

Valoració de l'activació i descompensació muscular segons el nivell d'inestabilitat en l'esquat

Treball Final de Grau

Per: Clàudia Gallego Sotelo

Tutor: JOSEP CABEDO SANROMÀ

QUART CURS GRAU CAFE

SEGON SEMETRE

14-06-2019

Agraïments

- A en Josep Cabedo, per guiar-me i aconsellar-me al llarg de tot el procés de realització d'aquest treball. Gràcies per l'ajuda i el suport.
- A la Facultat de Psicologia, Ciències de l'Educació i de l'Esport (FPCEE) Blanquerna, Universitat Ramon Llull (URL) per permetre'm accedir al laboratori i al material i instruments que han estat fonamentals per l'elaboració de l'estudi.
- A en Joan Aguilera per oferir-me la possibilitat d'accedir a ell, poder gaudir dels seus amplis coneixements i per acompanyar-me en l'execució del treball de camp. També a en Bernat Buscà per brindar-me l'opció d'estar en contacte amb ell per qualsevol dubte.
- Als companys d'atletisme que voluntària i desinteressadament s'han prestat per efectuar de subjectes a la part pràctica de l'estudi.

ÍNDEX

1. Abstract.....	4
2. Introducció.....	5
2.1. Contextualització i identificació del tema.....	5
2.2. Justificació.....	5
2.3. Viabilitat.....	6
3. Marc Teòric.....	7
3.1. L'entrenament i la força.....	7
3.2. L'esquat.....	9
3.3. L'electromiografia (EMG).....	11
3.4. Estudis anteriors de referència.....	12
4. Metodologia.....	14
4.1. Disseny.....	14
4.2. Objectius de l'estudi.....	14
4.3. Variables i indicadors.....	14
4.4. Mostra.....	15
4.5. Instruments i material.....	16
4.6. Procediment.....	21
4.7. Anàlisi de les dades.....	22
4.8. Aspectes ètics i criteris de qualitat.....	24
5. Resultats.....	25
6. Discussió i conclusions.....	32
7. Limitacions de l'estudi i línies futures.....	34
8. Fonts d'informació.....	35
9. Annexos.....	38

1. Abstract

L'objectiu principal d'aquest treball va ser valorar l'activació muscular de l'extremitat inferior (vast medial, vast lateral i bíceps femoral) segons l'estabilitat/ inestabilitat de la superfície en el mig esquat. A més, es va comparar la magnitud de la inestabilitat segons les condicions de l'exercici i es van determinar les descompensacions musculars i la percepció subjectiva de l'esforç. Es van reclutar atletes de velocitat, tanques i mig fons de nivell nacional i/o internacional (n= 14, edat= $20,29 \pm 1,54$ anys) per fer una sèrie de cinc repeticions de mig esquat sobre el terra, el foam, el bosu del dret i el bosu del revés a una velocitat de 70 batecs per minut. Es va utilitzar l'electromiografia de superfície per valorar l'activació muscular durant l'exercici, un acceleròmetre per determinar la magnitud de la inestabilitat i l'escala OMNI-RES per establir la percepció subjectiva en les diferents condicions de l'exercici. Els resultats obtinguts mostren que l'activació i descompensació muscular és més alta quan més inestable és la superfície.

The main objective of this study is to value the muscle activation of the lower extremity (large medial, large lateral and femoral biceps) according to stability/instability of the surface in the middle squad. In addition, the magnitude of the instability was compared according to the conditions of the exercise and it was determined the muscle decompensations and the subjective perception of the effort. Athletes from different modalities of national and/or international level (n=14, age= $20,29 \pm 1,54$ years) to do a serie of five repetitions of half squat on the ground, the foam, the bosu ball of the right and the bosu ball of the reverse at a speed of 70 beats per minute. Surface electromyography was used to evaluate muscle activation during exercise, an accelerometer to determine the magnitude of instability and the OMNI-RES scale to establish the subjective perception in the different conditions of the exercise. The results obtained show that muscle activation and decompensation is higher when the surface is more unstable.

2. Introducció

2.1. Contextualització i identificació del tema

L'esport és quelcom de gran rellevància i en constant creixement en la societat. Per la preparació de l'esportista és necessari l'entrenament esportiu, el qual constitueix la part més àmplia del fenomen.

Actualment s'estan utilitzant nous mètodes i materials, hi ha molt interès per conèixer quina és la millor manera d'entrenar per obtenir resultats òptims.

La inestabilitat és un aspecte que en els últims anys ha esdevingut l'eix de debats diversos envers si la seva utilització esdevenia favorable i quines són les conseqüències de fer servir una superfície inestable en comparació amb una estable. És per això que és suggerent saber com reacciona el nostre organisme davant dels diferents estímuls.

Un dels exercicis utilitzats més freqüentment en l'entrenament de la força i la potència és l'esquat (Kellis, Arambatzi, i Papadopoulos, 2005). Per aquest motiu a la investigació s'ha valorat l'activació muscular de l'extremitat inferior (vast medial, vast lateral i bíceps femoral) segons l'estabilitat/ inestabilitat de la superfície en el mig esquat. A més, s'ha comparat la magnitud de la inestabilitat segons les condicions de l'exercici (mig esquat sobre el terra, sobre el foam, sobre el bosu del dret i sobre el bosu del revés) i s'han determinat les descompensacions musculars i la percepció subjectiva de l'esforç.

2.2. Justificació

S'ha elegit aquest tema principalment per l'interès i la curiositat cap al món de la recerca i l'entrenament. També s'ha dut a terme aquest estudi pels beneficis que se'n deriven. Saber quines diferències d'activació i descompensació muscular, quin nivell d'inestabilitat i quina percepció subjectiva comporta realitzar el mig esquat sobre diferents condicions aporta coneixements enriquidors en l'àmbit de l'entrenament. A nivell personal, servirà per veure la possibilitat d'utilitzar la meva formació acadèmica per extreure'n una validesa i conclusions directament relacionades amb la pràctica esportiva.

2.3. Viabilitat

La viabilitat per obtenir els recursos necessaris per dur a terme la investigació ha estat màxima. La disponibilitat del laboratori de la Facultat de Psicologia, Ciències de l'Educació i de l'Esport (Universitat Ramon Llull, Blanquerna) ha fet possible el treball de camp d'aquest treball permetent l'accés i facilitant els materials i instruments requerits. S'ha reclutat una mostra de 14 subjectes i companys/es d'atletisme (9 noies i 5 nois) de velocitat, tanques i mig fons de nivell nacional i/o internacional del Club Esportiu Universitari i de l'ISS Atletisme l'Hospitalet.

3. Marc Teòric

3.1. L'entrenament i la força

Un dels objectius del món de l'esport és dotar l'esportista de la millor condició física possible. La persona que té una bona condició física és aquella que reuneix unes bones qualitats físiques bàsiques (resistència, flexibilitat, força i velocitat).

L'entrenament de la força és un element vital per tenir èxit en la preparació esportiva (Siff i Verkoshansky, 2000). "La força muscular és la capacitat de la musculatura per deformar un cos o per modificar l'acceleració del mateix. Fisiològicament es defineix com la capacitat de produir tensió que té el múscul en activar-se, està en relació amb el nombre de ponts creuats (miosina-actina), el nombre de sarcòmers, la longitud de la fibra i del múscul, el tipus de fibra i els factors facilitadors i inhibidors de l'activació muscular, el tipus d'activació, la velocitat del moviment, i l'angle articular" (Bosco, 2000).

Es troben diferències en la força segons el gènere, "molts estudis han demostrat que la força d'una dona és aproximadament dos terços de la d'un home de la mateixa edat i massa corporal; tant l'home com la dona assoleixen el punt màxim de força al voltant de la mateixa edat" (Siff i Verkoshansky, 2000).

Avui en dia, hi ha molts equipaments i artefactes disponibles per treballar la força. Tous (1999), presenta un esquema (Figura 1) on es resumeixen els principals equipaments en l'entrenament amb resistències. A més, explica que hauríem de prestar atenció al nostre propi cos si volem millorar la força. De fet, existeixen alguns exercicis que, emprant el cos com a resistència, són bastant més intensos que la major part d'exercicis amb peses.

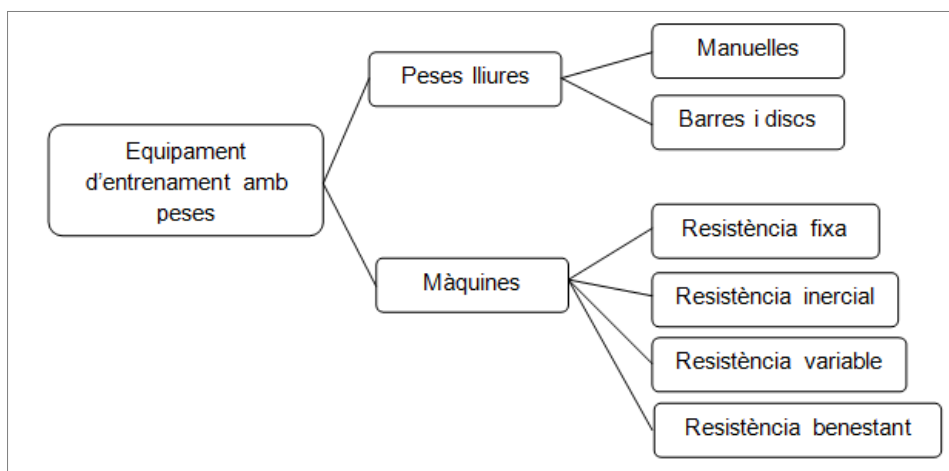


Figura 1. Resum dels principals equipaments en l'entrenament amb resistències.

L'entrenament amb el propi cos és el recurs que ha estat més utilitzat durant molts anys. S'inicia en el món de l'esport com a proposta per treballar la hipertròfia i la coordinació amb seguretat. Pot contribuir a l'entrenament de càrregues lleugeres i suplir algunes màquines o exercicis que fan que el subjecte suporti grans sobrecàrregues.

És inevitable parlar d'entrenament sense mencionar el concepte d'estabilitat i inestabilitat. Com comenten Heredia et al. (2015), el mercat de l'activitat física i la salut ha inclòs l'aplicació de materials inestables amb l'objectiu d'incrementar el *fitness* neuromuscular (Figura 2). A més, afegeixen que si s'analiza el concepte "estabilitat" es podria entendre com la capacitat d'un cos per mantenir l'equilibri o evitar ser desequilibrat i s'admeten gradacions i rangs, des de molt estable a molt inestable. Bàsicament totes les teories d'estabilitat es fonamenten en un principi d'estalvi d'energia. Un sistema estarà en una posició estable si l'energia utilitzada és la menor possible, qualsevol desviació de la posició òptima requereix més energia. Des de l'aparició de les primeres pilotes d'estabilitat a finals dels anys 60, la utilització d'aquest i altres materials inestables ha anat creixent exponencialment. En els últims anys, les superfícies inestables s'han convertit en una eina molt habitual i utilitzada en espais diversos per diferents objectius entre els quals es troba el rendiment esportiu, la salut o la prevenció i recuperació de lesions.









Eje de movimiento permitido	Nivel de inestabilidad		
	Leve	Moderado	Elevado
1		 Foam Roller	 Discos rotadores
2	 Balanced Pad	 Trampolín	 BOSU
3	 Core Board	 MFT Challenge Disc	 Neurocom

Figura 2. Classificació de materials segons el nivell d'inestabilitat i l'eix de moviment (Heredia et al., 2015).

Hernando et al., (2009) mencionat per Heredia et al., (2015), defineixen els materials inestables com qualsevol material, dissenyat específicament o adaptat, que per les seves característiques físiques no estigui unit al terra sinó que pugui girar, desplaçar-se, vibrar o realitzar qualsevol altre moviment que generi situacions en les quals sigui necessària la intervenció de l'equilibri amb el fi de millorar la condició física. D'altra banda, Chulvi, Heredia, Isidro, i Masiá (2009), defineixen com a material desestabilitzador, fent referència als mitjans o superfícies inestables, com "aquell que s'empra per augmentar els requeriments d'estabilització activa proporcionant un entorn inestable que potencia l'activitat propioceptiva i les demandes de control neuromuscular.

En resum, com determinen Heredia et al., (2015), es pot dir que els efectes aguts principals que es solen donar al realitzar exercicis amb materials inestables són els següents:

- Major activació/ reclutament muscular (especialment de la zona lumbar i abdominal) per augmentar l'estabilitat articular.
- Major coactivació antagonista (en tronc, membres superiors i inferiors) per augmentar l'estabilitat articular produïda per la inestabilitat externa.
- Major participació isomètrica de la musculatura fixadora/ estabilitzadora
- Disminució de la producció de força/ potència i velocitat en les accions amb les extremitats per l'augment de la rigidesa articular que genera l'increment de coactivació muscular.

3.2. L'esquat

L'esquat és un exercici imprescindible pel desenvolupament de la força del trem inferior en el món de l'esport ja que forma part del procés d'entrenament de qualsevol esportista. Com diuen Clark, Lambert, i Hunter (2012), l'esquat és un exercici amb una llarga història dins del *fitness*, de la rehabilitació i de l'entrenament de la força pel rendiment en l'esport. És un moviment funcional que es realitza amb o sense càrrega flexionant i estenent les articulacions del maluc, el genoll i el turmell de manera similar a molts moviments que tenen lloc en l'activitat diària i en l'esport.

