyado encima de la superficie, rodilla semiflexionada. 3. Colocar el pie en rotación interna. 4. Manos encima de la rodilla o también se pueden mantener en la cintura. <div style="float: right; text-align: center;">  <p>Rotación interna</p> </div>
	Posición final: manteniendo la posición de partida, flexionar el tronco hacia anterior desde la articulación de cadera hasta sentir la tensión del estiramiento de la musculatura isquiosural y mantener 30 segundos . NO CURVAR LA COLUMNA VERTEBRAL, mantenerla recta.
9. Estiramiento pasivo de la musculatura isquiosural para el Semimembranoso y Semitendinoso (rotación externa de pie), tercio distal.	
	Posición de partida: <ol style="list-style-type: none"> 1. Anteversión pélvica: sacar culo. Poner las manos en la cadera para sentir el movimiento. 2. Talón del pie apoyado encima de la superficie, rodilla semiflexionada. 3. Colocar el pie en rotación externa. 4. Manos encima de la rodilla o también se pueden mantener en la cintura. <div style="float: right; text-align: center;">  <p>Rotación externa</p> </div>
	Posición final: manteniendo la posición de partida, flexionar el tronco hacia anterior desde la articulación de cadera hasta sentir la tensión del estiramiento de la musculatura isquiosural y mantener 30 segundos . NO CURVAR LA COLUMNA VERTEBRAL, mantenerla recta.

3. Carta de presentació del Qüestionari 1

Validació per experts d'un Programa de Flexibilitat de la Musculatura Isquiosural per jugadors d'handbol en edat puberal.

Benvolgut company,

T'agraeixo molt la teva col·laboració en aquest treball d'investigació per formar part en el grup d'experts que portareu a fi la validació d'aquest programa de flexibilització de la musculatura isquiosural per jugadors d'handbol en edat puberal.

El programa de flexibilitat va adjunt i es correspon al document anomenat "Programa de flexibilització de la musculatura isquiosural".

Quina és la finalitat d'aquest programa de flexibilitat?

La incidència de patologia lumbar té una prevalença en la pràctica de l'handbol, sobretot en edats puberals. Això és degut a diverses causes, entre elles el dèficit de flexibilitat dels isquiosurals degut a la sistemàtica d'entrenament que té l'handbol.

Els estudis evidencien que la falta de flexibilitat de la musculatura isquiosural incideix negativament en la curvatura lumbar i conclouen en la necessitat de la flexibilització de la musculatura isquiosural per millorar la patologia lumbar.

Aquesta investigació vol evidenciar si un programa de flexibilització de la musculatura isquiosural repercuteix a la columna lumbar dels jugadors d'handbol durant la seva etapa formativa. Es determinarà si es millora la simptomatologia i la posició estàtica de la columna lumbar, evitant la pèrdua d'hores d'entrenament i hores competitives.

La mostra de l'estudi serà la totalitat de la població d'un programa de tecnificació formada per 14 jugadors. Es farà una selecció aleatòria per formar el grup d'estudi i el grup control.

En una primera fase es recolliran dos tipus de paràmetres. Els clínics s'obtidran del registre de la percepció del dolor i de les dades exploratives (l'angle popliti, test de flexibilitat de la musculatura isquiosural i els tests de mobilitat de la columna lumbar en flexió, extensió i inclinacions laterals). I els paràmetres objectivables es registraran amb l'exploració radiològica (l'angle de Cobb, la inclinació del sacre, l'existència d'espondilòlisi / espondilolistesí lumbar i de dismetries de les extremitats inferiors) per obtenir la informació de l'estructura òssia en estudi i l'exploració electromiogràfica per determinar el grau d'activitat i de fatiga muscular dels erectors de tronc mitjançant les proves de resistència amb el test de Sorensens per a la musculatura lumbar.

En una segona fase s'implementarà un programa de flexibilització de la columna isquiosural pel grup d'estudi durant 6 mesos. Aquest programa es farà en cada sessió d'entrenament del grup d'estudi.

En una tercera fase es recolliran les dades finals d'estudi repetint la mateixa seqüència que es va produir en la primera fase.

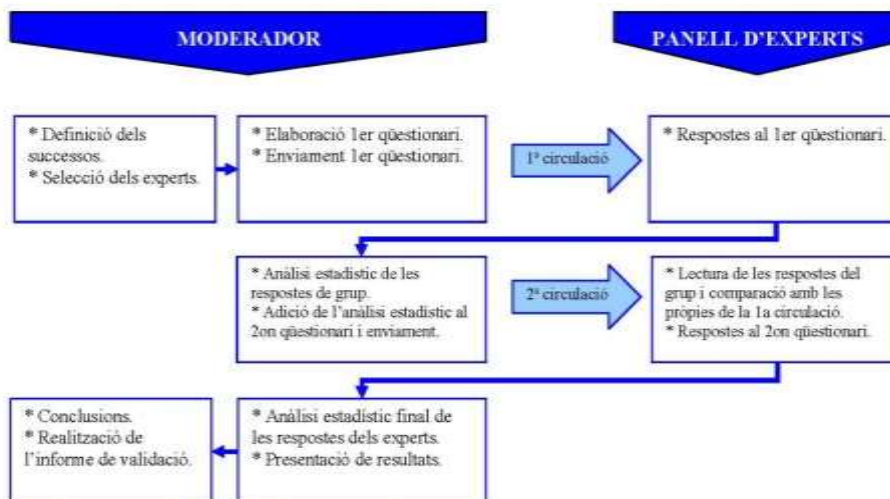
Un cop registrats la totalitat de les dades es procedirà a l'estudi estadístic per obtenir els resultats de la investigació i finalitzar amb la redacció de la discussió i de les conclusions definitives de l'estudi.

