

Estat del balanç neuromuscular i massa magra d'extremitats inferiors de jugadors professionals de futbol de la primera divisió de Costa Rica

State of Neuromuscular Balance and Lower Limb Lean Mass of Costa Rican First Division Professional Soccer Players

DANIEL ROJAS-VALVERDE

RANDALL GUTIÉRREZ-VARGAS

Centre de Recerca i Diagnòstic en Salut i Esport (CIDISAD)
Escola de Ciències del Moviment Humà i Qualitat de Vida
Facultat de Ciències de la Salut de la Universitat Nacional (Costa Rica)

BRAULIO SÁNCHEZ-UREÑA

Programa de Ciències de l'Exercici i la Salut (PROCESA)
Escola de Ciències del Moviment Humà i Qualitat de Vida
Facultat de Ciències de la Salut de la Universitat Nacional (Costa Rica)

JUAN CARLOS GUTIÉRREZ VARGAS

Centre de Desenvolupament i Rehabilitació en Salut (CEDERSA)
Escola de Ciències del Moviment Humà i Qualitat de Vida
Facultat de Ciències de la Salut de la Universitat Nacional (Costa Rica)

ARIANNA HERNÁNDEZ-CASTRO

Centre de Recerca i Diagnòstic en Salut i Esport (CIDISAD)
Escola de Ciències del Moviment Humà i Qualitat de Vida
Facultat de Ciències de la Salut de la Universitat Nacional (Costa Rica)

JORGE SALAS-CABRERA

Programa de Ciències de l'Exercici i la Salut (PROCESA)
Escola de Ciències del Moviment Humà i Qualitat de Vida
Facultat de Ciències de la Salut de la Universitat Nacional (Costa Rica)

Autor per a la correspondència

Randall Gutiérrez Vargas

randall.gutierrez.vargas@una.cr

Resum

Objectiu. Determinar l'estat de balanç neuromuscular i masses magres d'extremitats inferiors de jugadors professionals de futbol de la primera divisió costa-riquenya, a partir de dades tensiomiogràfiques. *Mètodes.* Es van avaluar 23 jugadors masculins professionals de futbol (edat $24,78 \pm 3,90$, alçada $175,43 \pm 5,38$ cm, pes corporal $72,47 \pm 6,28$ kg, percentatge de greix corporal de $15,65 \pm 5,14$ %). *Resultats.* S'observen diferències significatives entre l'hemisferi dominant (HD) i l'hemisferi no dominant (HND) per a desplaçament muscular (Dm) del bíceps femoral (BF) ($p = 0,026$), recte femoral (RF) ($p = 0,047$) i tibial anterior (TA) ($p = 0,007$) i el temps de sustentació (Ts) d'adductor llarg (Al) ($p = 0,026$). Presència d'asimetries laterals en els músculs Al (43,75 %), BF (26,08 %), erector espinal (4,3 % gastrocnemi lateral (GL) (21,73 %), gastrocnemi medial (GM) (17,39 %), RF (13,04 %), TA (21,73 %) i vast lateral (VL) (43,47 %). Masses magres HND ($9,95 \pm 0,99$) i HD ($9,94 \pm 0,97$). *Conclusions.* Existeixen diferències significatives en Dm de BF ($p = 0,026$), RF ($p = 0,047$) i TA ($p = 0,007$) i el Ts d'AL ($p = 0,026$) en comparació de l'HD i el HND, no així en la majoria de les dades obtingudes per mitjà de la tensiomiografia dels membres inferiors. No hi ha presència d'asimetries laterals, funcionals o en massa magra basat en les mitjanes de jugadors de primera divisió costa-riquenya a partir de paràmetres tècnics, no obstant això, si que hi ha asimetries laterals en casos aïllats que a nivell pràctic són rellevants.

Paraules clau: tensiomiografia, balanç muscular, futbol, extremitats inferiors, massa magra

Abstract***State of Neuromuscular Balance and Lower Limb Lean Mass of Costa Rican First Division Professional Soccer Players***

Objective. *Determine the neuromuscular balance and lower limb lean mass status of Costa Rican first division professional soccer players based on tensiomyography data.* **Methods.** *We assessed 23 male professional soccer players (age 24.78 ± 3.90 , height 175.43 ± 5.38 cm, weight 72.47 ± 6.28 kg, body fat 15.65 ± 5.14 %).* **Results.** *The analysis showed significant differences between dominant hemisphere (DH) and non-dominant hemisphere (NDH) for muscular displacement (Md) of biceps femoris (BF) ($p=0.026$), rectus femoris (RF) ($p=0.047$) and anterior tibialis (AT) ($p=0.007$) and sustain time (St) of adductor longissimus (AL) ($p=0.026$). Presence of lateral asymmetries in the muscles AL (43.75 %), BF (26.08 %), spinal erector (SE) (4.3 %), gastrocnemius lateralis (GL) (21.73 %), gastrocnemius medialis (GM) (17.39 %), RF (13.04 %), AT (21.73 %) and vastus lateralis (VL) (43.47 %).* **Lean mass results** NDH (9.95 ± 0.99) and DH (9.94 ± 0.97). **Conclusions.** *There are significant differences in the Md of BF, RF and AT and in the St of AL in the DH and NDH comparison, though not in most of the tensiomyography data of the lower limbs. There are no lateral, functional or lean mass asymmetries based on the means for Costa Rican first division players using technical parameters, although there are lateral asymmetries in isolated cases that are relevant in practical terms.*