L'esquat és un exercici bàsic de pes lliure d'articulacions múltiples que desenvolupa no només el quàdriceps (*rectus femoris*, *vastus lateralis* i *vastus medialis*), sinó també els isquiotibials (*bíceps femoris* i *semitendinosus*) i també implica part de la columna vertebral (*erector spinae*) (McCaw i Melrose, 1999) a més d'altres músculs com el gluti mig, el gluti

major i el tensor de la fàscia lata (Figura 3). Segons Balshaw i Hunter (2012) i Channell i Barfield (2008) citats per Yavuz, Erdağ, Amca, i Aritan (2015), augmentar la potència d'aquests músculs sovint pot transferir-se a aconseguir un millor rendiment en una o varies habilitats atlètiques com córrer, saltar, llençar i colpejar.

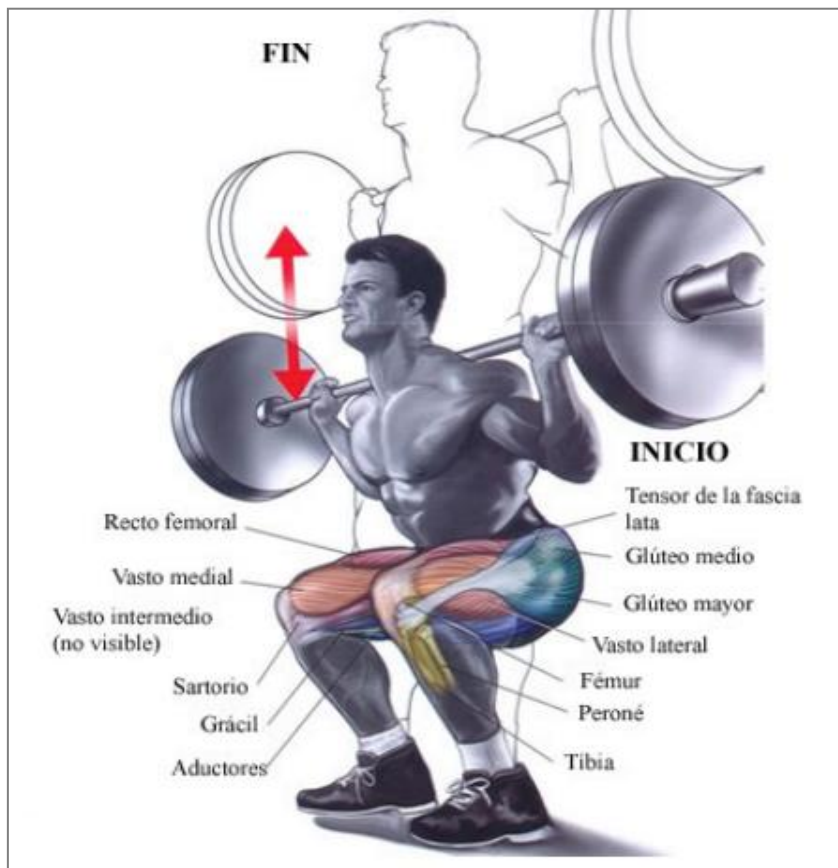


Figura 3. Músculs que intervenen en l'esquat (Rippetoe, Bradford, i Kilgore (2011).

L'esquat te moltes variants i cadascuna requereix d'una tècnica d'execució diferent. Els diferents moviments fan que es reclutin fibres musculars diferents i el recorregut és molt delicat, perquè en totes les variants el cos exposa les articulacions dels membres inferiors i superiors, a més, la columna rep una gran càrrega pels moviments que es realitzen. És per això que és tant important dur a terme una bona execució. (Cardona i Avella, s.d.).

(Kellis et al., 2005), reafirmen la importància del esquat dient que és un dels exercicis utilitzats més freqüentment pel condicionament de la força, la potència i l'enfortiment dels músculs de les extremitats inferiors. Depenent de l'objectiu de l'entrenament, l'esquat es realitza amb diferents intensitats, que es determinen ajustant el nombre de repeticions i càrregues. Perquè l'entrenament de la força sigui efectiu en la millora del rendiment cal seleccionar els paràmetres adequats de càrrega i velocitat.

Degut a l'aplicació del esquat a l'exercici funcional i a l'esport, s'han desenvolupat i empleat nombroses variacions en els camps de la força. Moltes d'aquestes variacions han estat investigades i/o comparades en termes de cinètica, cinemàtica, activació muscular, resposta hormonal, potenciació post activació, correlacions de rendiment i transferències a l'entrenament. (Contreras, Vigotsky, Schoenfeld, Beardsley, i Cronin, 2015).

3.3. L'electromiografia (EMG)

Hi ha tècniques electrofisiològiques que permeten obtenir de forma relativament senzilla informació molt valuosa sobre l'activitat neuromuscular. A la clínica, es sol utilitzar la neurografia i l'electromiografia d'agulla. La primera permet estudiar el potencial de resposta d'una branca nerviosa sensitiva, motora o mixta sotmesa a un estímul elèctric aplicat sobre la superfície. La segona possibilita el registre directe i precís de l'activitat elèctrica del múscul estudiat, tant en repòs com en els intents de contracció màxima. Una altra tècnica de registre de l'activitat elèctrica del múscul és l'electromiografia de superfície (EMGS), que ofereix altres avantatges i aplicacions, tant en investigació com en la pràctica (Massó et al., 2010). De fet, Gianikellis, Maynar, i Arribas, (2010), expliquen que com a metodologia l'EMG és l'única possibilitat pels especialistes en el camp de la biomecànica per estudiar la intervenció muscular en diferents moviments i posicions de manera objectiva

En la mateixa línia, Casáis (2008) citat per Torres, García, Rueda, Navandar, i Navarro (2014), afegixen que la força muscular no pot ser mesurada directament, però gràcies a la electromiografia es pot conèixer la senyal elèctrica que arriba als músculs mitjançant els elèctrodes. L'EMGS és una eina fonamental, no invasiva, per l'anàlisi de l'activitat muscular cada vegada més important en l'esport, l'ergonomia i la rehabilitació (García, 2017). Mitjançant l'electromiografia es poden obtenir valors que permeten analitzar la condició física de l'esportista i diagnosticar possibles lesions musculars (Torres et al., 2014).

3.4. Estudis anteriors de referència

Hi ha varis estudis on a partir de l'esquat es valora l'activació i producció de força de diferents músculs.

Clark et al. (2012), fan una revisió dels músculs enregistrats en estudis anteriors (figura 4) on s'observen el *vastus medialis* (VM), el *vastus lateralis* (VL), el *rectur femoris* (RF), el *biceps femoris* (BF), el *semitendinosus* (ST), el *gastrocnemius* (GN), el *tibialis anterior* (TA), el *soleus* (SO), el *gluteus maximus* (GMA), el *gluteus medius* (GME), l'*adductor major* (AM), l'*adductor longus* (AL), l'*adductor magnus* (AMG), el *rectus abdominus* (RA), l'*external oblique* (EO), el *transversus abdominus* (TRA), l'*upper lumbar erector spinae* (ULES) i el *lumbosacral erector spinae* (LSES). Com es pot observar, els músculs que més s'han tingut en compte són el BF i el VL en primer lloc, el VM en segon lloc i el RF en tercer lloc.

Paper	Subjects	Quadriiceps			Harmstrings		Calf/shank			Thigh and hips			Anterior trunk			Posterior trunk			
		VM	VL	RF	BF	ST	GN	TA	SO	GMA	GME	AM	AL	AMG	RA	EO	TRA	ULES	LSES
Paoli et al. (24)	6 men with 3 years of experience	x	x	x	x	x				x	x	x							
McCaw and Melrose (22)	9 male lifters with 7 years of experience	x	x	x	x					x			x						
Caterisano et al. (5)	male strength trainees with 5 years of experience	x	x		x					x				x					
Zink et al. (36)	14 healthy men currently in weight training		x		x					x				x					x
Wretenberg et al. (35)	14 national power and strength trainees		x	x	x														
Nuzzo et al. (23)	9 men with squat to BW ratio of 1.78													x	x			x	x
Hamlyn et al. (13)	8 men and 8 women with weight training experience													x	x			x	x
McBride et al. (20)	9 men currently in weight training	x	x		x		x												
McBride et al. (21)	men with squat to BW ratio 1.53		x		x														x
Willardson et al. (33)	12 men, average squat 1RM 135 kg													x	x	x		x	
Bressel et al. (3)	men with squat:BW ratio 1.6													x	x	x		x	
Smilios et al. (28)	16 men, average squat 1RM 129 kg	x	x	x	x														
Gullett et al. (12)	9 men and 6 women with ≥1 year of squat experience	x	x	x	x	x													
Schwanbeck et al. (27)	3 men and 3 women with 2–5 years of experience in strength	x	x		x		x	x							x				x
Anderson and Behm (2)	14 men, 7.8 years of experience with weights		x		x				x						x				x
Wilk et al. (32)	men with an average of 11 years of lifting experience			x	x		x												
Pick and Becque (26)	16 men: 8 years of experience and 8 <2 years of experience	x	x																
Pereira et al. (25)	5 men and 5 women			x									x						
Total		8	12	7	12	2	3	1	1	4	1	2	1	2	6	4	2	6	5

*AL = adductor longus; AM = adductor major; AMG = adductor magnus; BF = biceps femoris; BW = body weight; EO = external oblique; GMA = gluteus maximus; GME = gluteus medius; GN = gastrocnemius; LSES = lumbosacral erector spinae; RA = rectus abdominus; RF = rectus femoris; RM = repetition maximum; VL = vastus lateralis; VM = vastus medialis; SO = soleus; ST = semitendinosus; TA = tibialis anterior; TRA = transversus abdominus; ULES = upper lumbar erector spinae.

Figura 4. Sumari de subjectes i músculs utilitzats en estudis anteriors.

A més, altres estudis posteriors com el de Stastny, Lehnert, Zaatar, Svoboda, i Xaverova (2015), mesuren l'activació del BF, VL i VM i afegeixen el (GME). (Yavuz et al., 2015), mesuren el BF, VL, VM, ST, GMA i l'*erector spinae* (ES) i Contreras et al., (2016), comparen el VL, el BF i el GMA.

Per tant, els estudis posteriors coincideixen i els músculs que més es repeteixen segueixen sent el bíceps femoral, el vast medial i el vast lateral seguits del recte femoral i el gluti major.

4. Metodologia

4.1. Disseny

La investigació s'ha dut a terme des d'un enfocament quantitatiu per identificar lleis universals i causals. Amb aquest estudi s'intenta explicar els fenòmens investigats buscant regularitats i relacions causals entre els elements per la construcció i demostració de teories. Si les dades obtingudes són vàlides i fiables, les conclusions derivades contribuiran a la generació de coneixement. És per això, que en el procediment s'ha cercat el màxim control per aconseguir que el marge d'error sigui el mínim possible.

S'ha utilitzat un disseny no experimental, descrit per Hernández, Fernández, i Baptista, (2014) de tipus transversal ja que s'han observat els fenòmens tal com es donen en el seu context natural, per posteriorment analitzar-los. Aquests fenòmens han estat observats i analitzats en un únic moment i el propòsit és descriure variables i analitzar la seva incidència i interrelació.

4.2. Objectius de l'estudi

Aquest treball presenta un objectiu principal:

- Determinar l'activació muscular de l'extremitat inferior (EEII) segons l'estabilitat/inestabilitat de la superfície en el mig squat (½squat).

Tanmateix, té els següents objectius secundaris:

- Comparar els nivells d'activació muscular segons les condicions de l'exercici.
- Analitzar les descompensacions musculars segons les condicions de l'exercici.
- Comparar la magnitud de la inestabilitat segons les condicions de l'exercici.
- Determinar mitjançant l'escala OMNI-RES la percepció subjectiva de l'esforç en cadascuna de les condicions analitzades.

4.3. Variables i indicadors

Les variables independents i dependents que formen part d'aquest estudi es presenten a continuació:

- Variables dependents: es va mesurar l'activació muscular de les EEII en els següents músculs: vast medial (VM), vast lateral (VL) i bíceps femoral (BF) dret i esquerre.

A més, es va calcular l'Índex d'Asimetria (ASI%), es va registrar a nivell d'inestabilitat mitjançant l'acceleròmetre (g). També es va determinar la percepció subjectiva amb l'escala OMNI-RES. A la Taula 1 es detallen els indicadors i els instruments de mesura de cadascuna de les variables dependents.

Taula 1. Instruments i indicadors de les variables dependents.

Variable Dependent	Instrument de Mesura	Indicador (unitat de mesura)
Activació Muscular	Electromiografia de superfície (Biopac MP-150)	Root mean square (RMS)
Asimetria	Fórmula d'Índex d'Asimetria	Percentatge (%)
Nivell d'inestabilitat	Acceleròmetre triaxial (TSD109 – 50g)	Força gravetat (g)
Percepció subjectiva de la càrrega	Escala OMNI-RES	Escala unitària (1-10)

- Variables independents: són les diferents condicions de l'exercici. Primera condició: ½squat amb barra sobre el terra (½squat_terra); segona condició: ½squat amb barra sobre el foam (½squat_foam); tercera condició: ½squat amb barra sobre el bosu amb la part tova a dalt (½squat_bosu_up); quarta condició: ½squat amb barra sobre el bosu amb la part tova a baix (½squat_bosu_down).