S'espera obtenir que aquest programa de flexibilització de la musculatura isquiosural previngui la patologia lumbar greu característica en jugadors d'handbol durant la seva

etapa formativa, millorant la percepció del dolor i / o evitant la inversió de la curvatura lumbar que repercutiria en l'acunyament anterior del cos vertebral i en l'aparició dels factors de risc (formació d'espondilòlisi i / o espondilolistesi).

Quina metodologia es segueix per fer la validació d'aquest programa?

Per tal de validar aquestes activitats s'utilitzarà el Mètode Delphi. A continuació es detalla la planificació que es seguirà segons aquesta metodologia:



Seguint la temporització establerta, la data de la 1a circulació serà el 8 de juliol i la data màxima d'entrega del qüestionari per part dels experts serà el 10 d'aquest mes.

Tanmateix s'anirà informant a tots el components del grup segons vagi succeint les etapes de validació. Durant aquest procés es garanteix l'anonimat dels diferents experts seleccionats.

Agraint per avançat la teva col·laboració en aquest estudi d'investigació i restant a la teva disposició per qualsevol aclariment, et saluda,

Laia Monné i Guasch.
1 de juliol de 2013.

4. Qüestionari 1

Validació per experts d'un Programa de Flexibilitat de la Musculatura Isquiosural per jugadors d'handbol en edat juvenil.

Marquï una única opció de resposta amb una X.

Codi (P#)

Referent a la proposta d'estiraments descrits ubicats en l'ESCALFAMENT.

	Molt d'acord	D'acord	Indiferent	En desacord	Molt en desacord
P1 La tipologia d'estirament en actu en tensió activa escollida és correcta si volem escalfar la musculatura isquiosural.					
P2 El temps d'execució de l'estirament en actu en tensió activa és correcta si volem escalfar la musculatura isquiosural.					
P3 El número de repeticions en l'estirament en actu en tensió activa és correcta si volem escalfar la musculatura isquiosural. Cal tenir en compte que aquest programa de flexibilitat vol inferir el mínim possible en la rutina normal de la sessió d'entrenament.					

Referent a la proposta d'estiraments descrits ubicats en el REFREDAMENT.

	Molt d'acord	D'acord	Indiferent	En desacord	Molt en desacord
P4 La tipologia d'estirament en PNF escollida és correcta si volem millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural.					
P5 El temps d'execució dels estiraments en PNF és correcta si volem millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural.					
P6 El número de repeticions dels estiraments en PNF és correcta si volem millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural. Cal tenir en compte que aquest programa de flexibilitat vol inferir el mínim possible en la rutina normal de la sessió d'entrenament.					
P7 La tipologia d'estirament passiu escollida és correcta si volem millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural.					
P8 El temps d'execució dels estiraments passius és correcta si volem millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural.					
P9 El número de repeticions dels estiraments passius és correcta si volem millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural. Cal tenir en compte que aquest programa de flexibilitat vol inferir el mínim possible en la rutina normal de la sessió d'entrenament.					

Referent a la totalitat del programa de flexibilitat de la musculatura isquiosural.

	Molt d'acord	D'acord	Indiferent	En desacord	Molt en desacord
P10 Amb la proposta de 12 exercicis d'estiraments és suficient per millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural si l'esportista l'aplica en cada sessió d'entrenament durant 6 mesos. Cal tenir en compte que aquest programa de flexibilitat vol inferir el mínim possible en la rutina normal de la sessió d'entrenament.					

Continguts del Programa d'ESCALFAMENT de la musculatura isquiosural.

	Molt d'acord	D'acord	Indiferent	En desacord	Molt en desacord
P11 El redactat de l'estirament número 1 és clar i entenedor.					
P12 El redactat de l'estirament número 2 és clar i entenedor.					
P13 El redactat de l'estirament número 3 és clar i entenedor.					
P14 La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estirament número 1 són entenedores.					
P15 La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estirament número 2 són entenedores.					
P16 La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estirament número 3 són entenedores.					

Continguts del Programa de REFREDAMENT de la musculatura isquiosural.