Keywords: *tensiomyography, muscular balance, soccer, lower limbs, lean mass*

Introducció

El futbol es caracteritza per una complexa combinació de funcions motores realitzades a diferents intensitats i espontàniament; la seva repetició constant podria induir a la fatiga o l'aparició de desequilibris musculars (Daneshjoo, Rahnema, Mokhtar, & Yusof, 2013; Faude, Junge, Kindermann & Dvorak, 2006; Stolen, Chamari, Castagna & Wisloff, 2005). Aquesta diferència entre els hemicossos s'ha estudiat àmpliament, sobretot per la influència que té la força muscular: estudis previs han avaluat la relació entre asimetries musculars i riscos de lesió (Blache & Monteil, 2012; Ergun, Islegen & Taskiran, 2004; Newton et al., 2006; Soderman, Alfredson, Pietila, & Werner, 2001). Els desequilibris musculars apareixen quan la diferència entre el percentatge de simetria entre un hemicós i un altre es troben entre 10 % i 15 %, la qual cosa ocasiona un augment en el risc de sofrir una lesió (Bennel et al., 1998; Carpes, Mota, & Faria, 2010; Croisier et al., 2002; Seeley, Umberger, Clasey, & Shapiro, 2010). Diverses autories es refereixen a aquests desequilibris, els quals expliquen que existeix major utilització del segment dominant sobre el no dominant a causa de les accions de passada i rematada, pròpies del futbol (Faude, Junge, Kindermann, & Dvorak, 2006; Newton et al., 2006; Wyatt & Edwards, 1981).

Els programes de compensació dels desequilibris o asimetries s'han concentrat en el treball muscular en termes generals. Actualment és possible realitzar

l'avaluació de les propietats contràctils de músculs superficials aïllats mitjançant l'ús de tensiomiografia (TMG) (Dahmane, Valencic, Knez, & Erzen, 2001; Valencic & Knez, 1997; Valencic, Knez, & Simunic, 2001). El mètode de TMG ofereix informació sobre la rigidesa, tensió o to muscular (Kokkonen, Nelson, & Cornwell, 1998; Rey, Lago-Peñas, & Ballesteros, 2012; Valencic & Knez, 1997), velocitat de contracció (Simunic, Rozman & Pisot, 2005), força de forma indirecta proporcional al Dm (Valencic & Djodjevic, 2001) i fatiga (Krizaj, Simunic, & Zagar, 2008; Rey, Lago-Peñas, & Ballesteros, 2012; Valencic & Knez, 1997).

Aquest mètode d'avaluació no invasiu ofereix informació sobre el temps de contracció (Tc) i del màxim desplaçament radial del ventre muscular (Dm). El Tc determina el temps que transcorre des que finalitza el temps de reacció (Td) (10 % de Dm) fins que el múscul aconsegueix el 90 % de la deformació màxima (García-Manso et al., 2010), un increment en el valor de Tc pot indicar una pèrdua en la capacitat contràctil que s'ha relacionat amb una disminució de la força muscular (Rey, Lago-Peñas, & Ballesteros, 2012; Rusu et al., 2013; Valencic & Knez, 1997). El Dm: "ve donada pel desplaçament radial del ventre muscular expressat en mil·límetres." (Dahmane et al., 2001; García-Manso et al., 2010; Krizaj et al., 2008; Simunic, 2003; Valencic et al., 2001). Una disminució de valors de Dm pot indicar un augment en la rigidesa o tensió muscular (Kokkonen

et al., 1998; Rey, Lago-Peñas, & Ballesteros, 2012; Valencic & Knez, 1997).

Les asimetries musculars es poden avaluar amb la TMG mitjançant les anomenades simetries laterals (SL), les que es refereixen a una comparació entre hemicossos (80 % com a valor mínim) i simetries funcionals (SF) que ofereixen informació de l'estat muscular que involucra una articulació (65 % com a valor mínim) (Rodríguez-Matoso et al., 2012; Simunic et al., 2005).

En la literatura científica hi ha un ampli coneixement de la diferència de la força bilateral en el risc d'aparició de lesions en jugadors de futbol i el rol que l'hemicós dominant té en aquests casos, però no s'ha estudiat l'estat de balanç neuromuscular i antropomètric en el seu conjunt, amb mètodes d'exploració no invasiva com és la TMG. Això permetria adreçar protocols ràpids i efectius d'avaluació, així com d'identificació inicial de possibles desequilibris.

En aquest sentit, el propòsit del present estudi va ser determinar l'estat de balanç neuromuscular i masses magres d'extremitats inferiors de jugadors professionals de futbol de la primera divisió de Costa Rica, a partir de dades tensiomiogràfiques.

Materials i mètode

Participants

Els participants de l'estudi van ser 23 jugadors masculins de futbol pertanyents a un equip professional que participa en el campionat de primera divisió de Costa Rica (edat $24,78 \pm 3,90$, alçada $175,43 \pm 5,38$ cm, pes corporal $72,47 \pm 6,28$ kg, percentatge de greix corporal de $15,65 \pm 5,14$ %, massa magra total $558,20 \pm 4,30$ kg), saludables, que entrenen (4-5 vegades per setmana) i competeixen regularment (1-2 vegades a la setmana). Van participar de forma voluntària i amb suport i consentiment del cos tècnic i el club, com a part de la seva preparació prèvia al torneig. No es van reportar desordres neurològics, consum regular de drogues o problemes musculars; els atletes amb alguna lesió diagnosticada o aparent, no es van tenir en compte com a participants d'aquesta recerca.

