

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ARTICLE ESPECIAL

Respostes fisiològiques i neuromusculars d'esprints repetits amb canvi de direcció i en línia recta

Juliano dal Pupo^{a,*}, Daniele Detanico^a, Lorival J. Carminatti^{a,b} i Saray G. Santos^a

^a Biomechanics Laboratory, Sports Center, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

^b Human Performance Research Laboratory, State University of Santa Catarina-SC, Florianópolis, Brasil

Rebut el 16 d'agost de 2012; acceptat el 27 de novembre de 2012.

PARAULES CLAU

Capacitat d'esprints repetits;
Equip esportiu;
Força muscular;
Lactat en sang

KEYWORDS

Repeated sprint ability;
Team sports;
Muscle power;
Blood lactate

Resum

Introducció. L'objectiu d'aquest estudi fou comparar i analitzar el rendiment dels esprints repetits amb canvis de direcció (ER_{CD}) i en línia recta (ER_{LR}), i comparar les respostes fisiològiques i neuromusculars obtingudes post ER_{CD} i post ER_{LR}.

Material i mètodes: Van prendre part a l'estudi 14 jugadors de futbol sala que realitzaren esprints de 25 m amb canvis de direcció i en línia recta. S'avaluà el rendiment dels esprints (mitjana de temps, millor temps i índex de fatiga) i el *countermovement jump* (CMJ) abans i després de les 2 proves, a més de les concentracions de lactat en sang (LAC_{PIC}) després dels esprints.

Resultats: La mitjana de temps (MT) i temps millor (TM) foren més baixos en els ER_{LR} ($p < 0,01$), però l'índex de fatiga fou més baix en els ER_{CD} ($p = 0,02$). S'observaren correlacions significatives entre MT_{LR} i MT_{CD} ($r = 0,79$), així com entre TM_{LR} i TM_{CD} ($r = 0,69$). Es trobaren diferències significatives en rendiment del CMJ entre els valors inicials i els post ER_{LR} ($p = 0,01$) així com entre els valors inicials i post ER_{CD} ($p = 0,02$). No es trobaren diferències significatives entre el rendiment del CMJ ($p = 0,08$) i LAC_{PIC} ($p = 0,09$) i post ER_{LR} i post ER_{CD}.

Conclusions: Tot i les diferències entre TM i MT en les dues proves d'esprints repetits, l'MT presentà gran correlació en ambdós tests, fet que suggerí que la capacitat d'esprints repetits és una qualitat general i no depèn dels canvis de direcció. A més, la demanda glucolítica i la neuromuscular no diferiren massa en les dues proves d'esprints.

© 2012 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicat per Elsevier España, S.L. Tots els drets reservats.

Physiological and neuromuscular responses in the shuttle and straight line-repeated sprint running

Abstract

Introduction: The aim of the present study was to compare and analyze the performance in the shuttle (RSS) and straight line (RSL) repeated sprint running and to compare the physiological and neuromuscular responses obtained post-RSL and post-RSS.

*Autor per a correspondència.

Correu electrònic: dalpupo@gmail.com (J. dal Pupo).

Material and methods: Fourteen male futsal players performed 25 m sprints in a straight line and with a change of direction. The sprint performances (mean time, best time and fatigue index), countermovement jump (CMJ) performance were evaluated before and after both tests, as well as measuring blood lactate concentrations (LAC_{PEAK}) after the sprints.

Results: The mean time (MT) and best time (BT) were lower in the RSL ($P < .01$), while the fatigue index was lower in the RSS ($P = .02$). Significant correlations were found between MT_{RSL} and MT_{RSS} ($r = .79$), as well as between BT_{RSL} and BT_{RSS} ($r = .69$). Significant differences in CMJ performance were recorded between baseline and post-RSL ($P = .01$), as well as between baseline and post-RSS ($P = .02$). No significant differences were found between CMJ performance ($P = .08$) and LAC_{PEAK} ($P = .09$) and post-RSL and post-RSS.