	Molt d'acord	D'acord	Indiferent	En desacord	Molt en desacord
P17 El redactat de l'estirament número 1 és clar i entenedor.					
P18 El redactat de l'estirament número 2 és clar i entenedor.					

P19	El redactat de l'entrenament número 3 es clàr i entenedor.					
P20	El redactat de l'entrenament número 4 es clàr i entenedor.					
P21	El redactat de l'entrenament número 5 es clàr i entenedor.					
P22	El redactat de l'entrenament número 6 es clàr i entenedor.					
P23	El redactat de l'entrenament número 7 es clàr i entenedor.					
P24	El redactat de l'entrenament número 8 es clàr i entenedor.					
P25	El redactat de l'entrenament número 9 es clàr i entenedor.					
P26	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'entrenament número 1 són entenedora.					
P27	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'entrenament número 2 són entenedora.					
P28	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'entrenament número 3 són entenedora.					
P29	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'entrenament número 4 són entenedora.					
P30	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'entrenament número 5 són entenedora.					
P31	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'entrenament número 6 són entenedora.					
P32	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'entrenament número 7 són entenedora.					
P33	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'entrenament número 8 són entenedora.					
P34	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'entrenament número 9 són entenedora.					

Variables de base de l'expert.

Codi (P25)

Per favor, anoti les següents dades personals marcant les opcions necessàries:

Nom i Cognom:		P36
Edat:		P37
Professió:		P38
Email:		P39
Lloc de treball (si és més d'un lloc, anotar les dues principals):	1.- <input type="text"/> 2.- <input type="text"/>	P40 P41
Estudis universitaris:	<input type="checkbox"/> Doctorat <input type="checkbox"/> Doctorant	P42 P43
	<input type="checkbox"/> Llicenciat <input type="checkbox"/> Graduat <input type="checkbox"/> Diplomant	P44 P45 P46
Assignatures impartides:	1.- <input type="text"/> 2.- <input type="text"/> 3.- <input type="text"/> 4.- <input type="text"/>	P47 P48 P49 P50
	<input type="checkbox"/> Molt expert <input type="checkbox"/> Molt expert <input type="checkbox"/> Expert <input type="checkbox"/> Més expert <input type="checkbox"/> Poc expert	
P51	Experiència amb els entrenaments.	

Agrair enormement la seva col·laboració pel temps emprat durant la realització d'aquest qüestionari.

5. Carta de presentació del Qüestionari 2

**Validació per experts d'un Programa de Flexibilitat de la Musculatura
Isquiosural per jugadors d'handbol en edat puberal.**

Benvolgut company,

Un cop finalitzada la primera circulació del qüestionari i per tal d'arribar a un consens, és necessari passar una segona circulació.

En aquest segon qüestionari, de totes les preguntes queda indicada quina ha sigut la mediana de les respostes obtingudes. Caldrà especificar si estàs d'acord amb aquesta resposta o no.

En el cas que no estiguis d'acord, has d'argumentar el perquè en l'espai indicat i a continuació tornar a marcar la teva resposta respecte la pregunta.

És important obtenir la resposta del teu qüestionari **abans del dia 10 de juliol** per tal de prosseguir amb l'estudi.

Agraint de nou la teva col·laboració, et saluda,

Laia Monné i Guasch.
1 de juliol de 2013.

6. Qüestionari 2

Validació per experts d'un Programa de Flexibilitat de la Musculatura Isquiosural per jugadors d'handbol en edat preberal.

Genl (P2)

Marquï una única opció de resposta amb una X.

Referent a la proposta d'estiraments descrita ubicats en l'ESCALFAMENT.

	RESPOSTA	SI	NO	Si no està d'acord amb la resposta, indiqui en quina opció creu que cal fer la modificació més apropiada: augmentar, reduir, eliminar, afegir, canviar el tipus d'estirament.	Molt d'acord	D'acord	Indiferent	En desacord	Molt en desacord
P1	La tipologia d'estirament en actiu en tensió activa escollida és correcta si volen escalfar la musculatura isquiosural.								
P2	El temps d'execució de l'estirament en actiu en tensió activa és correcta si volen escalfar la musculatura isquiosural.								
P3	El número de repeticions en l'estirament en actiu en tensió activa és correcta si volen escalfar la musculatura isquiosural. Cal tenir en compte que aquest programa de flexibilitat vol inferir el mínim possible en la rutina normal de la sessió d'entrenament.								

Referent a la proposta d'estiraments descrita ubicats en el REFRESCAMENT.