Instruments

Per a les dades descriptives es va realitzar el mesurament de pes corporal mitjançant l'ús de Tanita-Ironman (sensibilitat de $\pm 0,1$ kg), (Elite Sèries BC554[®], Illinois,

Estats Units) i per conèixer l'alçada dels futbolistes, es va utilitzar un tallímetre de paret. La composició corporal dels jugadors es va obtenir a partir d'una absorciometria dual per rajos x (DEXA) (General Electric enCORE 2011[®], programari versió 13.6, Wisconsin, Estats Units), el qual quantifica el percentatge de greix corporal i massa magra (kg) (ICC=0.6) (Norcross & Van Lloen, 2014).

Posteriorment es va utilitzar un tensiomiògraf (TMG System 100, Ljubljana, Eslovènia), per determinar la condició muscular base dels subjectes. La informació es va analitzar mitjançant el programari TMG 100 3.0, i es van seguir els protocols de mesurament usats en estudis similars (Álvarez-Díaz et al., 2014a; Delagi, Lazzetti, Perotto, & Morrison, 2011; Ditroilo, Smith, Fairweather, & Hunter, 2013; García-Manso et al., 2010; Rey, Lago-Peñas, & Ballesteros, 2012; Tous-Fajardo et al., 2010). Es va utilitzar un estimulador elèctric artificial (TMG-S1, d.o.o., Ljubljana, Eslovènia), que realitza una descàrrega d'entre 1 mA-110 mA., amb una durada de fase d'1 m/s i una forma d'ona monofàsica quadrangular (Rey, Lago-Peñas & Lagos-Ballesteros, 2012). Per provocar el màxim desplaçament mecànic es van realitzar increments graduals de 10 mA. cada descàrrega (Ditroilo et al., 2013). El sensor Dc-Dc Trans-Tek[®] (GK 40, Panoptik d.o.o., Ljubljana, Eslovènia) amb una resolució segons el fabricant (TMG-BMC Ltd.) de 2 mm. El protocol estableix que ha de col·locar-se en el punt de major circumferència radial (García-Manso, et al., 2010) amb una pressió inicial d' $1,5 \times 10^{-2}$ N/mm² (Ditroilo et al., 2013), segons la guia anatòmica per electromiografia (Delagi et al., 2011) i en un punt equidistant a les vores internes de dos elèctrodes quadrangulars (5×5 cm) i adhesius (TheraTrobe[®], TheraSigma, Califòrnia, Estats Units), l'ànode (elèctrode) es col·loca proximal i el càtode (elèctrode) distal (Rey, Lago-Peñas, & Lagos-Ballesteros, 2012) els elèctrodes es trobaven separats entre si per 5 cm. El La ICC per a recte femoral és $Tc = 0,92$ i per a $Dm = 0,94$ (Benítez-Jiménez, Fernández-Roldán, Montero-Doblegues, & Romacho-Castro, 2013), basat en Rodríguez-Matoso, et al (2010) (Tc , $\alpha = 0,97$; Dm , $\alpha = 0,92$). Per a l'anàlisi de la informació es va utilitzar el programari TMG 100 Software 3.0.

Procediment

El present estudi va consistir de dues fases. En la primera es va realitzar una sessió de reclutament i explicació sobre l'interès de la recerca als participants i

encarregats del cos tècnic. En la segona, es va procedir a realitzar dues sessions d'avaluació tensiomiogràfica per obtenir la condició neuromuscular i antropomètrica dels participants. En aquesta sessió es van avaluar l'hemícors dominant (HD) (cama dominant) i el no dominant (HND) (cama no dominant), en els paràmetres musculars de TMG: temps de contracció (Tc), temps de relaxació (Tr), temps de reacció (Td), desplaçament màxim radial muscular (Dm), i temps de sustentació (Ts); dels músculs erector espinal (ÉS), recte femoral (RF), vast medial (VM) i lateral (VL), gastrocnemi medial (GM) i lateral (GL), bíceps femoral (BF), adductor llarg (Al) i tibial anterior (TA) i les degudes simetries laterals (SL) i simetries funcionals (SF), donats per l'equip.

Posteriorment, es va realitzar el respectiu mesurament antropomètric (pes, talla, percentatge de greix i masses magres de les extremitats inferiors). Tots els mesuraments es van realitzar al Centre de Recerca i Avaluació en Salut i Esport de l'Escola Ciències del Moviment Humà i Qualitat de Vida, Universitat Nacional de Costa Rica, en habitacions controlades a una temperatura d'entre 22 i 23 °C (Rey, Lago-Peñas & Lagos-Ballesteros, 2012). El jugador no rebia cap estímul esportiu o càrrega de treball 48 hores prèvies a l'avaluació (Bandeira, Muniz, Abreu, Nohama & Borba, 2012, García-Manso et al., 2010).

Anàlisi estadística

Per representar cadascuna de les característiques de la mostra es va implementar estadística descriptiva per mitjà del càlcul de valors de la mitjana (M) i les seves respectives desviacions estàndard ($\pm DS$). Es va comprovar la normalitat de les dades de cadascuna de les variables mitjançant la prova Shapiro-Wilk, posteriorment mitjançant la prova t de mostres relacionades es va prosseguir amb l'anàlisi de comparació entre les dades de l'HD i el HND en les variables neuromusculars reportades per la TMG. Es va utilitzar el paquet estadístic per a les Ciències Socials (SPSS) (IBM, SPSS Statistics, V. 21.0 Chicago, IL, USA). El nivell de significança utilitzada va ser de $p < 0,05$.