4.4. Mostra

La mostra és no probabilística, dirigida i intencional, ja que no està seleccionada a l'atzar. Es van reclutar 14 atletes (edat mitjana (rang): $20,29 \pm 1,54$ (18-23) anys, alçada: $1,69 \pm 0,04$ (1,62-1,79) m, pes: $59,32 \pm 5,87$ (49-79) kg, longitud de la cama: $90,59 \pm 3,84$ (85-97) cm, distància entre crestes ilíaqües: $28,11 \pm 0,87$ (27-29,7) cm) dels quals 9 eren dones i 5 homes. Per l'estudi es van incloure atletes del Club Esportiu Universitari (CEU) i de l'ISS Atletisme l'Hospitalet que competissin a nivell nacional i/o internacional en proves de velocitat, mig fons i tanques (100m, 100m.t, 200m, 400m, 400m.t i 800m). Les hores d'entrenament havien d'estar entre les 10 i les 12h a la setmana. Es van excloure tots aquells atletes que no seguien els criteris d'inclusió o patien alguna malaltia, lesió o qualsevol altra anomalia que els impedis realitzar el protocol.

4.5. Instruments i material

a) Instruments d'enregistrament i control

- *L'esquat*: El mig esquat o l'esquat amb flexió de 90° és el gest tècnic sobre el qual s'ha valorat l'activació muscular de les EEII. Es realitzen diferents condicions de l'exercici:
 - 1) *½squat_terra*: Consisteix en realitzar un esquat de 90° de flexió amb l'esquena recta sobre una superfície estable, el terra.
 - 2) *½squat_foam*: L'execució és la mateixa que en l'exercici anterior però sobre una superfície inestable, el foam.
 - 3) *½squat_terra_bosu_up*: Com en ambdós condicions anteriors però sobre el Bosu amb la part tova a dalt.
 - 4) *½squat_bosu_down*: Igual que la primera condició però sobre el bosu amb la part tova a baix.
- *Sistema d'electromiografia*: Per determinar i enregistrar la senyal electromiogràfica produïda durant les diferents condicions del mig esquat s'ha utilitzat el sistema d'electromiografia de superfície Biopac MP-150 (BIOPAC System ,INC., Goleta, CA) software AcqKnowledge 4.2 (BIOPAC System ,INC., Goleta, CA).
- *Encoder de posició*: Es va utilitzar l'encoder WSB 16K-200 (ASM Inc., Moosinning, DEU) per verificar si el rang de moviment en cada repetició és el correcte i per determinar el desplaçament (de la massa o del centre de gravetat) dels participants.
- *Elèctrodes de superfície*: L'activació muscular s'ha detectat a través d'elèctrodes de superfície (Ag-AgCl BIOPAC EL504).
- *Metrònom*: Amb l'aplicació Pro Metronome (EUMLab, Hangzhou, Xina; Berlin, Alemanya) es va marcar la velocitat d'execució en bits per minut (bpm) per establir un ritme al qual realitzar els diferents exercicis (70bpm) (Figura 5).



Figura 5. Aplicació Pro Metronome (EUMLab, Hangzhou, Xina; Berlin, Alemanya)

- *Acceleròmetre:* Per obtenir el nivell d'inestabilitat (en els eixos x i y) de les diferents condicions de l'exercici es va utilitzar un acceleròmetre triaxial (model TSD109 – 50g, BIOPAC System ,INC., Goleta, CA).
- *Random Integer Set Generator:* Per aleatoritzar l'ordre de les condicions en cada subjecte es va utilitzar el Random Integer Set Generator (Haahr, 1998) de *random.org* (Annex 1).
- *Escala de percepció OMNI-RES:* L'escala de l'esforç percebut pels entrenaments de força (Figura 6), inclou categories numèriques del 0 al 10. S'ha emprat per avaluar les percepcions de la càrrega mentre es realitzen exercicis de força. Els números de l'escala representen un rang de nivells de càrrega des de 0, "extremadament fàcil", fins a 10, "extremadament difícil". Es demana que s'avaluïn únicament l'esforç dels músculs actius (Haile, Gallagher, i Robertson, 2015).

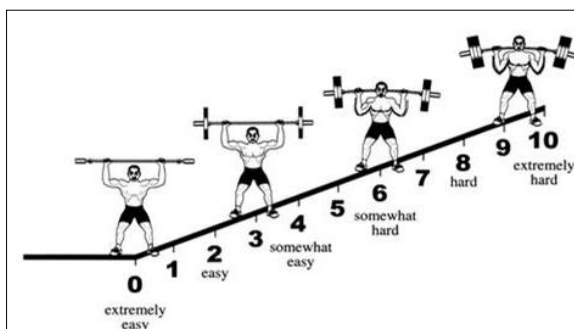


Figura 6. Escala OMNI-RES (0-10). (Robertson et al., 2003)

- b) Instruments de mesura establerts oficialment per ISAK (2001)
- *Cinta antropomètrica:* Cinta d'acer flexible de mínim 1,5 m de longitud. Ha d'estar calibrada en centímetres amb graduacions mil·limètriques. A més ha de ser no

extensible, flexible, no més ampla de 7 mm i ha de tenir un tros (àrea en blanc) de mínim 4 cm abans de la línia 0.

- *Segmòmetre*: Està dissenyat per ser utilitzat com alternativa a l'antropòmetre. Aquest instrument està fabricat a partir d'una cinta d'acer de 100cm de longitud i almenys 15mm d'amplada que té enganxat dues branques rectes, cada una aproximadament de 7-8cm de llargada. L'instrument s'ha utilitzat per mesurar longituds de segment directament.

c) Materials

- *Bosu*[®]: El seu nom prové de l'anglès *Both Side Up* i es deu a que a l'hora de realitzar els exercicis, aquesta semiesfera de 65cm de diàmetre pot utilitzar-se del dret i del revés.
- *Foam*: Espuma de 0,90m d'amplada x 2m de longitud i 10cm de gruix.
- *Barra olímpica* (20kg).
- *Cinturó de musculació* (tancament amb "Velcro").
- *Peses o discs*.
- *Piques*: S'han usat 3 piques, 2 en posició vertical i 1 en horitzontal. Serveixen com a indicador (estímul tàctic) de fins on s'ha de flexionar. A més, s'ha enganxat una cinta mètrica a cada una de les piques verticals per agilitzar el procés.
- *Cinta adhesiva*: Amb la cinta s'han marcat senyals a terra per indicar visualment al subjecte d'on ha de col·locar els peus.
- *Cotó, alcohol 96º, fulles d'afaitar*: Per rasurar els pèls de la zona on va cada elèctrode i augmentar l'adhesió i transmissió dels elèctrodes.
- *Bolígraf, llibreta i ordinador*.

d) Qüestionaris i Fulls de registre

- *Qüestionari d'Aptitud per a l'Activitat Física (Q-AAF)*: És la versió catalana/ castellana de Rodríguez (2011) del PAR-Q Test, concebut per descobrir aquells pocs individus pels qui l'activitat física pot ser inadequada o aquells que cal que rebin els consells d'un metge per respondre aquestes poques preguntes. Es troba al següent enllaç: <https://forms.gle/qYTE9YBqJRiJgGxT7> i a l'Annex 2.
- *Qüestionari de recollida de dades per la mostra*: Comprèn preguntes sobre dades personals (edat), antropomètriques (alçada, pes) i relacionades amb l'esport (hores d'entrenament a la setmana, disciplina atlètica i cama dominant) i la salut (malalties/dolors). Es troba al següent enllaç: <https://forms.gle/qYTE9YBqJRiJgGxT7> i a l'Annex 2.

- *Fulls de registre per la recollida de dades:* Es van utilitzar 3 graelles per recollir les dades. La primera (Figura 7), es va utilitzar per recopilar les dades dels subjectes durant la sessió test i les altres dues per recollir les dades enregistrades a través del sistema d'electromiografia i l'acceleròmetre (Figures 8 i 9).

Subjecte X				
Nom:	Condicions	Rang	Observacions	OMNI-RES
Pes:	½ Squat_bosu_d			
Cama dominant:	½ Squat_terra			
Amplada peus:	½ Squat_foam			
Alçada pica squat	½ Squat_bosu_u			
amb bossu				
amb foam				

Figura 7. Full de registre per la recollida de dades antropomètriques, del temps i observacions de l'exercici en les diferents condicions i de l'escala OMNI-RES.

Rang: fa referència al rang de temps (segons) en els quals transcorre l'exercici i per tant el moment de registre de l'activitat muscular al Biopac MP-150:

OMNI-PES					
VM_R		½Squat_terra	½Squat_bosu_u	½Squat_bosu_d	½Squat_foam
	Rep.1				
	Rep.2				
	Rep.3				
	AVG	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!
VL_R		½Squat_terra	½Squat_bosu_u	½Squat_bosu_d	½Squat_foam
	Rep.1				
	Rep.2				
	Rep.3				
	AVG	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!
BF_R		½Squat_terra	½Squat_bosu_u	½Squat_bosu_d	½Squat_foam
	Rep.1				
	Rep.2				
	Rep.3				
	AVG	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!
VM_L		½Squat_terra	½Squat_bosu_u	½Squat_bosu_d	½Squat_foam
	Rep.1				
	Rep.2				
	Rep.3				
	AVG	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!
VL_L		½Squat_terra	½Squat_bosu_u	½Squat_bosu_d	½Squat_foam
	Rep.1				
	Rep.2				
	Rep.3				
	AVG	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!
BF_L		½Squat_terra	½Squat_bosu_u	½Squat_bosu_d	½Squat_foam
	Rep.1				
	Rep.2				
	Rep.3				
	AVG	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!

Figura 8. Full de registre de les 3 repeticions seleccionades i la mitjana de l'activació muscular del VM, VL i BF dret i esquerre en les diferents condicions de l'exercici.

ACC Y		½Squat_terra	½Squat_bosu_u	½Squat_bosu_d	½Squat_foam
	Rep.1				
	Rep.2				
	Rep.3				
	AVG	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!
ACC X		½Squat_terra	½Squat_bosu_u	½Squat_bosu_d	½Squat_foam
	Rep.1				
	Rep.2				
	Rep.3				
	AVG	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!	▶ #DIV0!

Figura 9. Full de registre de les 3 repeticions seleccionades i la mitjana de l'acceleració (g) dels eixos x i y.

Vegeu les imatges dels instruments i materials restants a l'Annex 3.

4.6. Procediment

El procediment seguit per dur a terme la investigació va ser el següent:

Prèviament a la sessió de test, tots els membres de la mostra van respondre un qüestionari (Annex 2) que va ser enregistrat en un document Excel per la posterior descripció detallada de la mostra. Aquest qüestionari comprèn preguntes sobre dades personals (edat), antropomètriques (alçada, pes) i relacionades amb l'esport (hores d'entrenament a la setmana, disciplina atlètica i cama dominant) i la salut (malalties/ dolors i qüestionari d'aptitud per a l'activitat física o PAR-Q Test). Tanmateix, els participants van ser informats verbalment i mitjançant un full d'informació de tots els procediments als quals serien sotmesos durant la prova de l'estudi (Annex 4) i se'ls va demanar que no fessin cap activitat física intensa durant les 12h prèvies a la prova. A més a més, abans d'iniciar el test van signar per escrit el formulari de consentiment informat (Annex 4). Seguidament, per individualitzar la distància de separació dels peus, segons ISAK (2001) es va mesurar amb el segmòmetre la longitud entre les crestes ilíiaques i es va marcar a terra amb cinta adhesiva on s'havien de col·locar els peus (estímul visual). També es van estandarditzar els graus de flexió del esquat a partir del 60% de la longitud del segment que va des de la cresta ilíaca fins el turmell (longitud de la cama) per obtenir l'alçada a la qual la flexió era de 90°. Per assegurar que el subjecte realitzés tot el rang de moviment, es van col·locar dues piques en vertical i una tercera subjectada en horitzontal a l'alçada resultant on s'havia de tocar la pica amb el gluti (estímul tàctil). A les condicions realitzades amb foam i bosu la pica es va acoblar més amunt degut al gruix del material (6cm i 18cm respectivament). Després, a cadascun dels participants se'ls hi van col·locar 12 elèctrodes de superfície a la musculatura estudiada (vast medial, vast lateral i bíceps femoral dret i esquerre), prèviament es va afaitar la zona si s'esqueia, es va netejar amb alcohol i es va marcar amb un bolígraf la localització dels elèctrodes (VM: 80% de la línia entre l'espina ilíaca anterior superior i l'espai de l'articulació que està davant la vora anterior del lligament medial; VL: 2/3 de la línia que va des de l'espina ilíaca anterior superior al costat lateral de la ròtula; BF: 50% de la línia entre la tuberositat isquial i l'epicòndil lateral de la tibia) segons SENIAM project (Annex 5). Tot seguit, els participants van fer un escalfament de 5' amb bicicleta estàtica i es van familiaritzar amb els exercicis realitzant de 1 a 4 repeticions (segons l'experiència) amb un 20% i un 60% del seu pes corporal en les quatre condicions de l'exercici (½squat_terra, ½squat_foam, ½squat_bosu_up i ½squat_bosu_down en aquest ordre). Deixant passar 5',

els participants van realitzar les 4 condicions d'execució del mig esquat: $\frac{1}{2}$ squat_terra, $\frac{1}{2}$ squat_foam, $\frac{1}{2}$ squat_bosu_up i $\frac{1}{2}$ squat_bosu_down (Figura 10).