	RESPOSTA	SI	NO	Si no està d'acord amb la resposta, indiqui en quina opció creu que cal fer la modificació més apropiada: augmentar, reduir, eliminar, afegir, canviar el tipus d'estirament.	Molt d'acord	D'acord	Indiferent	En desacord	Molt en desacord
P4	La tipologia d'estirament en PNF escollida és correcta si volen millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural.								
P5	El temps d'execució dels estiraments en PNF és correcta si volen millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural.								
P6	El número de repeticions dels estiraments en PNF és correcta si volen millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural. Cal tenir en compte que aquest programa de flexibilitat vol inferir el mínim possible en la rutina normal de la sessió d'entrenament.								
P7	La tipologia d'estirament passiu escollida és correcta si volen millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural.								
P8	El temps d'execució dels estiraments passius és correcta si volen millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural.								
P9	El número de repeticions dels estiraments passius és correcta si volen millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural. Cal tenir en compte que aquest programa de flexibilitat vol inferir el mínim possible en la rutina normal de la sessió d'entrenament.								

Referent a la totalitat del programa de flexibilitació de la musculatura isquiosural

	Resposta	Sí / No	Si no està d'acord amb la resposta, argumenti les seves raons i a continuació torni a marcar una única resposta (Molt d'acord, D'acord, Indiferent, En desacord, Molt en desacord)	Molt d'acord	D'acord	Indiferent	En desacord	Molt en desacord
P10	Després de la programació de 12 exercicis d'estirament es suficient per millorar la flexibilitat de la musculatura isquiosural i l'aparell de lligaments en tots els nivells d'entrenament durant 9 setmanes. Considereu en compte que aquest programa de flexibilitat no té l'efecte possible en la rutina normal de la sessió d'entrenament.							

Continguts del Programa d'ESTIRAMENT de la musculatura isquiosural

	Resposta	Sí / No	Si no està d'acord amb la resposta, argumenti les seves raons i a continuació torni a marcar una única resposta (Molt d'acord, D'acord, Indiferent, En desacord, Molt en desacord)	Molt d'acord	D'acord	Indiferent	En desacord	Molt en desacord
P11	El redactat de l'estirament número 1 és clar i entenedor.							
P12	El redactat de l'estirament número 2 és clar i entenedor.							
P13	El redactat de l'estirament número 3 és clar i entenedor.							
P14	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estirament número 1 són entenedores.							
P15	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estirament número 2 són entenedores.							
P16	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estirament número 3 són entenedores.							

Continguts del Programa de REFREDAMENT de la musculatura isquiosural

	Resposta	Sí / No	Si no està d'acord amb la resposta, argumenti les seves raons i a continuació torni a marcar una única resposta (Molt d'acord, D'acord, Indiferent, En desacord, Molt en desacord)	Molt d'acord	D'acord	Indiferent	En desacord	Molt en desacord
P17	El redactat de l'estirament número 1 és clar i entenedor.							
P18	El redactat de l'estirament número 2 és clar i entenedor.							
P19	El redactat de l'estirament número 3 és clar i entenedor.							
P20	El redactat de l'estirament número 4 és clar i entenedor.							
P21	El redactat de l'estirament número 5 és clar i entenedor.							
P22	El redactat de l'estirament número 6 és clar i entenedor.							
P23	El redactat de l'estirament número 7 és clar i entenedor.							

P24	El redactat de l'estronament número 8 és clar i entenedor.									
P25	El redactat de l'estronament número 9 és clar i entenedor.									
P26	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estronament número 1 són entenedores.									
P27	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estronament número 2 són entenedores.									
P28	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estronament número 3 són entenedores.									
P29	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estronament número 4 són entenedores.									
P30	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estronament número 5 són entenedores.									
P31	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estronament número 6 són entenedores.									
P32	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estronament número 7 són entenedores.									
P33	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estronament número 8 són entenedores.									
P34	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estronament número 9 són entenedores.									

Agraïnt enormement la seva col·laboració pel temps emprat durant la complimentació d'aquest qüestionari.

7. Carta de presentació del Qüestionari 3

Validació per experts d'un Programa de millora del to muscular dels Isquiosurals per jugadors d'handbol en edat puberal.

Benvolgut company,

Gràcies a les vostres aportacions extretes del segon qüestionari, s'ha millorat el programa d'estiraments amb la finalitat de normalitzar el to muscular dels Isquiosurals, interferint el mínim possible la seva sessió d'entrenament.

És per això que s'han reduït el número d'estiraments del programa i per tant, veuràs que hi ha 19 preguntes del qüestionari que no caldrà respondre ja que han quedat anul·lades (en gris fosc). Només cal contestar les caselles que estan en blanc.

Per tal d'implantar el programa a l'inici de novembre, és important obtenir la resposta del teu qüestionari **abans del dia 31 d'octubre**.

Agraint de nou la teva col·laboració, et saluda,

Laia Monné i Guasch.
28 d'octubre de 2013.

8. Qüestionari 3

Validació per experts d'un Programa de MILLORA DEL TO MUSCULAR dels Isquiosurals per jugadors d'handbol en edat puberal.

Marqui una única opció de resposta amb una X.

Codi (P35)

Referent a la proposta d'estiraments descrits ubicats en l'ESCALFAMENT.