Resultats

A partir de l'anàlisi es va determinar que existeixen diferències significatives entre l'HD i l'HND per a Dm del Bíceps femoral ($p = 0,026$), RF ($p = 0,047$) i TA ($p = 0,007$) i el Ts d'AL ($p = 0,026$). En la fra-

se anterior es mostra el més rellevant de la *taula 1* que comprèn les comparacions en les quals es van identificar diferències significatives.

La *taula 2* mostra les asimetries existents per sota dels valors recomanats (80 %) (Rodríguez-Matoso et al., 2012; Simunic, Rozman & Pisot, 2005), en un percentatge dels subjectes malgrat que la mitjana general no ho reflecteixi com a tal. Aquesta asimetria es presenta en un percentatge important dels participants en els músculs adductor llarg (43,75 %), bíceps femoral (26,08 %), erector espinal (4,3 %), gluti llarg (21,73 %), gastrocnemi medial (17,39 %), recte femoral (13,04 %), tibial anterior (21,73 %) i vast lateral (43,47 %).

La *taula 3* mostra que no existeixen diferències significatives entre l'HD i l'HND per l'SF en els jugadors de futbol de primera divisió de Costa Rica basats en recomanacions tècniques (35 % d'asimetria) (Rodríguez-Matoso et al., 2012; Simunic et al., 2005).

Adicionalment, es va realitzar avaluació dels percentatges de les masses magres (kg) de membres inferiors i es van comparar entre si, es va determinar que no existeixen asimetries entre els valors de massa magra de l'HD ($M = 17,11 \pm 1,34$) quan es compara amb l'HND ($M = 17,10 \pm 1,22$).

Discussió

El present estudi és pioner en avaluar i determinar l'estat de balanç neuromuscular i antropomètric de les extremitats inferiors de jugadors professionals de futbol de la primera divisió a Costa Rica, a partir de dades tensiomiogràfiques. El resultat més rellevant de l'estudi va evidenciar que no existeixen asimetries funcionals i laterals en la mitjana dels jugadors de futbol, no obstant això, es troben asimetries en casos aïllats, evidència que permet generar inputs útils en la pràctica i el tractament d'alteracions neuromusculars. D'altra banda, es van trobar diferències en algunes variables tensiomiogràfiques (*taula 1*).

És clar que els moviments propis del futbol estan determinats per les extremitats inferiors en un percentatge bastant alt (Daneshjoo, Rahnama, Mokhtar, & Yusof, 2013; Faude et al., 2006; Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005), els quals no solament són responsables de la fatiga neuromuscular i estructural, sinó també de l'aparició de lesions a causa de la dominància d'una de les cames (hemilateral) existent en jugadors de futbol a l'hora de realitzar certes accions com la

passada i la rematada (Newton et al., 2006; Wyatt & Edwards, 1981; Newton et al., 2006; Soderman et al., 2001).

Els valors mitjans obtinguts en la tensiomiografia d'aquesta recerca coincideixen amb els reportats per Alentorn-Geli et al. (2014); Álvarez-Díaz et al.,

(2014); Álvarez-Díaz et al. (2014b); Rey, Lago-Peñas, Lago-Ballesteros i Casais, (2012); Rey, Lago-Peñas & Lago-Ballesteros, (2012) els quals van avaluar jugadors de futbol que no presentaven lesions (26-30 ms). No obstant això, en estudis realitzats en aquest esport no s'han realitzat comparacions bilaterals d'extremitats

Múscul (n)	TMG ¹	Hemicós dominant (HD) M ± DS	Hemicós no dominant (HND) M ± DS	Valor p
Erector espinal (23)	Tc	16,49 ± 2,32	16,79 ± 3,04	ns
	Td	18,72 ± 1,22	18,95 ± 1,37	ns
	Tr	101,01 ± 102,09	113,35 ± 202,86	ns
	Dm	5,69 ± 1,38	5,86 ± 1,44	ns
	Ts	163,39 ± 202,19	141,70 ± 207,60	ns
Bíceps femoral (23)	Tc	25,96 ± 6,37	27,88 ± 6,85	ns
	Td	22,75 ± 1,92	23,17 ± 2,04	ns
	Tr	72,72 ± 38,43	77,53 ± 46,87	ns
	Dm	5,67 ± 1,88	6,56 ± 2,54	0,026*
	Ts	213,14 ± 35,82	204,01 ± 38,46	ns
Gastrocnemi medial (23)	Tc	25,91 ± 4,63	25,42 ± 3,65	ns
	Td	20,93 ± 1,96	21,14 ± 2,93	ns
	Tr	55,68 ± 33,93	56,09 ± 38,81	ns
	Dm	3,61 ± 1,61	3,15 ± 1,09	ns
	Ts	197,16 ± 38,56	183,69 ± 36,05	ns
Gastrocnemi lateral (23)	Tc	21,63 ± 2,92	22,92 ± 3,33	ns
	Td	19,56 ± 1,19	19,94 ± 1,50	ns
	Tr	42,12 ± 12,87	39,49 ± 12,44	ns
	Dm	3,86 ± 1,38	4,17 ± 1,38	ns
	Ts	210,29 ± 21,51	209,73 ± 30,59	ns
Recte femoral (23)	Tc	29,95 ± 2,32	30,84 ± 5,17	ns
	Td	23,81 ± 1,27	24,23 ± 1,73	ns
	Tr	39,19 ± 38,55	36,35 ± 28,14	ns
	Dm	8,42 ± 3,15	9,49 ± 2,43	0,047*
	Ts	73,51 ± 41,78	75,27 ± 37,94	ns
Vast lateral (23)	Tc	24,68 ± 4,00	23,70 ± 4,00	ns
	Td	23,62 ± 1,38	23,41 ± 1,81	ns
	Tr	32,51 ± 34,53	24,95 ± 25,16	ns
	Dm	7,29 ± 2,47	7,29 ± 2,51	ns
	Ts	61,38 ± 39,07	52,51 ± 28,21	ns
Vast medial (23)	Tc	25,25 ± 2,96	25,45 ± 2,66	ns
	Td	22,44 ± 1,56	22,70 ± 1,16	ns
	Tr	97,55 ± 47,33	110,98 ± 57,76	ns
	Dm	8,29 ± 1,49	9,01 ± 1,57	ns
	Ts	176,95 ± 36,20	187,37 ± 41,37	ns
Adductor llarg (16)	Tc	19,85 ± 3,89	19,30 ± 4,08	ns
	Td	20,33 ± 1,64	20,43 ± 1,98	ns
	Tr	57,82 ± 35,83	61,64 ± 30,95	ns
	Dm	3,66 ± 1,87	3,73 ± 2,48	ns
	Ts	182,10 ± 56,50	200,59 ± 59,85	0,026*
Tibial anterior (23)	Tc	20,98 ± 3,82	20,24 ± 2,88	ns
	Td	20,15 ± 1,70	20,24 ± 1,38	ns
	Tr	43,64 ± 28,17	33,17 ± 13,80	ns
	Dm	1,69 ± 0,76	2,13 ± 1,06	0,007**
	Ts	214,29 ± 34,91	212,43 ± 47,13	ns