Figura 10. Condicions de l'exercici ($\frac{1}{2}$ squat_terra, $\frac{1}{2}$ squat_foam, $\frac{1}{2}$ squat_bosu_up i $\frac{1}{2}$ squat_bosu_down).

L'ordre d'execució de les diferents condicions va ser aleatoritzat amb el *Random Integer Set Generator* i per tant diferent per cada subjecte per prevenir contra interferències que podien o no ocórrer. Totes les condicions d'execució es van realitzar de forma dinàmica amb 1 sèrie de 5 repeticions amb velocitat d'execució controlada per metrònom a 70 batecs per minut. Pel que fa a l'execució, el tronc havia d'estar recte i els braços agafant la barra amb una càrrega corresponent al 100% del pes de cada subjecte. Els participants havien estat instruïts en l'execució del moviment durant la familiarització. Aquelles condicions on l'execució no va ser correcta es va demanar que es tornés a repetir, sempre respectant la pausa de 3 minuts entre condicions d'execució.

4.7. Anàlisi de les dades

- Buidat de dades:

S'ha fet un buidat de dades diferent per cada variable dependent: de les dades de l'activació de cada múscul per condició d'exercici, es va utilitzar el pic o valor més alt de les tres repeticions del mig de les cinc repeticions totals i es va fer la mitjana, obtenint així el valor d'activació muscular definitiu per cada múscul i condició. Per determinar el percentatge d'asimetria, es va emprar la fórmula de l'Índex d'Asimetria entre cama dominant i no dominant de cada múscul i condició (per subjecte) i es va fer la mitjana de tota la mostra. De l'acceleròmetre també es van analitzar les repeticions del mig de les cinc repeticions totals, els valors que es van utilitzar van ser les mitjanes d'acceleració. Per determinar la

component de l'acceleració es va calcular l'arrel quadrada de la suma dels eixos X i Y al quadrat, obtenint així l'acceleració resultant. El total de l'acceleració es va expressar en mitjana SD. Per establir la percepció subjectiva de la càrrega per condició d'exercici, es va fer la mitjana dels subjectes. Per l'elaboració dels resultats, es va fer la mitjana de l'activació muscular, l'Índex d'Asimetria, el nivell d'inestabilitat i l'escala OMNI-RES de tota la mostra. Per denominar els músculs de la cama dreta es va afegir una *R* (VM_R, VL_R, BF_R) i per denominar els de la cama esquerra una *L* (VM_L, VL_L, BF_L). També es van utilitzar abreviacions per designar el conjunt de músculs de l'extremitat inferior dreta (Global_D), de l'extremitat inferior esquerra (Global_E) i del conjunt de les dues EEII (Global).

- Tractament estadístic:

Mètodes estadístics descriptius van ser els utilitzats per descriure la mostra. Les dades van tenir una distribució normal. Es va comprovar amb el test de Shapiro-Wilk per mostres inferiors a 50 participants. Per comprovar les diferències del mateix grup muscular entre extremitats inferiors en cadascuna de les condicions de l'exercici es va utilitzar una T student de mostres relacionades. A més, l'Índex d'asimetria (ASI) es va calcular amb la següent equació: $(\text{activació més alta} - \text{activació més baixa}) / (\text{activació més alta}) * 100$. Per comparar els efectes de la condició de l'exercici sobre l'activació global de l'extremitat inferior dreta, extremitat inferior esquerra, activació global de les dues cames i la magnitud de la inestabilitat (acceleròmetre) es va dur a terme una ANOVA de mesures repetides d'un factor. També es va utilitzar la prova no paramètrica de Kruskal-Wallis per comparar la percepció de la càrrega (OMNI-RES) segons les condicions d'exercici. La correcció de Greenhouse-Greisser es va utilitzar en aquells casos on no es va assolir l'esfericitat (test de Mauchly). Els post hoc de Bonferroni es van utilitzar quan s'assumien diferències estadísticament significatives en la comparació per parells. L'Eta quadrat al parcial es va utilitzar per determinar la magnitud dels efectes principals, establint que els valors de tall de 0,01-0,05, 0,06-0,13, i >14 tenen un efecte petit, mitjà i llarg, respectivament. El valor de la significació va ser acceptat quan $p < 0,05$.

4.8. Aspectes ètics i criteris de qualitat

D'acord amb Mendizabal (2009), s'ha realitzat una investigació de qualitat tenint en compte la validesa interna, la generalitat estadística, la fiabilitat i l'objectivitat. S'ha conversat amb experts i s'ha dut a terme una prova pilot.

S'ha informat els subjectes de l'objectiu, el protocol i el treball de camp a realitzar a través d'un full d'informació. A més, han omplert i signat voluntàriament el document de consentiment informat o de confidencialitat aprovat pel comitè d'ètica de la Universitat Ramon Llull (Annex 4).

5. Resultats

5.1. Resultats referents a les dades d'activació muscular i asimetria per cadascun dels grups musculars analitzats i condició d'exercici

La comparació entre grups musculars per extremitat i condició d'exercici va provar que l'ordre d'activació muscular de major a menor en les quatre condicions va ser el següent: VL_R > VM_R, VM_L > VL_L > BF_R > BF_L (Figura 11). Al comparar l'activació dels diferents grups musculars sense diferenciar entre dret i esquerre es va manifestar que el múscul amb més activació en les quatre condicions va ser el VL seguit del VM i per últim i amb molta diferència, el BF. Els tres músculs estudiats van tenir una activació més gran quan es realitzava l'esquat sobre el bosu_up i bosu_down que quan es realitzava sobre el foam o el terra (Figura 12).

A més a més, va mostrar que no hi havia diferències estadísticament significatives en l'exercici del ½squat_terra quan es comparava el VM (dret i esquerre), el BF (dret i esquerre) i el VL (dret i esquerre) (VM: $t_{(13)} = -0,205$, $p > 0,05$; BF: $t_{(13)} = 1,978$, $p > 0,05$; VL: $t_{(13)} = 2,017$, $p > 0,05$); en l'exercici del ½squat_foam quan es comparava el VM (dret i esquerre) i el BF (dret i esquerre) (VM: $t_{(13)} = -0,203$, $p > 0,05$; BF: $t_{(13)} = 1,453$, $p > 0,05$); en l'exercici del ½squat_bosu_up quan es comparava el VM (dret i esquerre) i el BF (dret i esquerre) (VM: $t_{(13)} = 0,882$, $p > 0,05$; BF: $t_{(13)} = 1,374$, $p > 0,05$); i en l'exercici del ½squat_bosu_down quan es comparava el VM (dret i esquerre) i el BF (dret i esquerre) (VM: $t_{(13)} = 0,123$, $p > 0,05$; BF: $t_{(13)} = 0,525$, $p > 0,05$) (Taula 2). Per altra banda, va mostrar que hi havia diferències significatives quan es comparava el VL (dret i esquerre) en l'exercici del ½squat_foam, del ½squat_bosu_up i del ½squat_bosu_down (VL: $t_{(13)} = 3,59$, $p < 0,05$; VL: $t_{(13)} = 3,276$, $p < 0,05$; VL: $t_{(13)} = 4,462$, $p < 0,05$, respectivament).

Els valors d'ASI que es van assolir en cadascuna de les condicions d'exercici van del 16,88% al 38,35% (Taula 2). La comparativa del percentatge d'asimetria entre els músculs de les EEII i condició de l'exercici va determinar que l'asimetria més gran corresponia al bíceps femoral sobre el bosu_up (38,35%) i sobre el foam (32,5%), i l'asimetria més baixa corresponia al VM sobre el bosu_up (16,88) i al VL sobre el terra (17,8) (Figura 13). Al comparar la descompensació de la suma dels grups musculars estudiats, es va obtenir que la superfície que més asimetria va generar va ser el bosu_up (81,62%), seguit del bosu_down (81,15%), del foam (80,38) i del terra (75,3%) (Figura 14).

Taula 2. Comparació entre activació muscular (RMS) i condició d'exercici per cadascun dels grups musculars analitzats. Valors d'ASI entre grups musculars de les extremitats inferiors per exercici.

Exercici i grup muscular	Mitjana \pm SEM	<i>p</i>	ASI (%)
½Squat_terra_VM_R	0,62 \pm 0,06	0,84	28,85
½Squat_terra_VM_L	0,64 \pm 0,07		
½Squat_terra_VL_R	0,75 \pm 0,08	0,07	17,80
½Squat_terra_VL_L	0,61 \pm 0,05		
½Squat_terra_BF_R	0,25 \pm 0,02	0,07	28,65
½Squat_terra_BF_L	0,21 \pm 0,02		
½Squat_foam_VM_R	0,57 \pm 0,04	0,84	27,53
½Squat_foam_VM_L	0,59 \pm 0,07		
½Squat_foam_VL_R	0,72 \pm 0,06	0,00*	20,35
½Squat_foam_VL_L	0,57 \pm 0,05		
½Squat_foam_BF_R	0,27 \pm 0,02	0,17	32,50
½Squat_foam_BF_L	0,23 \pm 0,03		
½Squat_bosu_up_VM_R	0,76 \pm 0,06	0,90	16,88
½Squat_bosu_up_VM_L	0,71 \pm 0,07		
½Squat_bosu_up_VL_R	0,88 \pm 0,09	0,00*	26,39
½Squat_bosu_up_VL_L	0,63 \pm 0,05		
½Squat_bosu_up_BF_R	0,40 \pm 0,03	0,61	38,35
½Squat_bosu_up_BF_L	0,33 \pm 0,05		
½Squat_bosu_down_VM_R	0,70 \pm 0,05	0,39	25,55
½Squat_bosu_down_VM_L	0,69 \pm 0,05		
½Squat_bosu_down_VL_R	0,93 \pm 0,09	0,01*	28,03
½Squat_bosu_down_VL_L	0,64 \pm 0,05		
½Squat_bosu_down_BF_R	0,36 \pm 0,03	0,19	27,57
½Squat_bosu_down_BF_L	0,34 \pm 0,04		

VM_R: vast medial dret; VM_L: vast medial esquerre; VL_R: vast lateral dret; VL_L: vast lateral esquerre; BF_R: bíceps femoral dret; BF_L: bíceps femoral esquerre.

* diferències significatives entre condicions ($p < 0,05$).

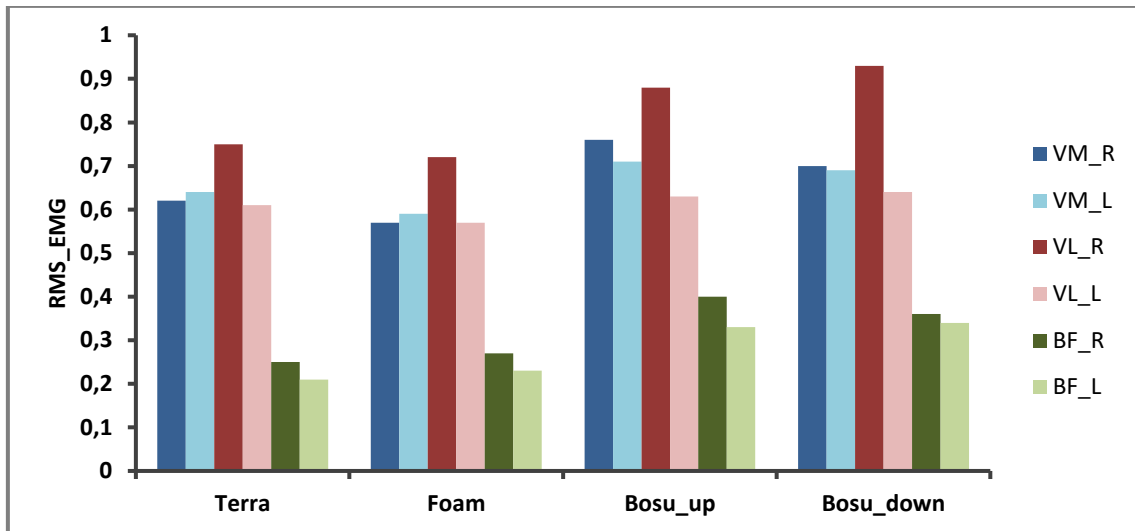


Figura 11. Comparativa d'activació dels músculs VM (dret i esquerre), VL (dret i esquerre) i BF (dret i esquerre) segons la superfície de l'exercici del mig esquat.

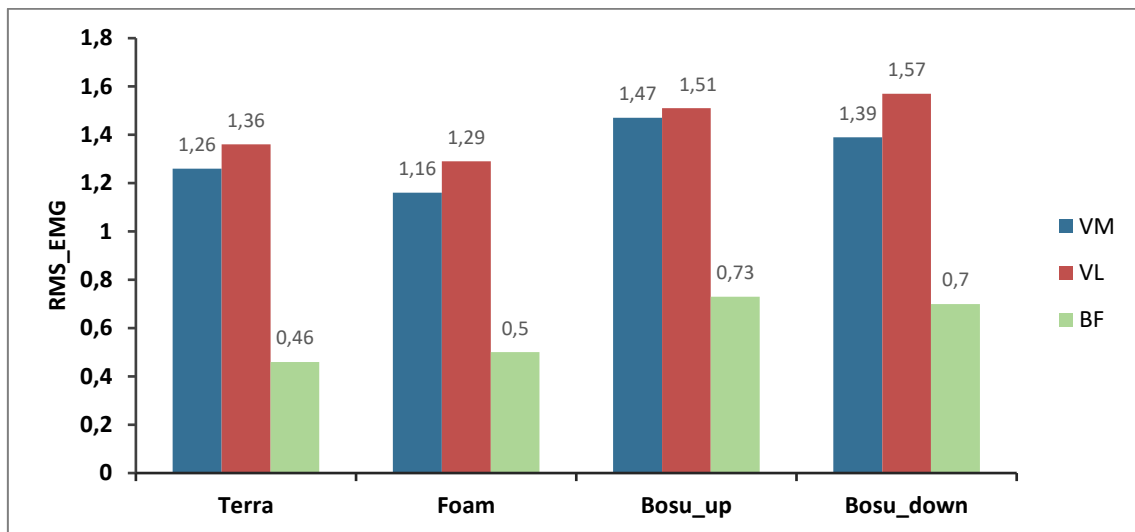


Figura 12. Comparativa d'activació dels músculs VM, VL i BF segons la superfície de l'exercici del mig esquat.