		Molt d'acord	D'acord	Indiferent	En desacord	Molt en desacord
P1	La tipologia d'estirament en actu en tensió activa escollida és correcta si volem escalfar la musculatura isquiosural.					
P2	El temps d'execució de l'estirament en actu en tensió activa és correcta si volem escalfar la musculatura isquiosural.					
P3	El número de repeticions en l'estirament en actu en tensió activa és correcta si volem escalfar la musculatura isquiosural. Cal tenir en compte que aquest programa vol inferir el mínim possible en la rutina normal de la sessió d'entrenament.					

Referent a la proposta d'estiraments descrits ubicats en la TORNADA A LA CALMA.

		Molt d'acord	D'acord	Indiferent	En desacord	Molt en desacord
P7	La tipologia d'estirament passiu escollida és correcta si volem millorar el tò de la musculatura isquiosural.					
P8	El temps d'execució dels estiraments passius és correcta si volem millorar el tò de la musculatura isquiosural.					
P9	El número de repeticions dels estiraments passius és correcta si volem millorar el tò de la musculatura isquiosural. Cal tenir en compte que aquest programa vol inferir el mínim possible en la rutina normal de la sessió d'entrenament.					

Referent a la totalitat del programa de millora del tò de la musculatura isquiosural

		Molt d'acord	D'acord	Indiferent	En desacord	Molt en desacord
P10	Amb la proposta de 4 exercicis d'estiraments és suficient per millorar el tò de la musculatura isquiosural si l'esportista s'aplica en cada sessió d'entrenament durant 6 mesos. Cal tenir en compte que aquest programa vol inferir el mínim possible en la rutina normal de la sessió d'entrenament.					

Continguts del Programa d'ESCALFAMENT de la musculatura isquiosural.

		Molt fàcil	Fàcil	Indiferent	En desacord	Molt en desacord
P11	El redactat de l'estirament número 1 és clar i entenedor.					
P12	El redactat de l'estirament número 2 és clar i entenedor.					
P13	El redactat de l'estirament número 3 és clar i entenedor.					
P14	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estirament número 1 són entenedores.					
P15	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estirament número 2 són entenedores.					
P16	La fotografia i les seves indicacions gràfiques de l'estirament número 3 són entenedores.					

Continguts del Programa de TORNADA A LA CALMA de la musculatura isquiosural.

		Molt fàcil	Fàcil	Indiferent	En desacord	Molt en desacord
P17	El redactat de l'estirament número 1 és clar i entenedor.					
P26	Les fotografies i les seves indicacions gràfiques de l'estirament número 1 són entenedores.					

Agraït enormement la seva col·laboració pel temps emprat durant la complementació d'aquest qüestionari.

9. Carta de presentació del Qüestionari 4

Validació per experts d'un Programa de millora del to muscular dels Isquiosurals per jugadors d'handbol en edat puberal.

Benvolgut company,

Un cop finalitzada la tercera circulació del qüestionari i per tal d'arribar a un consens final, és necessari passar una quarta circulació.

En aquest quart qüestionari, de totes les preguntes queda indicada quina ha sigut la mediana de les respostes obtingudes. Caldrà especificar si estàs d'acord amb aquesta resposta o no.

En el cas que no estiguis d'acord, has d'argumentar el perquè en l'espai indicat i a continuació tornar a marcar la teva resposta respecte la pregunta.

És important obtenir la resposta del teu qüestionari **abans del dia 7 de novembre** per tal de prosseguir amb l'estudi.

Agraint de nou la teva col·laboració, et saluda,

Laia Monné i Guasch.
2 de novembre de 2013.

10. Qüestionari 4

Validació per experts d'un Programa de MILLORA DEL TO MUSCULAR dels jugadors de futbol en edat juvenil.

Responi a les preguntes de resposta avui o demà.

GRÀCIES PER RESPONDRE

Referent a la revisió d'exercicis descrits sota el TÍTOL ESCALFAMENT.

	ACTIVITAT	N.º	El text d'aquest exercici, acompanyat de les instruccions corresponents, està correcte i compleu amb l'objectiu de millorar el to muscular requerit.	Alt d'expert	Expert	Intermedi	En desenvolupament	Resposta final
P1	La tècnica d'entrenament en actiu en tenir el peu és correcta si volen millorar la musculatura requerida.	NOU D'ACORD						
P2	El temps d'execució de l'entrenament en actiu en tenir el peu és correcte si volen millorar la musculatura requerida.	NOU D'ACORD						
P3	El número de repeticions en l'entrenament en actiu en tenir el peu és correcte si volen millorar la musculatura requerida. Cal tenir en compte que aquest programa no té altre al més possible en la rutina normal de la sessió d'entrenament.	NOU D'ACORD						

Referent a la revisió d'exercicis descrits sota el TÍTOL TORNADA A LA CALMA.