*p < 0,05, ** p < 0,01, ns=no significatiu. M: mitjana, DS: desviació estàndard, Tc: temps de contracció, Td: temps de reacció; Tr: temps de relaxació; Dm: desplaçament radial muscular; Ts: temps de sustentació; ¹ Tots els valors excepte Dm (mil·límetres, mm), estan expressats en mil·lisegons (ms).

Taula 1. Comparació per hemicossos (dominant contra no dominant) dels valors neuromusculars donats per TMG, en jugadors de futbol de primera divisió de Costa Rica

Simetria funcional	n	M (\pm DS) ¹
Erector espinal	23	88,21 \pm 5,22
Bíceps femoral	23	85,95 \pm 7,67
Recte femoral	23	86,52 \pm 7,93
Gastrocnemi medial	23	87,60 \pm 7,07
Gastrocnemi lateral	23	87,17 \pm 6,56
Vast lateral	23	82,69 \pm 8,25
Vast medial	23	90,30 \pm 4,59
Adductor llarg	16	82,12 \pm 11,62
Tibial anterior	23	85,47 \pm 8,45

¹ Mitjanes dels percentatges de SL. M: mitjana, DS: desviació estàndard.

Taula 2. Mitjanes dels percentatges de SL dels músculs avaluats amb TMG en jugadors de futbol de primera divisió de Costa Rica

Simetria funcional	Hemicós dominant M \pm DS	Hemicós no dominant M \pm DS	Valor p
Genoll	80,04 \pm 5,95	81,00 \pm 8,94	ns
Tendó d'Aquiles	84,00 \pm 9,55	87,73 \pm 6,46	ns
Lligament patelar	82,00 \pm 6,42	83,43 \pm 7,13	ns
Turmell	85,47 \pm 8,98	84,08 \pm 8,61	ns
Cama	85,26 \pm 7,13	86,26 \pm 6,60	ns

*p < 0,05, **p < 0,01, ns = no significatiu. M: mitjana, DS: desviació estàndard.

Taula 3. Comparació mitjana dels percentatges de SF dels músculs avaluats amb TMG en jugadors de futbol de primera divisió de Costa Rica

inferiors (Rey, Lago-Peñas & Ballesteros, 2012; García-Manso et al., 2010; García-Manso et al., 2011).

D'altra banda, els resultats d'aquest estudi assenyalen que no existeixen diferències significatives en la generalitat dels valors neuromusculars, en comparar la cama dominant (HD) amb la no dominant (HND); aquests resultats concorden amb les dades d'Álvarez-Díaz et al. (2014).

Com no s'assegura que hi hagi diferències estadístiques en la majoria de les dades entre cama dominant (HD) i no dominant (HND), el mètode TMG aconsegueix identificar de manera aïllada la presència d'alteracions o diferències entre músculs i entre hemicossos, la qual cosa permet observar la tendència que la cama dominant (HD) presenta més rigidesa muscular, a causa de les diferències significatives en Dm en els músculs BF, RF i TA, així com una rigidesa augmentada no significativa en l'HD dels músculs Al, VM, ÉS i GL. Els resultats anteriors els assolixen també altres estudis (Kokkonen et al., 1998; Krizaj et al., 2008; Rey, Lago-Peñas & Ballesteros, 2012; Valencic & Knez, 1997), en els quals s'indica que aquest augment de la rigidesa de la cama dominant (HD) es deu a una resposta reflec-

tida per més tensió muscular, així com a musculatura activa, potenciada i tonificada (Rodríguez-Matoso et al., 2012). A més, s'evidencia una presència de més força de la cama dominant (HD), que podria reflectir-se en un augment de la rigidesa muscular (Bennel et al., 1998; Blache & Monteil, 2012; Croisier et al., 2002; Ergun et al., 2004).