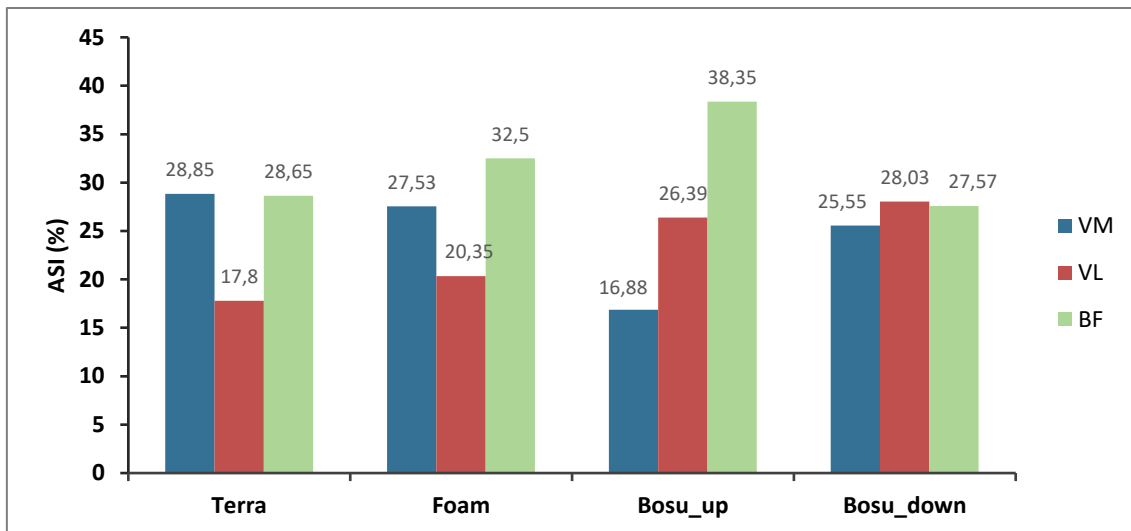


Figura 13. Comparativa d'asimetria entre els músculs VM, VL i BF dret i esquerre segons la superfície de l'exercici del mig esquat.

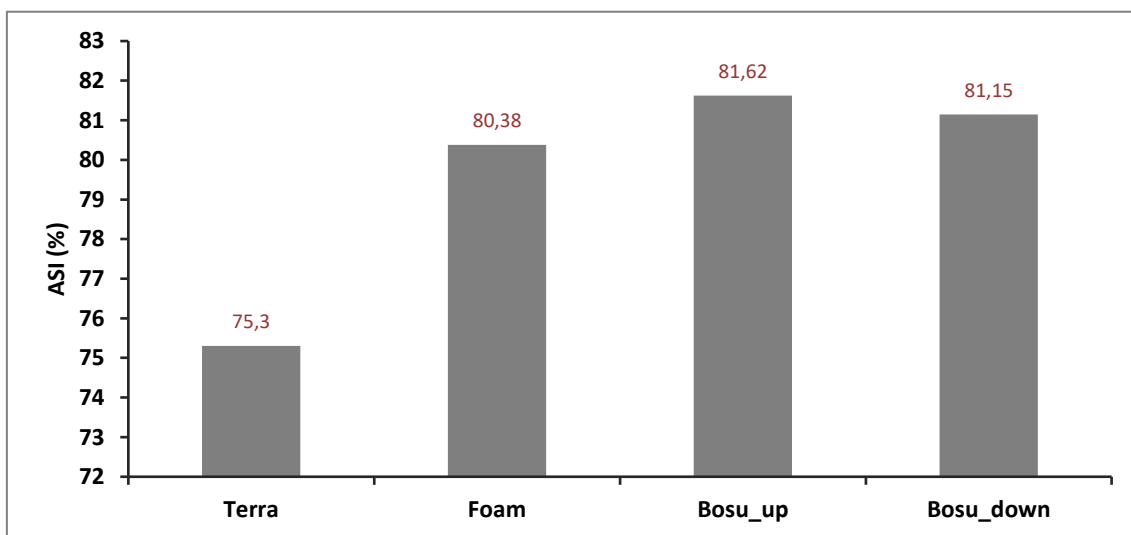


Figura 14. Comparativa d'asimetria del les EEII segons la superfície de l'exercici del mig esquat.

5.2. Resultats referents a les dades d'activació muscular dels músculs estudiats de la cama dreta (Global_D), l'esquerra (Global_E) i del conjunt de músculs de les EEII (Global)

Al comparar l'activació muscular de la Global_D, la Global_E i la Global es va determinar que l'exercici sobre el bosu (bosu_up i bosu_down) va generar més activació que l'exercici sobre el foam i el terra. A més a més, l'activació de la Global_D va ser més alta que la de la Global_E en les quatre condicions (Figura 15).

Un efecte principal de la condició de l'exercici es va obtenir sobre l'activació muscular de la Global_D [$F_{(1,66, 21,66)}=8,261, p=0,003, \eta=0,39$], Global_E [$F_{(3, 39)}= 4,873, p= 0,006, \eta= 0,273$], Global [$F_{(3, 39)}=9,980, p=0,000, \eta=0,434$]. La comparació per parells va indicar que l'activació Global_D de l'exercici del $\frac{1}{2}$ squat_bossu_up va ser significativament més gran que la del $\frac{1}{2}$ squat_foam ($p= 0,03$); l'activació Global_D de l'exercici del $\frac{1}{2}$ squat_bossu_down va ser significativament més gran que la del $\frac{1}{2}$ squat_terra i la del $\frac{1}{2}$ squat_foam ($p= 0,03; p= 0,02$ respectivament). Per l'activació Global_E, l'exercici del $\frac{1}{2}$ squat_bossu_down va ser significativament més gran que la del $\frac{1}{2}$ squat_foam ($p= 0,04$). L'activació Global de l'exercici $\frac{1}{2}$ squat_bossu_up va ser significativament més gran que la del $\frac{1}{2}$ squat_foam ($p= 0,00$); l'activació del $\frac{1}{2}$ squat_bossu_down va ser significativament més gran que la del $\frac{1}{2}$ squat_terra ($p= 0,03$) i la del $\frac{1}{2}$ squat_foam ($p= 0,00$) (Taula 3).

Taula 3. Comparació d'activació muscular (RMS) global per extremitat inferior, activació total i condicions d'exercici. Les dades s'expressen en mitjana \pm SEM (error estàndard de la mitjana).

	$\frac{1}{2}$ squat_terra	$\frac{1}{2}$ squat_foam	$\frac{1}{2}$ squat_bossu_up	$\frac{1}{2}$ squat_bossu_down
Global_D	0,54 \pm 0,4 [#]	0,52 \pm 0,26* [#]	0,68 \pm 0,5	0,67 \pm 0,41
Global_E	0,49 \pm 0,41	0,46 \pm 0,38 [#]	0,56 \pm 0,04	0,56 \pm 0,04
Global	0,51 \pm 0,13 [#]	0,49 \pm 0,11* [#]	0,62 \pm 0,16	0,62 \pm 0,12

Global_D: mitjana dels grups musculars de la cama dreta (vast medial,vast lateral i bíceps femoral); Global_E: mitjana dels grups musculars de la cama esquerra (vast medial,vast lateral i bíceps femoral); Global: mitjana dels 6 grups musculars analitzats (vast medial dret i esquerre, vast lateral dret i esquerre i bíceps femoral dret i esquerre).

* significativament més baix que $\frac{1}{2}$ squat_bossu_up.

significativament més baix que $\frac{1}{2}$ squat_bossu_down.

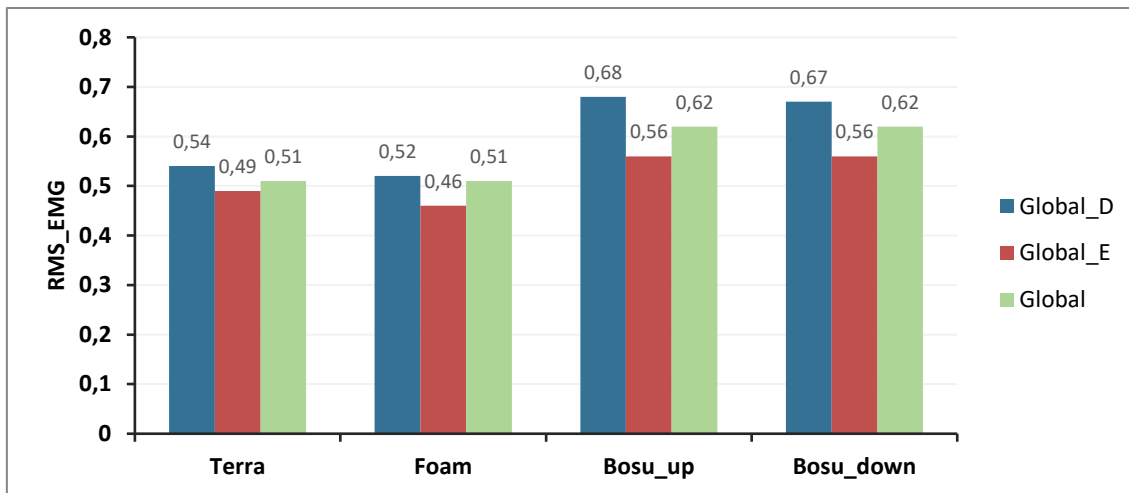


Figura 15. Comparació de l'activació muscular de la cama dreta, la cama esquerra i les dues cames segons la superfície sobre la qual es realitza el mig esquat.

5.3. Resultats referents a les dades de magnitud d'inestabilitat i percepció de la càrrega segons la condició de l'exercici (superfície)

Comparant la magnitud de la inestabilitat mitjançant un acceleròmetre (g), es va determinar el bosu_down (0,53) com la superfície més inestable, seguit del bosu_up (0,49), del foam (0,48) i el terra (0,48) (Taula 4).

La magnitud de la inestabilitat mesurada mitjançant un acceleròmetre (g) no va assolir un efecte principal en la condició de l'exercici [$F_{(3, 39)}=4,807, p=0,06, \eta=0,27$].

Pel que fa a la mesura de la percepció subjectiva de la càrrega per condició d'exercici, el valor més alt va ser el del bosu_up (6,96), seguit del bosu_down (6,86), el foam (3,86) i el terra (3,36) (Taula 4).

Tanmateix, es van obtenir diferències significatives ($X^2_{(3)}=31,159, p=0,000$). Les condicions $\frac{1}{2}$ squat_bossu_down i $\frac{1}{2}$ squat_bossu_up van indicar una Omni-res ($6,86\pm 2,07, 6,96\pm 1,37$ respectivament) significativament més gran que les condicions $\frac{1}{2}$ squat_terra i $\frac{1}{2}$ squat_foam ($3,36\pm 1,34, 3,86\pm 1,29$ respectivament) (Taula 4). Addicionalment, a la Figura 16 es detalla la relació de l'activació muscular global, el nivell d'inestabilitat i l'Omni-res en cadascuna de les condicions d'exercici analitzades i s'observa que la percepció subjectiva de la càrrega (OMNI-RES) va d'acord amb l'activació muscular objectiva.

Taula 4. Comparació del nivell d'instabilitat i l'escala OMNI-RES segons la condició de l'exercici. Les dades s'expressen en mitjana \pm SEM (error estàndard de la mitjana).