	ACTIVITAT	N.º	El text d'aquest exercici, acompanyat de les instruccions corresponents, està correcte i compleu amb l'objectiu de millorar el to muscular requerit.	Alt d'expert	Expert	Intermedi	En desenvolupament	Resposta final
P1	La tècnica d'entrenament passiu és correcta si volen millorar el to de la musculatura requerida.	NOU D'ACORD						
P2	El temps d'execució dels entrenaments passius és correcte si volen millorar el to de la musculatura requerida.	NOU D'ACORD						
P3	El número de repeticions dels entrenaments passius és correcte si volen millorar el to de la musculatura requerida. Cal tenir en compte que aquest programa no té altre al més possible en la rutina normal de la sessió d'entrenament.	NOU D'ACORD						

11. Questionari Roland-Morris i Escala Analògica del Dolor

Id

CUESTIONARIO DE ROLAND-MORRIS para valoración de la discapacidad por lumbalgia¹

Cuando su espalda le duele, puede que le sea difícil hacer algunas de las cosas que habitualmente hace. Esta lista contiene algunas de las frases que la gente usa para explicar cómo se encuentra cuando le duele la espalda (o los riñones).
Cuando las lea, puede que encuentre algunas que describan su estado de **hoy**.
Cuando lea la lista, piense en cómo se encuentra usted **hoy**.
Cuando lea usted una frase que describa como se siente hoy, póngale una señal. Si la frase no describe su estado de hoy, pase a la siguiente frase. Recuerde, tan solo señale la frase si está usted seguro de que describe cómo se encuentra usted hoy.

SI NO

- | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1 Me quedo en casa la mayor parte del tiempo por mi dolor de espalda. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2 Cambio de postura con frecuencia para intentar aliviar la espalda. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3 Debido a mi espalda, camino más lentamente de lo normal. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4 Debido a mi espalda, no puedo hacer ninguna de las faenas que habitualmente hago en casa. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5 Por mi espalda, uso el pasamanos para subir escaleras. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6 A causa de mi espalda, debo acostarme más a menudo para descansar. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7 Debido a mi espalda, necesito agarrarme a algo para levantarme de los sillones o sofás. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8 Por culpa de mi espalda, pido a los demás que me hagan las cosas. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9 Me visto más lentamente de lo normal a causa de mi espalda. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10 A causa de mi espalda, sólo me quedo de pie durante cortos periodos de tiempo. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11 A causa de mi espalda, procuro evitar inclinarme o arrodillarme. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 12 Me cuesta levantarme de una silla por culpa de mi espalda. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13 Me duele la espalda casi siempre. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 14 Me cuesta darme la vuelta en la cama por culpa de mi espalda. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 15 Debido a mi dolor de espalda, no tengo mucho apetito. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 16 Me cuesta ponerme los calcetines - o medias - por mi dolor de espalda. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 17 Debido a mi dolor de espalda, tan solo ando distancias cortas. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 18 Duermo peor debido a mi espalda. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 19 Por mi dolor de espalda, deben ayudarme a vestirme. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 20 Estoy casi todo el día sentado a causa de mi espalda. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 21 Evito hacer trabajos pesados en casa, por culpa de mi espalda. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 22 Por mi dolor de espalda, estoy más irritable y de peor humor de lo normal. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 23 A causa de mi espalda, subo las escaleras más lentamente de lo normal. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 24 Me quedo casi constantemente en la cama por mi espalda. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

ESCALA VISUAL ANALÓGICA (EVA)

La Escala Visual Analógica (EVA) permite medir la intensidad del dolor.
Marque en la línea el punto que indique la intensidad del dolor **ahora**.

Sin dolor



Máximo dolor

12. Carta de sol·licitud per a l'avaluació del projecte de tesi al Comitè d'Ètica d'Investigacions Clíniques de l'Administració Esportiva de Catalunya



Sr. Carles Trullols i Clemente
Secretari del Comitè d'Ètica d'Investigacions Clíniques de l'Administració Esportiva de Catalunya

Distingit Sr Trullols,

Sol·lito l'avaluació del projecte de recerca amb el títol "*Diseño de un programa de de flexibilització de la musculatura isquiosural para jugadores de balonmano y su repercusión a nivel de la columna lumbar*".

La mostra de la població d'estudi que s'agafarà seran aquells jugadors de la secció d'handbol del Futbol Club Barcelona que pertanyin al programa específic d'entrenament de tecnificació.

Amb el present projecte estudiarem si un programa de flexibilització de la musculatura isquiosural millora la patologia lumbar dels jugadors d'handbol i la seva repercussió tant a nivell ossi com muscular de les estructures en estudi.

D'aquest estudi s'espera obtenir que aquest programa de flexibilització de la musculatura isquiosural prevengui la patologia lumbar greu característica en jugadors d'handbol durant la seva fase formativa millorant la percepció del dolor i/o evitant la inversió de la curvatura lumbar que repercutiria en la modificació del cos anterior vertebral en forma de tascó i en l'aparició dels factors de risc (formació de l'espondilolisis i/o espondilolistesis).

Lais Monné Gusch.