Els resultats presentats respecte a l'SL (taula 2), indiquen l'absència d'asimetries bilaterals basades en els paràmetres tècnics descrits en estudis previs (80 % de simetria lateral són indicatius d'asimetria) (Rodríguez-Matoso et al., 2012; Simunic, Rozman, & Pisot, 2005). Si bé no hi ha valors per sota del paràmetre descrit en la mitjana dels subjectes, és pertinent tenir en compte que hi va haver un percentatge d'asimetries en casos aïllats en músculs específics Al (43,75 %), BF (26,08 %), ES (4,3 %), GL (21,73 %), GM (17,39 %), RF (13,04 %), TA (21,73 %) i VL (43,47 %) dels subjectes. Aquestes dades reforcen la tendència de desenvolupament d'una de les cames (hemicossos), basades en els resultats de TMG: ens referim a un desenvolupament de la cama dominant (HD).

Quant a les SF, les diferències percentuals mínimes segons estudis que s'admeten com a normals no han de superar el 35 % (Rodríguez-Matoso et al., 2012; Simunic, Rozman & Pisot, 2005). Basat en el paràmetre anterior, s'ha de concloure que no existeixen diferències en la comparació de l'HD i l'HND (taula 3), similar al que diuen Faude et al. (2006). Cal rescatar les diferències en Dm de BF i RF, dues de les estructures fonamentals en l'equilibri articular de genoll i les reportades per Newton et al. (2006) i Wyatt i Edwards (1981) com les més comunament lesionades en la pràctica del futbol. Antecedent d'anàlisi de SF realitzat per Alentorn-Geli et al. (2014), els quals van obtenir valors similars que s'aporten en l'estudi actual en genoll (80,4 \pm 9,5) i tendó rotulí (86,2 \pm 5,1).

En la comparació de mitjanes dels percentatges de masses magres (kg) dels membres inferiors pel que fa a la massa magra total de jugadors de futbol de primera divisió de Costa Rica, es va determinar que no existeixen asimetries entre els valors de massa magra de la cama dominant (HD) (M = 17,11 \pm 1,34) quan es compara amb la cama no dominant (HND) (17,10 \pm 1,22). Les dades anteriors es basen en el paràmetre tècnic brindat per Bell, Sanfilippo, Binkley i Heiderscheit (2014), els quals indiquen que una asimetria de més del 10 % entre els valors de massa magra de l'HD contra l'HND en els membres inferiors

provoca una disminució en la funcionalitat dels segments inferiors i augmenta la predisposició de lesions. Aquest fet comporta que s'observin diferències neuromusculars sense que hi hagi una diferència bilateral en els membres inferiors. Cal tenir en compte que el mètode DXA no contempla diferències múscul a múscul com sí ho fa la TMG.

Aquesta tendència en les diferències entre hemicossos basades en les dades de la TMG i l'SL es pot explicar per les accions de l'HD i HND pròpies del futbol. Ball (2013) indica que la cama de suport (HND) ajuda a donar l'equilibri i l'estabilització a la rematada i passada, i es recalca la seva importància en l'efectivitat en el contacte adequat amb la pilota (Ball, 2013; Chew-Bullock, et al., 2012). Aquest fet recolza la necessitat del desenvolupament bilateral i la seva importància en la pràctica esportiva, on les accions unilaterals predominen (Naito, Fukui & Maruyama, 2012; Oliveira, Barbieri, & Goncalves, 2013). S'ha d'afegir el que assenyalen certs estudis que reporten un augment de la rigidesa muscular en l'hemicós dominant comparat al HND (Bennel et al., 1998; Blache & Monteil, 2012; Croisier et al., 2002; Ergun et al., 2004), la qual cosa pot generar una sèrie de lesions o alteracions biomecàniques.

García-Manso et al. (2011), indica mitjançant dades tensiomiogràfiques que existeix en la tècnica de carrera una predisposició a sobrecarregar un membre inferior sobre un altre; destaca que la cama dominant (HD) sol exposar-se a major estrès que la no dominant (HND), la qual cosa pot comportar un major risc de lesió, similar al que aporten altres autors en estudis sense ús de la TMG, en els quals la dominància hemilateral té una rellevància epidemiològica de lesió (Bennel et al., 1998; Blache & Monteil, 2012; Croisier et al., 2002; Ergun, Islegen, & Taskiran, 2004; Faude et al., 2006).

D'acord amb les dades que facilita l'avaluació tensiomiogràfica, s'han de considerar certs aspectes: l'estat d'entrenament, moment de la temporada, estat de fatiga i característiques de l'esport (García-Manso et al., 2010), per la qual cosa cal tenir en compte que els resultats del present estudi han de ser analitzats sota el marc d'una pretemporada, sense estímul competitiu previ, en estat de repòs.

Després de l'anàlisi realitzada per aquesta recerca es conclou que existeixen diferències significatives entre els valors de la cama dominant (HD) sobre la no dominant (HND) reflectit en el Dm de BF, RF i TA així com en el Ts de l'AL, no obstant això no és un comportament general dels músculs dels membres inferiors. A

més, no existeixen asimetries laterals o funcionals, però es rescata la importància de l'anàlisi cas a cas, per aprofitar les dades que dona la tensiomiografia en la identificació per múscul i la seva respectiva asimetria.

Conflicte d'interessos

Els autors declaren no tenir cap conflicte d'interessos.