Condicions	Acceleració (g)	OMNI-RES
½squat_terra	0,48 \pm 0,09	3,36 \pm 1,34
½squat_foam	0,48 \pm 0,1	3,86 \pm 1,29
½squat_bossu_up	0,49 \pm 0,64	6,96 \pm 1,37
½squat_bossu_down	0,53 \pm 0,77	6,86 \pm 2,07

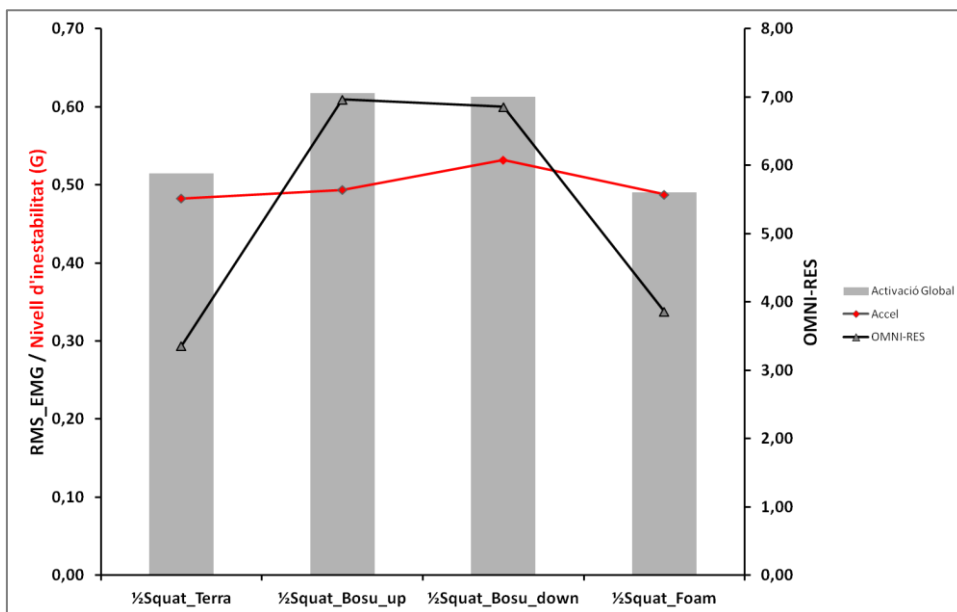


Figura 16. Comparativa d'activació muscular, nivell d'instabilitat i OMNI-RES en els diferents exercicis del ½squat.

6. Discussió i conclusions

Nivells d'activació muscular segons les condicions de l'exercici

Els principals resultats obtinguts al comparar els nivells d'activació muscular segons les condicions de l'exercici, mostraven que la realització de l'exercici sobre el bosu_up (0,62) i bosu_down (0,62) generava més activació que la realització sobre el terra (0,51) o el foam (0,49).

L'activació Global de l'exercici ½squat_bossu_up va ser significativament més gran que la del ½squat_foam ($p=0,00$); l'activació del ½squat_bossu_down va ser significativament més gran que la del ½squat_terra ($p=0,03$) i la del ½squat_foam ($p=0,00$).

Per tant, realitzar el mig esquat amb càrrega sobre el bosu tant del dret com del revés, genera un nivell d'activació més elevat que si es realitza sobre el terra o el foam.

Per altra banda, es va mostrar que hi havia diferències significatives quan es comparava el VL (dret i esquerre) en l'exercici del ½squat_foam, del ½squat_bosu_up i del ½squat_bosu_down (VL: $t_{(13)}=3,59$, $p<0,05$; VL: $t_{(13)}=3,276$, $p<0,05$; VL: $t_{(13)}=4,462$, $p<0,05$, respectivament). La qual cosa va relacionada amb que el VL és l'extensor per excel·lència.

El múscul que més s'activa en les quatre condicions és el VL seguit del VM i per últim i amb gran diferència del BF. Això es deu a que el VL i el VM són els agonistes de l'exercici i en canvi el BF és un sinergista. A més a més, el VL és el de més activació perquè és l'extensor per excel·lència i el VM té també la funció d'estabilitzador.

Descompensacions musculars segons les condicions de l'exercici

Els valors d'ASI que es van assolir en cadascuna de les condicions d'exercici van del 16,88% al 38,35%. Al comparar la descompensació dels grups musculars estudiats, es va obtenir que la superfície que més asimetria va generar va ser el bosu_up (81,62%), seguit del bosu_down (81,15%), del foam (80,38) i del terra (75,3%). Les dues superfícies que més asimetria generen són el bosu_up i el bosu_down i coincideixen amb les dues superfícies que comporten una activació muscular més alta. Per tant, quanta més activació muscular, més alt és el percentatge d'asimetria.

Magnitud d'instabilitat segons les condicions de l'exercici

Comparant la magnitud de la instabilitat mitjançant un acceleròmetre (g), tot i no obtenir diferències significatives, es va determinar el bosu_down (0,53) com la superfície més inestable, seguit del bosu_up (0,49), del foam (0,48) i el terra (0,48).

D'acord amb l'activació muscular i el percentatge d'asimetria, les superfícies més inestables (bosu_down i bosu_up) van ser les que més activació muscular van generar i van causar un percentatge d'asimetria més alt. Sembla ser que amb altes càrregues i superfícies molt inestables la cama més potent tendeix a activar-se més i l'altra s'inhibeix.

Percepció subjectiva de l'esforç en cadascuna de les condicions analitzades

Pel que fa a la mesura de la percepció subjectiva de la càrrega per condició d'exercici, es van obtenir diferències significatives ($\chi^2_{(3)}=31,159$, $p=0,000$). Les condicions $\frac{1}{2}$ squat_bossu_down i $\frac{1}{2}$ squat_bossu_up van indicar una Omni-res ($6,86\pm 2,07$, $6,96\pm 1,37$ respectivament) significativament més gran que les condicions $\frac{1}{2}$ squat_terra i $\frac{1}{2}$ squat_foam ($3,36\pm 1,34$, $3,86\pm 1,29$ respectivament). Les condicions que es van percebre com a més "dures" van ser el $\frac{1}{2}$ squat_bossu_up seguit del $\frac{1}{2}$ squat_bossu_down i les que es van concebre com a més "fàcils" van ser el $\frac{1}{2}$ squat_terra seguit del $\frac{1}{2}$ squat_foam.

Els resultats de percepció subjectiva de la càrrega coincideixen exactament amb els resultats d'asimetria ja que l'ordre de condicions ordenat de més dura a més fàcil és el mateix que el de condicions de percentatge d'asimetria més alt a més baix. En canvi, l'ordre no és idèntic als valors d'activació muscular objectiva i es diferencia en que es va determinar subjectivament que el $\frac{1}{2}$ squat_terra era més fàcil que el $\frac{1}{2}$ squat_foam i en canvi s'activaven més els músculs al $\frac{1}{2}$ squat_terra.

7. Limitacions de l'estudi i línies futures

Limitacions:

- La quantitat de subjectes que han participat en l'estudi (14). La mostra reduïda limita els resultats fent impossible la seva generalització. A més, potser amb més mostra s'haurien assolit més diferències significatives.
- El número de canals d'electromiografia (6). El sistema d'electromiografia al qual s'ha pogut accedir comptava amb 6 canals per la qual cosa s'han hagut de triar 6 músculs (3 de la cama dreta i 3 de l'esquerra).
- El temps que ha comportat el test de la investigació. El procés que s'ha dut a terme durant el treball de camp amb cada subjecte és molt lent i el temps per realitzar el treball ha estat limitat per la qual cosa l'estudi s'ha reduït a quatre condicions.

Línies futures:

- Realitzar el mateix estudi amb una mostra més àmplia per poder generalitzar els resultats.
- Dur a terme la investigació ampliant el nombre de músculs.
- Efectuar l'estudi afegint una plataforma de forces per comparar l'activació muscular i la força generada.
- Reclutar una mostra que permeti comparar resultats entre gènere femení i masculí.

8. Fonts d'informació

- Bosco, C. (2000). *La fuerza muscular : aspectos metodológicos*. INDE. Recuperat de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=IFiUM3omKY4C&oi=fnd&pg=PA11&dq=instrumentos+fuerza&ots=43zr1RTK1-&sig=1Knk3U6_uViskbs0j3PBMCbgYeQ#v=onepage&q=instrumentos fuerza&f=false
- Cardona, L. F., & Avella, R. E. (s.d.). La Sentadilla : Un Ejercicio Fundamental En La Actividad Física Y El Deporte the Squat : a Key Year in Physical Activity and Sports, 95-106.
- Chulvi, I., Heredia, I., Isidro, F., & Masiá, L. (2009). DOSE IN RESISTANCE TRAINING FOR THE HEALTH: CRITERIA FOR THE EXERCISE SELECTION. *J Sport Health Res Journal of Sport and Health Research*, 1(1), 56-67. Recuperat de http://www.journalshr.com/papers/Vol_1_N_1/V1_1_06.pdf
- Clark, D. R., Lambert, M. I., & Hunter, A. M. (2012). Muscle activation in the loaded free barbell squat: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 1169-1178. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822d533d>
- Contreras, B., Vigotsky, A. D., Schoenfeld, B. J., Beardsley, C., & Cronin, J. (2016). A Comparison of Gluteus Maximus, Biceps Femoris, and Vastus Lateralis EMG Amplitude in the Parallel, Full, and Front Squat Variations in Resistance Trained Females. *Journal of applied biomechanics*, 31(6), 452-458. <https://doi.org/10.1123/jab.2015-0113>
- García, F. J. (2017). Utilidad de la electromiografía de superficie en rehabilitación, (March), 2-7.
- Gianikellis, K., Maynar, M., & Arribas, F. (2010). La electromiografía (EMG) como método para determinar la intervención muscular en los deportes de precisión. *COLECCIÓN ICD: INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DEL DEPORTE*, 0(13). Recuperat de <https://revistasdigitales.csd.gob.es/index.php/ICD/article/view/86>
- Haahr. (1998). Random Integer Set Generator. Recuperat 12 juny 2019, de <https://www.random.org/integer-sets/>

- Haahr, M. (1998b). RANDOM.ORG - Integer Set Generator. Recuperat 24 març 2019, de <https://www.random.org/integer-sets/>
- Haile, L., Gallagher, M., & Robertson, R. (2015). *Perceived Exertion Laboratory Manual*. New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1917-8>
- Heredia, J. R., Peña, G., Isidro, F., Mata, F., Moral, S., Martín, F., ... Grigoletto, S. (2015). Bases para la utilización de la inestabilidad en los programas de acondicionamiento físico saludable (Fitness). *Instituto Internacional Ciencias Ejercicio Físico y Salud*, (July 2014), 21-23. Recuperat de http://www.researchgate.net/profile/Fernando_Martin9/publication/260317805_Bases_para_la_utilizacin_de_la_inestabilidad_en_los_programas_de_acondicionamiento_fisico_saludable_%28Fitness%29/links/0f31753bfc968edc17000000.pdf
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (MCGRAW-HILL, Ed.) (5a ed.). ES.
- ISAK. (2001). Lengths. *International Standards for Anthropometric Assessment*, 123. Recuperat de <http://www.ceap.br/material/MAT17032011184632.pdf>
- Kellis, E., Arambatzi, F., & Papadopoulos, C. (2005). Effects of load on ground reaction force and lower limb kinematics during concentric squats. *Journal of Sports Sciences*, 23(10), 1045-1055. <https://doi.org/10.1080/02640410400022094>
- Massó, N., Rey, F., Romero, D., Gual, G., Costa, L., & Germán, A. (2010). Aplicaciones de la electromiografía de superficie en el deporte. *Apunts*, 45(165), 127-136.
- McCaw, S. T., & Melrose, D. R. (1999). Stance width and bar load effects on leg muscle activity during the parallel squat. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(3), 428-436. Recuperat de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10188748>
- Rippetoe, M., Bradford, S., & Kilgore, L. (2011). *Starting strength : basic barbell training*. Aasgaard Company.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, Ja., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., ... Andreacci, J.

- (2003). Concurrent Validation of the OMNI Perceived Exertion Scale for Resistance Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(2), 333-341. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>
- Rodríguez, F. A. (2011). Qüestionari d' Aptitud per a l' Activitat Física (Q-AAF), versió catalana / castellana del PAR-Q revisat. *Apunts: Educació Física i Esports*, XXXI, 301-302. Recuperat de <http://www.apunts.org>
- SENIAM project. (s.d.). Recommendations for sensor locations in hip or upper leg muscles. Recuperat 5 març 2019, de http://seniam.org/leg_location.htm
- Siff, M. C., & Verkhoshansky, Y. V. (2000). *Superentrenamiento*. Paidotribo. Recuperat de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-CQPml3N-24C&oi=fnd&pg=PA117&dq=fuerza+verkhoshansky&ots=ihc3umw4lh&sig=JnCDFewYcvzc4ZuF4q66uajif20#v=onepage&q=fuerza+verkhoshansky&f=false>
- Stastny, P., Lehnert, M., Zaatari, A., Svoboda, Z., & Xaverova, Z. (2015). DOES THE DUMBBELL-CARRYING POSITION CHANGE THE MUSCLE ACTIVITY IN SPLIT SQUATS AND WALKING LUNGES?, 29(11).
- Torres, G., García, C., Rueda, J., Navandar, A., & Navarro, E. (2014). Activación Muscular De Cuádriceps E Isquiotibiales En Distintos Ejercicios De Fuerza. Recuperat de http://www.cienciadeporte.com/images/congresos/caceres_2/Biomecanica/aecd2014_submission_28.pdf
- Tous, J. (1999). *Nuevas Tendencias en Fuerza y Musculacion* (Primera ed).
- URL, C. d'Etica de la R. (2014). *Guia d'elaboració del Full d'Informació i del Consentiment Informat*. Recuperat de http://recerca.url.edu/sites/default/files/2014_Guia_d%27elaboració_del_Full_d%27Informació_al_Pacient_i_del_Consentiment_Informat_CER_URL.pdf
- Yavuz, H. U., Erdağ, D., Amca, A. M., & Arıtan, S. (2015). Kinematic and EMG activities during front and back squat variations in maximum loads. *Journal of Sports Sciences*, 33(10), 1058-1066. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.984240>

9. Annexos

Annex 1 – Ordre aleatori de les condicions establert pel programa *Random Integer Set Generator*

You requested 20 sets with 4 unique random integers in each, taken from the [1,4] range. The integers in each set were not sorted.