Sant Cugat del Vallès 26 d'octubre de 2012

13. Certificat de Col·laboració amb el Futbol Club Barcelona



FCBARCELONA
més que un club

Av. Aristides Mallot, s/n
08028 Barcelona
tel. 902 18999 00
fax 93 411 22 10
www.fcbarcelona.cat

Barcelona, 20 d'octubre de 2012.

El Dr. **Josep Anton Gutiérrez Rincón**, amb DNI 37.672.784-A com a responsable mèdic de la Secció d'Handbol del Futbol Club Barcelona,

CERTIFICA:

que aquesta institució està col·laborant en el projecte de tesis doctoral de la Sra. **Laia Monné Guasch**, professora ajudant del Departament de Fisioteràpia de la Universitat Internacional de Catalunya, amb el títol *"Disseny d'un programa de flexibilització de la musculatura isquiosural per jugadors d'handbol i la seva repercussió a nivell de la columna lumbar"*

Per a que així consti signo el present document en la data de l'encapçalament.

Dr. Josep Anton Gutiérrez Rincón.



14. Consentiment informat pels pares o tutors



CONSENTIMIENTO INFORMADO PADRES / TUTOR

Número del estudio:
 Versión del protocolo:
 Fecha de la versión:
 Fecha de presentación:
 Título:

Investigadora principal: Laia Monné
Investigador / a secundario / a: Dr.. Josep Anton Gutiérrez, D. Montserrat Girabent, SRA. Ana Germán
Tutores: Dr. Ramon Olivé y Dr. Xavier Gironès
Departamento: Fisioterapia
Línea de investigación: Fisioterapia Aplicada a la actividad física y el deporte.
Área de investigación: Promoción de la Salud
Título de la investigación: "Diseño de un programa de de flexibilización de la musculatura isquiosural para jugadoras de balonmano y apoyo Repercusión a nivel de la columna lumbar"

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, Sr. / Sra.:, Como tutor, padre o madre del paciente
, nacido el día

- He recibido información verbal sobre el estudio anterior y he leído la información escrita que se remite adjunta en el informe del proyecto de investigación presentado.
- He comprendido lo que se me ha explicado.
- He podido comentar el estudio y hacer preguntas al profesional correspondiente.
- Doy mi consentimiento para que mi hijo / tutelado o tutelada tome parte en el estudio y asumo que él / ella participe de manera totalmente voluntaria.
- Entiendo que podré retirar mi hijo / tutelado o tutelada en cualquier momento sin que ello afecte a su futura asistencia médica

En cumplimiento de la normativa del Real Decreto 223/2004, estoy al tanto de que el Ministerio Fiscal supervisará la evolución del estudio clínico y puede contactar con el paciente a fin de realizar el seguimiento del estudio.

Mediante la firma de este formulario de consentimiento informado, doy mi consentimiento para que los datos personales a mi hijo o hija / tutelado o tutelada se puedan utilizar como se ha descrito en este formulario de consentimiento que se ajustan a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal.

Entiendo que recibiré una copia de este formulario de consentimiento informado.

Firma del padre / madre / tutor
 N. de DNI

Fecha de la firma
 19 de septiembre de 2013



DECLARACIÓN DEL INVESTIGADOR / A

El padre / madre / tutor del paciente o la paciente que firma esta hoja de consentimiento ha recibido, por parte del profesional, información detallada de manera oral y escrita del proceso y la naturaleza de este estudio de investigación, y ha tenido la oportunidad de preguntar cualquier duda en cuanto a la naturaleza, los riesgos y las ventajas de su participación en este estudio.

Firma del investigador / a
Nombre:

Fecha de la firma

Revoco el consentimiento prestado en fecha.....

D / Dña..... con DNI:.....

Firma del paciente o responsable	Firma del investigador
DNI:..... Fecha:.....	Sr / a:.....
Nombre y apellidos:	Nº colegiado:

15. Assentiment del menor

**ASENTIMIENTO DEL MENOR****Asentimiento del menor (de 12 a 17 años de edad)**

Yo,....., nacido en....., el día

- Bajo el consentimiento de mi padre / madre / tutor,
- Informado de forma verbal y escrita del estudio que se me realizará,
- Después de haber comprendido lo que se me ha explicado,
- Después de haber comentado el estudio y hecho preguntas al profesional responsable,

Doy mi asentimiento para tomar parte en el estudio y, si mi padre / madre / tutor lo decide, podré retirarme en cualquier momento sin que ello afecte mi futura asistencia médica.

Entiendo que recibiré una copia de este formulario de asentimiento.

Firma del menor o de la menor

Firma del padre / madre / tutor

Fecha de la firma
19 de septiembre de 2013

Núm. de DNI del padre / madre / tutor

Revoco el consentimiento prestado en fecha.....

D / Dña..... con DNI:.....

Firma del paciente o responsable	Firma del investigador
DNI:..... Fecha:.....	Sr / a:.....
Nombre y apellidos:.....	Nº colegiado:.....