Referències

- Alentorn-Geli, E., Alvarez-Díaz, P., Ramon, S., Marin, M., Steinbacher, G., Boffa, J.J., Cuscó, X., Ballester, J. & Cugat, R. (2014). Assessment of neuromuscular risk factors for anterior cruciate ligament injury through tensiomyography in male soccer players. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*. doi:10.1007/s00167-014-3018-1
- Álvarez-Díaz, P., Alentorn-Geli, E., Ramon, S., Marin, M., Steinbacher, G., Rius, ... Cugat, R. (2014a). Effects of anterior cruciate ligament reconstruction on neuromuscular tensiomyographic characteristics of the lower extremity in competitive male soccer players. *Knee Surgery Sports Traumatology and Arthroscopy*. doi:10.1007/s00167-014-3165-4
- Álvarez-Díaz, P., Alentorn-Geli, D., Ramon, S., Marin, M., Steinbacher, G., Rius, ... Cugat, R. (2014b). Comparison of tensiomyographic neuromuscular characteristics between muscles of the dominant and non-dominant lower extremity in male soccer players. *Knee Surgery Sports Traumatology and Arthroscopy*. doi:10.1007/s00167-014-3298-5
- Ball, K. (2013). Loading and Performance of the support leg in kicking. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(1), 455-459. doi:10.1016/j.jsams.2012.10.008
- Bandeira, F., Muniz, M., Abreu, M., Nohama, P., & Borba, E. (2012). Can thermography aid in the diagnosis of muscle injuries in soccer athletes? *Revista Brasileira do Medicina do Esporte*, 18(4), 246-251. doi:10.1590/S1517-86922012000400006
- Bell, D., Sanfilippo, J., Binkley, N., & Heiderscheit, B. (2014). Lean mass asymmetry influences force and Power asymmetry during jumping in Collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(4), 884-891. doi:10.1519/JSC.0000000000000367
- Bennel, K. Wajswelner, H, Lew, P., Schall-Riaucour, A., Leslie, S., Plant, D., & Cirone, J. (1998). Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *British Journal of Sport Medicine*, 32(1), 309-314. doi:10.1136/bjms.32.4.309
- Benítez Jiménez, A.; Fernández Roldán, K., Montero Doblaz, J. M., & Romacho Castro, J. A. (2013). Fiabilidad de la tensiomiografía (tmg) como herramienta de valoración muscular. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 13(52): 647-656. Recuperat de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=4530624>
- Blache, Y. & Monteil, K. (2012). Contralateral strength imbalance between dominant and non-dominant lower limb in soccer players. *Science and Sport*, 27(3), e1-e8. doi:10.1016/j.scispo.2011.08.002
- Carpes, F., Mota, C., & Faria, I. (2010). On the bilateral asymmetry during running and cycling e A review considering leg preference. *Physical Therapy in Sport*, 11(4), 136-142. doi:10.1016/j.ptsp.2010.06.005
- Chew-Bullock, T., Anderson, D., Hamel, K., Gorelick, M., Wallace, S., & Sidaway, B. (2012). *Human Movement Science*, 31(1), 1615-1623. doi:10.1016/j.humov.2012.07.001