Here are your sets:

```
3, 1, 4, 2
4, 1, 2, 3
4, 2, 3, 1
4, 1, 2, 3
1, 2, 3, 4
3, 2, 4, 1
1, 3, 4, 2
2, 1, 4, 3
2, 4, 1, 3
4, 2, 3, 1
4, 2, 1, 3
2, 3, 1, 4
2, 4, 1, 3
2, 1, 3, 4
4, 2, 1, 3
4, 3, 2, 1
2, 1, 4, 3
4, 2, 3, 1
3, 4, 1, 2
4, 3, 1, 2
```

Timestamp: 2019-03-24 17:31:38 UTC

El programa va generar 20 conjunts aleatoris però es van utilitzar els 14 primers pels 14 subjectes. Els números corresponen a les següents condicions:

1 = ½squat_terra

2 = ½squat_bosu_up

3 = ½squat_bosu_up

4 = ½squat_bosu_down

Annex 2 – Qüestionari que es va passar als subjectes de la mostra abans de realitzar el test

Comprèn les dades per la descripció de la mostra i el PAR-Q Test de Rodríguez (2011).

Valoració de l'activació muscular en l'esquat

Responeu a les preguntes següents sobre dades antropomètriques, el PAR-Q test i altres.

***Necessari**

Adreça electrònica *
El teu correu electrònic

Nom i cognoms *
La vostra resposta

Quants anys tens? *
La vostra resposta

Quina alçada fas? (en metres) *
La vostra resposta

Quant peses? (kg) *
La vostra resposta

Quantes hores entenes a la setmana? *
La vostra resposta

Quina prova d'atletisme fas? *
La vostra resposta

Tens malalties i/o dolors relacionats amb: (selecciona la opció en cas afirmatiu, sinó no responguis i passa a la següent)

L'aparell cardiovascular

Músculesquelètic

Neuromuscular

Quina és la teva cama dominant? *

Dreta

Esquerra

SEGÜENT Pàgina 1 de 2

No enlleu mai contrasenyes a través de Formulari de Google.

Qüestionari d'aptitud per a l'activitat física (Q-AAF) o PAR-Q Test

El PAR-Q ha estat concebut per descobrir aquells pocs individus dels quals l'activitat física pot ser inadequada o aquells que cal que rebin els consells d'un metge per respondre aquestes poques preguntes. Si us plau, llegiu-les acuradament i responeu cadascuna honestament, marqueu Sí o No.

Us ha dit alguna vegada un metge que teniu una malaltia del cor i us ha recomanat fer activitat física només amb supervisió mèdica? *

Sí

No

Noteu dolor al pit quan feu activitat física? *

Sí

No

Heu notat cap dolor al pit en repòs durant el darrer mes? *

Sí

No

Heu perdut la consciència o l'equilibri després de sentir-vos marejat? *

Sí

No

Teniu algun problema als ossos o a les articulacions que puguin empitjorar si feu activitat física? *

Sí

No

El vostre metge us ha prescrit medicació per a la pressió arterial o per algun problema del cor (per exemple diurètic)? *

Sí

No

Esteu al corrent, pel vostre coneixement propi o per indicació del vostre metge, de qualsevol altra raó que us impedeixi fer exercici sense supervisió mèdica? *

Sí


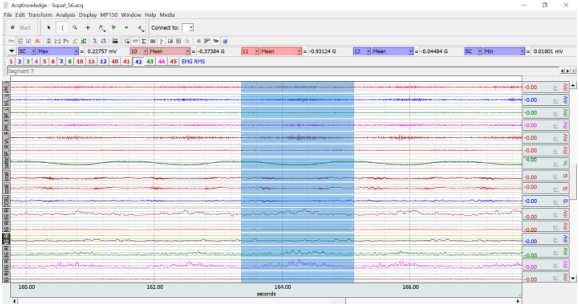





No




Vull rebre una còpia de les meves respostes.

ENRERE **ENVIAR** Pàgina 2 de 2

No enlleu mai contrasenyes a través de Formulari de Google.

Annex 3 – Taula dels instruments i materials emprats

Enregistrament i control	
Sistema d'electromiografia	 
Encoder de posició	
Elèctrodes de superfície	
Acceleròmetre	
Instruments de mesura establerts oficialment per ISAK	
Cinta antropomètrica	
Segmòmetre	

Materials	
Bosu®	
Foam	
Barra olímpica	
Cinturó de musculació	
Peses	 
Piques	

	
Cinta adhesiva	
Cotó, alcohol 96º, fulles d'afaitar	
Bolígraf, llibreta i ordinador	

També es va crear la següent graella per el posterior tractat estadístic i elaboració de resultats:

%Squat_terra_VM_R	%Squat_bosu_u_VM_R	%Squat_bosu_u_VM_VL_R	%Squat_foam_u_VM_R	%Squat_foam_u_VM_VL_R	%Squat_bosu_u_VM_BF_R	%Squat_bosu_u_VM_VL_BF_R	%Squat_foam_u_VM_BF_R	%Squat_foam_u_VM_VL_BF_R	%Squat_terra_VM_VL	%Squat_bosu_u_VM_VL	%Squat_bosu_u_VM_BF_VL	%Squat_foam_u_VM_VL	%Squat_foam_u_VM_BF_VL	%Squat_terra_VM	%Squat_bosu_u_VM	%Squat_bosu_u_VM_BF	%Squat_foam_u_VM	%Squat_foam_u_VM_BF
0.56	0.72	0.71	0.51	0.32	0.54	0.64	0.40	0.35	0.28	0.30	0.26	0.30	0.26	0.30	0.26	0.30	0.26	0.30
0.69	0.88	0.67	0.76	0.67	0.67	0.67	0.36	0.32	0.33	0.34	0.74	0.89	0.60	0.81	0.65	0.71	0.50	0.74
0.25	0.69	0.40	0.39	0.06	1.61	1.23	1.10	0.20	0.49	0.39	0.29	0.89	0.76	0.96	1.02	0.79	0.76	0.93
0.76	0.67	0.71	0.62	1.33	0.93	1.36	0.94	0.34	0.54	0.50	0.34	0.63	0.63	0.69	0.44	0.66	0.60	0.61
0.25	0.69	0.40	0.39	0.06	1.61	1.23	1.10	0.20	0.49	0.39	0.29	0.89	0.76	0.96	1.02	0.79	0.76	0.93
0.76	0.67	0.71	0.62	1.33	0.93	1.36	0.94	0.34	0.54	0.50	0.34	0.63	0.63	0.69	0.44	0.66	0.60	0.61
0.48	0.60	0.76	0.44	0.73	0.66	0.66	0.67	0.22	0.21	0.19	0.22	0.23	0.26	0.21	0.19	0.22	0.23	0.26
0.66	1.32	1.18	0.83	0.74	1.16	1.21	0.78	0.20	0.48	0.41	0.19	0.79	1.01	0.91	0.75	0.92	1.16	0.80
0.52	0.54	0.54	0.51	0.57	0.63	0.71	0.58	0.27	0.31	0.28	0.34	0.46	0.43	0.62	0.56	0.50	0.49	0.60
0.66	0.97	0.79	0.73	0.89	0.78	0.70	0.67	0.21	0.56	0.44	0.26	1.29	1.33	0.96	0.61	0.70	0.51	0.60
0.81	0.41	0.70	0.39	0.74	0.49	0.79	0.43	0.32	0.21	0.29	0.33	0.60	0.37	0.56	0.34	0.52	0.55	0.27
0.57	0.76	0.64	0.65	0.57	1.10	1.20	0.70	0.29	0.48	0.27	0.28	0.56	0.52	0.68	0.62	0.46	0.74	0.69
0.53	0.78	0.50	0.49	0.37	0.54	0.45	0.41	0.19	0.32	0.28	0.22	0.52	0.74	0.53	0.47	0.42	0.47	0.34
0.65	0.91	0.92	0.67	0.47	0.64	0.63	0.60	0.26	0.36	0.45	0.20	0.47	0.53	0.49	0.37	0.50	0.47	0.56

RESULTAN_T_ACC_Y2S_1	RESULTAN_T_ACC_Y2S_2	RESULTAN_T_ACC_Y2S_3	RESULTAN_T_ACC_Y2S_4	Global_Y2Sq_uat_terra_R	Global_Y2Sq_uat_bosu_u_p_R	Global_Y2Sq_uat_bosu_do_wn_R	Global_Y2Sq_uat_foam_R	Global_Y2Sq_uat_terra_VL	Global_Y2Sq_uat_bosu_u_p_VL	Global_Y2Sq_uat_bosu_do_wn_VL	Global_Y2Sq_uat_foam_VL	Global_Y2Sq_uat_terra_BF	Global_Y2Sq_uat_bosu_u_p_BF	Global_Y2Sq_uat_bosu_do_wn_BF	Global_Y2Sq_uat_foam_BF
0.30	0.37	0.41	0.34	0.34	0.51	0.54	0.36	0.23	0.49	0.51	0.30	0.29	0.50	0.52	0.33
0.61	0.58	0.54	0.62	0.64	0.61	0.50	0.59	0.53	0.59	0.44	0.60	0.59	0.60	0.47	0.59
0.48	0.50	0.51	0.51	0.44	0.93	0.67	0.59	0.63	0.59	0.78	0.69	0.53	0.76	0.73	0.64
0.38	0.46	0.46	0.38	0.81	0.72	0.86	0.63	0.49	0.53	0.54	0.37	0.65	0.62	0.70	0.50
0.48	0.50	0.51	0.51	0.44	0.93	0.67	0.59	0.63	0.59	0.78	0.69	0.53	0.76	0.73	0.64
0.38	0.46	0.46	0.38	0.81	0.72	0.86	0.63	0.49	0.53	0.54	0.37	0.65	0.62	0.70	0.50
0.42	0.41	0.43	0.43	0.47	0.49	0.60	0.45	0.34	0.39	0.52	0.33	0.40	0.44	0.56	0.39
0.48	0.50	0.58	0.46	0.50	0.98	0.93	0.60	0.64	0.85	0.62	0.56	0.62	0.92	0.78	0.58
0.59	0.63	0.63	0.72	0.45	0.51	0.51	0.48	0.37	0.38	0.44	0.46	0.41	0.45	0.48	0.47
0.56	0.53	0.61	0.55	0.66	0.77	0.64	0.55	0.80	0.89	0.76	0.55	0.73	0.63	0.70	0.55
0.52	0.46	0.57	0.45	0.63	0.36	0.63	0.38	0.52	0.42	0.53	0.36	0.57	0.39	0.58	0.37
0.46	0.49	0.48	0.47	0.47	0.78	0.77	0.54	0.40	0.66	0.53	0.57	0.44	0.72	0.65	0.56
0.58	0.52	0.67	0.50	0.36	0.55	0.41	0.37	0.37	0.48	0.35	0.32	0.37	0.51	0.38	0.35
0.51	0.50	0.58	0.50	0.46	0.64	0.73	0.49	0.37	0.42	0.49	0.29	0.42	0.53	0.61	0.39

OMNI-RES_%Squat_terra	OMNI-RES_%Squat_bosu_u	OMNI-RES_%Squat_bosu_u_down	OMNI-RES_%Squat_foam	ACC_X_%Squat_terra	ACC_X_%Squat_bosu_u	ACC_X_%Squat_bosu_u_down	ACC_X_%Squat_foam	ACC_Y_%Squat_terra	ACC_Y_%Squat_bosu_u	ACC_Y_%Squat_bosu_u_down	ACC_Y_%Squat_foam
2,00	4,50	2,00	2,00	0,02	0,05	0,01	0,03	0,30	0,36	0,41	0,34
3,00	6,00	6,00	3,00	0,02	0,03	0,08	0,10	0,61	0,58	0,53	0,61
4,00	7,00	5,00	4,00	0,16	0,13	0,18	0,18	0,45	0,49	0,47	0,48
5,00	7,00	8,00	5,00	0,04	0,10	0,11	0,08	0,38	0,44	0,45	0,37
4,00	7,00	5,00	4,00	0,16	0,13	0,18	0,18	0,45	0,49	0,47	0,48
5,00	7,00	8,00	5,00	0,04	0,10	0,11	0,08	0,38	0,44	0,45	0,37
6,00	10,00	9,00	7,00	0,04	0,05	0,04	0,05	0,42	0,41	0,43	0,42
3,00	8,00	8,00	4,00	0,12	0,11	0,14	0,13	0,47	0,48	0,56	0,45
2,00	8,00	6,00	4,00	0,03	0,11	0,06	0,41	0,59	0,62	0,63	0,59
3,00	7,00	9,00	3,00	0,28	0,25	0,27	0,26	0,49	0,47	0,54	0,49
1,00	5,00	9,00	2,00	0,03	0,03	0,06	0,05	0,52	0,46	0,57	0,45
3,00	6,00	5,00	4,00	0,14	0,12	0,17	0,15	0,43	0,48	0,45	0,45
3,00	8,00	8,00	3,00	0,13	0,11	0,16	0,14	0,57	0,51	0,65	0,48
3,00	7,00	8,00	4,00	0,13	0,13	0,13	0,15	0,49	0,49	0,56	0,48