16. Carta d'aprovació del Comitè d'Ètica d'Investigacions Clínicas de l'Administració Esportiva de Catalunya

 Generalitat de Catalunya
Comitè d'Ètica d'Investigacions Clínicas
de l'Administració Esportiva de Catalunya

 Generalitat de Catalunya
Consell Català de l'Esport

Generalitat de Catalunya
Consell Català de l'Esport

Número: 00998/12298/2012
Data: 04/12/2012 09:19:32

Sistema de sortida:

2607/LA

COM-ESPORT

Sra. Laia Monné Guasch
Carrer Josep Ma. de Segarra, 33
08195 Sant Cugat del Vallès

Senyora,

Et trameto, adjunt, el certificat de la reunió duta a terme el 28 de novembre de 2012 del Comitè d'Ètica en què es va avaluar favorablement el projecte titulat "Diseño de un programa de flexibilización de la musculatura isquiosural para jugadores de balonmano y su repercusión a nivel de la columna lumbar".

Atentament,


Carles Trullols i Clément
Responsable de Suport Jurídic i Tècnic

Esplugues de Llobregat, 29 de novembre de 2012

Av. dels Països Catalans, 40-48
08950 Esplugues de Llobregat
Tel. 93 480 49 00



CARLES TRULLOLS I CLEMENTE, RESPONSABLE DE SUPORT JURÍDIC I TÈCNIC DEL CONSELL CATALÀ DE L'ESPORT, ACTUANT COM A SECRETARI DEL COMITÈ D'ÈTICA D'INVESTIGACIONS CLÍNiques DE L'ADMINISTRACIÓ ESPORTIVA DE CATALUNYA

CERTIFICO

Que en la reunió duta a terme el dia 28 de novembre de 2012, aquest Comitè d'Ètica va acordar avaluar favorablement el projecte presentat per la senyora Laia Monné Guasch, titulat: "Diseño de un programa de flexibilización de la musculatura isquiosural para jugadores de balonmano y su repercusión a nivel de la columna lumbar"

La qual cosa faig constar als efectes oportuns

Esplugues de Llobregat, 28 de novembre de 2012



17. Full de control de seguiment del programa d'estiraments

DÍA:

¿Han hecho TODOS los estiramientos de ANTES y DESPUÉS del entrenamiento?

	SÍ	NO
Entrenamiento de MAÑANA		

Quien **NO** ha hecho los estiramientos, ¿por qué razón?

	¿POR QUÉ?
1	Josep Folqués Ortiz
2	Sergi Cazalla Sánchez
3	Jordi Altés Angel
4	Aleix Gómez Abelló
5	Carles Asensio Cambra
6	Pepe Oliver Hernández

OBSERVACIONES:

¿Han hecho TODOS los estiramientos de ANTES y DESPUÉS del entrenamiento?

	SÍ	NO
Entrenamiento de TARDE		

Quien **NO** ha hecho los estiramientos, ¿por qué razón?

	¿POR QUÉ?
1	Josep Folqués Ortiz
2	Sergi Cazalla Sánchez
3	Jordi Altés Angel
4	Aleix Gómez Abelló
5	Carles Asensio Cambra
6	Pepe Oliver Hernández
7	Joan Costa Hidaigo
8	Edgar Sans Salvador
9	Ruben Cabello Gallego
10	Marc Abadia Obis
11	Oriol Prat Barceló
12	Matias Galan Garcia

OBSERVACIONES:

18. Algoritme de càlcul del temps d'activació i de les amplituds mitjanes RMS normalitzades.

```

library(rJava)
library(xlsxjars)
library(xlsx) # Per poder exportar els vectors i matrius a excel
#PER A CADA INDIVIDU
#Carregar Excel
#Si llegim les dades de l'EXCEL
library(RODBC)
data=odbcConnectExcel(file.choose())
sqlTables(data)
D=sqlFetch(data, "i1", colnames =FALSE, rownames =
TRUE)
odbcClose(data)
library(RODBC)
data=odbcConnectExcel(file.choose())
sqlTables(data)
U=sqlFetch(data, "u1", colnames =FALSE, rownames =
TRUE)
odbcClose(data)
#algoritme
K<-dim(D)[2]
N<-dim(D)[1]
#calcul temps d'activació
ton<-rep(0,K)
for(l in 1:K)
{
s<-0
for (t in 1:N)
if (s<20)
{
if (D[t,l]>U[l]) {s<-s+1}
else {s<-0}}
else {

```

```
break
}
ton[l]<-t-20
print(t-20)
}
#calcul temps de desactivació
tof<-rep(0,K)
for(l in 1:K)
{
s<-0
for (t in ton[l]+20:N)
if (s<20)
{
if (D[t,l]<U[l]) {s<-s+1}
else {s<-0}}
else {
break
}
}
tof[l]<-t-20
}
ton
tof
tonof<-cbind(ton,tof)
write.xlsx(tonof, file = "t_on_of.xlsx",sheetName = "i1", row.names =
FALSE,col.names=TRUE,append=TRUE)
```