- Croisier J. L., Forthomme, B., Namurois, M. H., Vanderthommen, M., & Crielaard, J. M. (2002). Hamstring Muscle Strain Recurrence and Strength Performance Disorders. *American Journal of Sports Medicine*, 30(2), 199-213.
- Dahmane, R., Valencic, V., Knez, N., & Erzen, I. (2001). Evaluation of the ability to make non-invasive estimation of muscle contractile properties on the basis of the muscle belly response. *Medical and Biologic Engineering Computing*, 38(1), 51-6. doi:10.1007/BF02345266
- Daneshjoo, A., Rahnana, N., Mokhtar, A. H., & Yusof, A. (2013). Bilateral and Unilateral Asymmetries of Isokinetic Strength and Flexibility in Male Young Professional Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 36(1), 45-53. doi:10.2478/hukin-2013-0005.
- Delagi, E., Lazzetti, J., Perotto, A., & Morrison, D. (2011). *Anatomical Guide For The Electromyographer The Limbs and Trunk* (pp. 4-397). Charles C Thomas Publisher LTD, Fifth Ed., Illinois, United States of America.
- Ditroilo, M., Smith, I., Fairweather, M., & Hunter, A. (2013). Long-term stability of tensiomyography measured under different muscle conditions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(1), 558-563. doi:10.1016/j.jelekin.2013.01.014
- Ergun, N., Islegen, C., & Taskiran E. (2004). A cross-sectional analysis of sagittal knee laxity and isokinetic muscle strength in soccer players. *International Journal on Sports Medicine*, 25(8), 594-598. doi:10.1055/s-2004-821116
- Faude, O., Junge, A., Kindermann, W., & Dvorak, J. (2006). Risk factors for injuries in elite female soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 40(9), 785-790. doi:10.1136/bjism.2006.027540
- García-Manso, J. M., Rodríguez-Matoso, D., Rodríguez-Ruiz, D., Sarmiento S, De Saa, Y., & Calderon, J. (2011). Effect of cold-water immersion on skeletal muscle contractile properties in soccer players. *American Journal of Physical and Medical Rehabilitation*, 90(5), 356-363. doi:10.1097/PHM.0b013e31820ff352
- García-Manso, J. M., Rodríguez-Matoso, D., Sarmiento, S., De Saa, Y., Vaamonde, D., Rodríguez-Ruiz, D. & Da Silva-Grigoletto, M. E. (2010). La tensiomiografía como herramienta de evaluación muscular en el deporte. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 3(3), 98-102.
- Hunter, A., Galloway, S., Smith, I., Tallent, J., Ditroilo, M., Fairweather, M., & Howatson, G. (2012). Assessment of eccentric exercise-induced muscle damage of the elbow flexors by tensiomyography. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(3), 334-341. doi:10.1016/j.jelekin.2012.01.009.
- Kokkonen, J., Nelson, A., & Cornwel, A. (1998). Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69(4), 411-415. doi:10.1080/02701367.1998.10607716
- Krizaj, D., Simunic, B., & Zagar, T. (2008). Short-term repeatability of parameters extracted from radial displacement of muscle belly. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 18(4), 645-651. doi:10.1016/j.jelekin.2007.01.008
- Naito, K., Fukui, Y., & Maruyama, T. (2012). Energy redistribution analysis of dynamic mechanisms of multi-body, multi-joint kinetic chain movement during soccer instep kicks. *Human Movement Science*, 31(1), 161-181. doi:10.1016/j.humov.2010.09.006
- Newton, R., Gerber, A., Nimphius, S., Shim, J. Doan, B., Robertson, M., ... Kraemer, W. (2001). Determination of functional strength imbalance of the lower extremities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 971-977.
- Norcross, J., & Van Loan, M. D. (2014). Validation of fan beam dual energy x ray absorptiometry for body composition assessment in adults aged 18-45 years. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 472-476. doi:10.1136/bjism.2003.005413
- Oliveira, A., Barbieri, F., & Goncalves, M. (2013). Flexibility, torque and kick performance in soccer: effect of dominance. *Science & Sport*, 28(3), e65-e68. doi:10.1016/j.scispo.2013.01.004
- Rey, E., Lago-Peñas, C., & Lago-Ballesteros, J. (2012). Tensiomyography of selected lower-limb muscles in professional soccer players. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(6), 866-872. doi:10.1016/j.jelekin.2012.06.003
- Rey, E., Lago-Peñas, C., Lago-Ballesteros J., & Casáis, L. (2012). The effect of recovery strategies on contractile properties using tensiomyography and perceived muscle soreness in professional soccer players. *Journal of Strength Conditioning Research*, 26(11), 3081-3088. doi:10.1519/JSC.0b013e3182470d33
- Rodríguez-Matoso, D., García-Manso, J. M., Sarmiento, S., De Saa, Y., Vaamonde, D.; Rodríguez-Ruiz, D., & Da Silva-Grigoletto, M. (2012). Evaluación de la respuesta muscular como herramienta de control en el campo de la actividad física, la salud y el deporte. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(1), 28-40. doi:10.1016/S1888-7546(12)70006-0
- Rodríguez-Matoso, D., Rodríguez-Ruiz, D., Quiroga, M. E., Sarmiento, S., De Saa, Y., & García-Manso, J. M. (2010). Tensiomiografía, utilidad y metodología en la evaluación muscular. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 10(40), 620-629.
- Rusu, L. D., Cosma, G. G., Cernaianu, S. M., Marin, M. N., Rusu, P. F., Cioc-Nescu, D. P., & Neferu, F. N. (2013). Tensiomyography method used for neuromuscular assessment of muscle training. *Journal of Neuroengineering Rehabilitation*, 10(67), 1-8. doi:10.1186/1743-0003-10-67
- Seeley, M., Umberger, B., Clasey, J. & Shapiro, R. (2010). The relation between mild leg-length inequality and able-bodied gait asymmetry. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 572-579.
- Simunic B. (2003). *Modelling of longitudinal and transversal skeletal muscle belly deformation* (Tesi doctoral, Facultat d'Enginyeria Elèctrica, Universitat de Ljubljana, Ljubljana, Eslovènia).
- Simunic, B., Rozman, S., Pisot, R. (2005). *Detecting the velocity of the muscle contraction*. III International Symposium of New Technologies in Sports. Sarajevo.
- Soderman, K., Alfredson, H., Pietila, T., & Werner, S. (2001). Risk factors for leg injuries in female soccer players: a prospective investigation during one out-door season. *Knee Surgery Sports Traumatology and Arthroscopy*, 9(5), 9313-321. doi:10.1007/s001670100228
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer. An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501-506. doi:10.2165/00007256-200535060-00004
- Tous-Fajardo, J., Moras, G., Rodríguez-Jiménez, S., Usach, R., Moreno, D., & Maffiuletti, N. (2010). Inter-rater reliability of muscle contractile property measurements using non-invasive tensiomyography. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(4), 761-766. doi:10.1016/j.jelekin.2010.02.008
- Valencic, V., & Djodjevic, S. (2001). Influence of acute physical exercise on twitch response elicited by stimulation of skeletal muscles in man. *Biomechanical Engineering*, 2, 1-4.
- Valencic, V., & Knez, N. (1997). Measuring of skeletal muscle's dynamic properties. *Artif Organs*, 21(3), 240,242. doi:10.1111/j.1525-1594.1997.tb04658.x
- Valencic, V., Knez, N., & Simunic, B. (2001). Tensiomiography: detection of skeletal muscle response by means of radial muscle belly displacement. *Biomechanical Engineering*, 1, 1-10.
- Wyatt, M., & Edwards, A. (1981). Comparison of Quadriceps and Hamstring Torque Values during Isokinetic Exercise. *The Journal Of Orthopaedic And Sports Physical Therapy*, 3(2): 48-59. doi:10.2519/jospt.1981.3.2.48