ASI_%Squat_terra_VM	ASI_%Squat_terra_VL	ASI_%Squat_terra_BF	ASI_%Squat_bosu_u_VM	ASI_%Squat_bosu_u_VL	ASI_%Squat_bosu_u_BF	ASI_%Squat_bosu_dow_n_VM	ASI_%Squat_bosu_dow_n_VL	ASI_%Squat_bosu_dow_n_BF	ASI_%Squat_foam_VM	ASI_%Squat_foam_VL	ASI_%Squat_foam_BF
46,6327447	3,75674554	48,6037322	3,09680104	8,14170292	30,8732795	13,6109762	19,9947876	29,4303398	24,282415	1,85004143	32,599278
16,9645209	2,97152495	42,2960725	0,51770708	10,4806786	42,7696208	10,080504	1,17996045	28,7455197	5,77002392	8,50919301	26,2103506
72,3441517	7,83745119	3,14248108	9,42336606	51,3993964	53,8638985	57,9328255	24,3151522	13,0581108	62,6797707	21,1829802	42,3132705
17,666418	50,3724069	41,7176099	6,88594533	35,3014716	36,3051865	3,63653405	54,9370493	36,3624259	29,5323511	45,7552019	50,3579952
72,3441517	7,83745119	3,14248108	9,42336606	51,3993964	53,8638985	57,9328255	24,3151522	13,0581108	62,6797707	21,1829802	42,3132705
17,666418	50,3724069	41,7176099	6,88594533	35,3014716	36,3051865	3,63653405	54,9370493	36,3624259	29,5323511	45,7552019	50,3579952
51,8204558	23,1761627	0,13814275	56,1920622	9,50400649	32,443073	58,1060538	3,3499831	49,5324557	58,2680443	21,4416919	19,1855333
7,79039572	19,8856647	6,62806643	23,5597202	0,58624773	20,0624133	31,3002377	33,3637192	40,0648824	9,80846895	4,95313441	2,45717252
12,1423047	3,39960005	57,9306918	19,7310255	27,5339956	32,8082857	12,8602866	31,1806113	18,5019361	6,74075864	2,31806531	36,2615012
31,8413363	12,8563422	35,2422907	27,2099967	35,5418615	35,3305948	17,9312974	14,5059831	39,408776	16,8929042	18,2540866	46,5519643
26,2852677	29,4025298	23,2435413	8,82038635	32,8843051	62,5029253	19,6007432	29,9941097	18,0170051	12,0974009	36,7762853	28,3061982
1,81091251	18,8332649	33,3217913	17,6621778	32,5190192	36,5949254	18,7542154	42,8083048	18,6651584	21,1672932	7,78267958	11,5636704
0,67725805	12,7554228	18,8807531	5,47557841	12,6859197	30,5635541	5,32259086	25,2373592	37,3505275	2,13547806	10,2084359	36,381894
27,9053011	5,74438481	45,0394302	41,3994276	26,2652977	32,5949657	46,9847998	32,2316043	7,36645499	44,7339523	38,9835195	30,106617
28,8494026	17,800097	28,6460496	16,8773933	26,396055	38,3487005	25,5493146	28,025059	27,5660092	27,5938388	20,3538212	32,50

Aquest document té com a finalitat informar-te com a membre de la mostra de tots els procediments als quals seràs sotmès durant la prova de l'estudi.

Valoració de l'activitat muscular en diferents exercicis d'esquat i búlgara

Identificació dels investigadors:

Joan Aguilera Castells.

Membre del Grup de Recerca i Innovació en Esport i Societat (GRIES). Doctorand en el programa de Doctorat en Ciències de l'Educació i l'Esport a la Facultat de Psicologia, Ciències de l'Educació i de l'Esport (FPCEE) Blanquerna, Universitat Ramon Llull (URL).

Clàudia Gallego Sotelo.

Estudiant del Grau de Ciències de l'Activitat Física i l'Esport (LCAFE) a la Facultat de Psicologia i Ciències de l'Educació i l'Esport (FPCEE) Blanquerna de la Universitat Ramon Llull (URL).

Objectius de l'estudi

Determinar l'activació muscular de l'extremitat inferior (EEII) segons l'estabilitat/inestabilitat de la superfície en l'esquat.

- Comparar els nivells d'activació muscular segons les condicions de l'exercici.
- Crear una progressió d'exercicis tenint en compte l'activació muscular.
- Analitzar les descompensacions musculars segons les condicions de l'exercici.

Metodologia i procediments a seguir

Anamnesi o entrevista prèvia:

Tots els membres de la mostra respondran a un qüestionari que serà enregistrat a un document Excel per la posterior descripció detallada de la mostra. Aquest qüestionari es durà a terme abans de la sessió de test.

Indumentària:

La indumentària requerida haurà de ser còmode de manera que no limiti en cap cas el moviment de les EEII. Es necessitaran pantalons curts per poder posar els elèctrodes correctament. El calçat haurà de ser esportiu.

Instruments de mesura i materials:

- Sistema d'electromiografia: Per determinar la senyal electromiogràfica produïda durant les diferents condicions del mig esquat s'utilitzarà el sistema d'electromiografia de superfície Biopac MP-150.
- Encoder de posició: Per verificar si el rang de moviment en cada repetició és el correcte i per determinar el desplaçament (de la massa o del centre de gravetat) dels participants.
- Metrònom
- Acceleròmetre
- Bosu®
- Espuma foam
- Electrodes de superfície (Ag-AgCl BIOPAC EL504)
- Escala de percepció OMNI-RES
- Cotó, alcohol 96º, fulles d'afaitar
- Cinturó de musculació (tancament amb "Velcro")
- Cinta mètrica
- Segmòmetre
- Barra olímpica
- Peses o discs
- Cinta adhesiva
- Piques (3)

Protocol:

El protocol que seguiran tots els membres de la mostra serà el següent:

A cadascun dels participants se'ls hi col·locaran 12 elèctrodes de superfície a la musculatura a estudiar (vast medial, vast lateral i bíceps femoral), prèviament s'afaitarà la zona si s'escau i es netejarà amb alcohol. Seguidament, els participants faran un escalfament per familiaritzar-se amb els exercicis (segons la seva experiència). Després, els participants realitzaran les 4 condicions d'execució del mig esquat que seran: 1) mig esquat tradicional, 2) mig esquat amb Bosu® up, 3) mig esquat amb Bosu® down, i 4) mig esquat sobre el foam. La distància de separació dels peus es normalitzarà a partir de la longitud entre les crestes ilíaqües (s'indicarà amb un estímul visual). Els graus de flexió del mig esquat s'estandarditzarà a partir del 75% de

la longitud del segment que va des de la cresta ilíaca fins el turmell per obtenir la longitud de la cama del subjecte (s'indicaran amb un estímul tàctil). L'ordre d'execució de les diferents condicions estarà aleatoritzat. Totes les condicions d'execució es realitzaran de forma dinàmica amb 1 sèrie de 5 repeticions amb velocitat d'execució controlada per metrònom a 70 batecs per minut.

Pel que fa a l'execució, el tronc estarà recte i els braços estaran agafant la barra amb una càrrega corresponent al 100% del pes de cada subjecte. Els participants hauran estat instruïts prèviament en l'execució del moviment. Aquelles condicions on l'execució no sigui correcta es demanarà que es tornin a repetir, sempre respectant la pausa de 3 minuts entre condicions d'execució.

Beneficis

Una vegada finalitzat l'estudi, el participant coneixerà tant les descompensacions musculars com el comportament de la seva activitat muscular en els diferents exercicis.

Per altra banda, les dades que s'obtidran a partir de l'estudi ens ajudaran a analitzar el comportament de la força i l'activitat muscular de l'extremitat inferior segons la superfície, elaborar una progressió de l'exercici en relació a la dificultat i orientar els entrenaments amb superfícies desestabilitzadores en relació a l'usuari.

Riscos

Les molèsties que poden aparèixer són:

- Les diferents condicions d'execució demanen un bon nivell d'equilibri o una bona capacitat per reequilibrar-se.
- La localització de l'Encoder de posició i els cables dels elèctrodes de superfície podrien resultar incòmodes per alguns dels participants, ja sigui pel propi dispositiu o pel sistema de fixació del mateix.

El laboratori on s'executaran els exercicis estarà tancat de manera que es minimitza la incomoditat per factors emotius.

Quant a riscos derivats de l'estudi, aquests són els mateixos que els de qualsevol activitat en la qual es faci un escalfament suau i un treball de força en un entorn controlat.

Confidencialitat

Les dades sol·licitades seran d'ús exclusiu del grup de recerca pel seu anàlisi i per la comprovació de la realitat o falsedat de les hipòtesis plantejades.

Els noms dels participants no seran revelats, en el cas de que es vulgui descriure en l'estudi les dades obtingudes per un participant en particular, el nom del mateix serà alterat.

Les imatges que siguin publicades en qualsevol mitjà no contindran el nom del participant ni en la imatge ni en el nom de l'arxiu.

Caràcter voluntari de la teva participació

Ets lliure i tens dret a retirar-te de l'estudi en qualsevol moment sense cap mena de repercussió com es descriu en el document de consentiment informat.

Consentiment informat

La informació s'aportarà verbalment i per escrit. Els subjectes tindran la oportunitat suficient de preguntar sobre els detalls de l'estudi. L'imprès de consentiment informat segueix la *Guia d'elaboració del Full d'Informació i del Consentiment Informat* del Comitè d'Ètica de la Recerca URL (URL, 2014).

Valoració de l'activitat muscular i forces en diferents exercicis d'esquat i búlgara

Jo,, major d'edat, amb DNI
(Nom i cognoms del participant)

Actuant en nom i interès propi DECLARO QUE:

He rebut informació sobre el projecte del qual se m'ha entregat un full informatiu annex a aquest consentiment i per al qual se sol·licita la meva participació. He entès el seu significat, m'han estat aclarits els dubtes i m'han estat exposades les accions que es deriven del mateix. Se m'ha informat de tots els aspectes relacionats amb la confidencialitat i protecció de dades pel que fa a la gestió de dades personals que comporta el projecte i les garanties preses en compliment de la Llei 15/1999 de Protecció de Dades Personals.

La meva col·laboració en el projecte és totalment voluntària i tinc dret a retirar-me del mateix en qualsevol moment, revocant el present consentiment, sense que aquesta retirada pugui influir negativament en la meva persona. En cas de retirada, tinc dret a que les meves dades siguin cancel·lades del fitxer de l'estudi.

Per tot això, DONO EL MEU CONSENTIMENT A:

1. Participar en el projecte
2. Que l'equip d'investigació i la Clàudia Gallego Sotelo com a investigadora principal (IP), pugui gestionar les meves dades personals i difondre la informació, les imatges i vídeos que generi el projecte. Es garanteix que es preservarà en tot moment la meva identitat i intimitat, amb les garanties establertes a la Llei 15/1999 de protecció de dades i normativa complementària.
3. Que la IP conservi tots els registres efectuats al llarg de la prova, així com la informació que se'n derivi dels mateixos, en els termes legalment previstos.

Barcelona,

(Data)

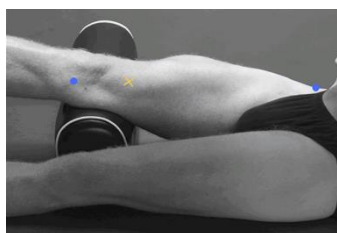
Signatura del participant:

Signatura del IP:

Annex 5 – Indicacions per col·locar correctament els elèctrodes dels músculs estudiats segons *Seniam Project*

- Elèctrodes del vast medial:

- Posició inicial: el subjecte assegut sobre una superfície plana amb els genolls en lleugera flexió i el tronc lleument inclinat cap a enrere.
- Mida elèctrode: la mida màxima i en direcció de les fibres musculars és de 10 mm.
- Distància entre elèctrodes: 20 mm.
- Localització: els elèctrodes han d'estar col·locats al 80% de la línia entre l'espina ilíaca anterior superior i l'espai de l'articulació que està davant la vora anterior del lligament medial.
- Orientació: gairebé perpendicular a la línia entre l'espina ilíaca anterior superior i l'espai de l'articulació davant de la vora anterior del lligament medial.
- Activació del múscul: s'ha d'estendre el genoll sense girar la cuixa mentre s'aplica pressió contra la cama sobre el turmell en la direcció de la flexió.



- Elèctrodes del vast lateral:

- Posició inicial: el subjecte assegut sobre una superfície plana amb els genolls en lleugera flexió i el tronc lleument inclinat cap a enrere.
- Mida elèctrode: la mida màxima i en direcció de les fibres musculars és de 10 mm.
- Distància entre elèctrodes: 20 mm.
- Localització: els elèctrodes han d'estar col·locats a 2/3 de la línia que va des de l'espina ilíaca anterior superior al costat lateral de la ròtula.
- Orientació: en la direcció de les fibres musculars.
- Activació del múscul: s'ha d'estendre el genoll sense girar la cuixa mentre s'aplica pressió contra la cama sobre el turmell en la direcció de la flexió.



- Elèctrodes del bíceps femoral:

- Posició inicial: el subjecte estirat boca avall sobre una superfície plana amb els genolls flexionats (a menys de 90 graus), la cuixa recolzada i amb una lleugera rotació lateral i la cama en una lleugera rotació lateral respecte al múscul.
- Mida elèctrode: la mida màxima i en direcció de les fibres musculars és de 10 mm.
- Distància entre elèctrodes: 20 mm.
- Localització: els elèctrodes han d'estar col·locats al 50% de la línia entre la tuberositat isquial i l'epicòndil lateral de la tíbia.
- Orientació: en la direcció de la línia entre la tuberositat isquial i l'epicòndil lateral de la tíbia.
- Activació del múscul: s'ha de prémer contra la cama, a la part proximal al turmell en direcció a l'extensió del genoll.