Conclusions: It was concluded that, despite the differences in BT and MT in the two models of repeated sprints, the MT in both tests correlated well, suggesting that repeated sprint ability is a general quality and independent of changing direction. Moreover, both the glycolytic and neuromuscular demand did not differ between the two sprints models.

© 2012 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducció

El futbol sala és un esport intermitent i acíclic, en què es realitzen diferents tipus d'accions que requereixen la contribució de diferents sistemes d'energia¹⁻³. Tenint en compte la durada total de l'esforç, el metabolisme predominant durant un partit de futbol sala és l'aeròbic; tanmateix, en accions decisives, quan cal realitzar esforços breus i intensos la font principal de subministrament d'energia és el metabolisme anaeròbic^{1,4}.

L'anàlisi del temps i els desplaçaments en els esports d'equip ha revelat que els moments decisius d'un partit solen anar precedits d'esprints curts d'alta intensitat el recorregut dels quals va dels 10 als 30 m i la durada oscil·la entre 2 i 4 s⁴. A més, un estudi recent ha demostrat que els jugadors professionals de futbol sala, durant un partit real, passaven entre un 5 i un 12% del temps del partit fent esprints i carreres d'intensitat elevada (velocitat $> 5 \text{ km h}^{-1}$)¹. La capacitat de repetir aquests esprints d'alta intensitat i curta durada després de períodes breus de recuperació es denomina capacitat d'esprints repetits (CER)⁵, i ha estat considerada un dels components principals del condicionament físic en els esports d'equip^{4,6}.

Amb l'objectiu d'avaluar la demanda fisiològica de la CER, s'han proposat diverses proves. En futbol sala és possible trobar proves que mesurin la distància de l'esprint, el nombre de repeticions, la durada de l'interval entre esprints i la característica de recuperació (activa o passiva). A més, la capacitat de canviar de direcció s'ha considerat també un requisit important per al rendiment en els esports d'equip^{7,8}. En aquest sentit, s'han introduït canvis de direcció en algunes proves de CER i durant les sessions d'entrenament d'esprints repetits⁹⁻¹².

Tot i que presenten una major especificitat en les accions del partit, les proves de CER amb canvis de direcció han estat qüestionades perquè requereixen una demanda neuromuscular elevada¹⁰, cosa que podria ser un factor limitador o conflictiu a l'hora d'avaluar la capacitat anaeròbica. Tal com assenyalen Brughelli et al.⁷ i Young et al.¹³, ja que cada canvi de direcció requereix una força de frenada seguida d'una força de propulsió, els nivells de força muscular poden determinar la prova de rendiment. A més, les dades obtingudes en les proves de camp suggereixen que,

en introduir canvis de direcció, sembla que les concentracions de lactat s'incrementen després de l'exercici, la qual cosa indica un increment del metabolisme glucolític¹⁴. Per això, alguns investigadors han qüestionat que la velocitat de l'esprint en línia recta i la capacitat de canviar de direcció puguin representar qualitats físiques diferents^{7,10,15}.

Tot i que existeixen diversos models de proves de CER validades, no hi ha proves concloents que indiquin si existeixen diferències en les respostes metabòliques i sobretot neuromusculars dels models d'ER en línia recta i amb canvi de direcció que es realitzen en el futbol sala. A més, és important subratllar si les respostes d'esprints aïllats s'apliquen també a CER. Basant-nos en aquests supòsits, els objectius d'aquest estudi foren els següents: (i) comparar i relacionar el rendiment en els esprints repetits amb canvi de direcció (ER_{CD}) i en línia recta (ER_{LR}), i (ii) comparar les respostes fisiològiques (concentració de lactat en sang) i neuromusculars (força muscular de les extremitats inferiors) obtingudes post- ER_{CD} i post- ER_{LR} .

Material i mètodes

Disseny

Aquest estudi es classifica com a descriptiu, atès que s'analitzaren les respostes fisiològiques i neuromusculars del test de CER amb canvi de direcció i es comparà amb el test tradicional de CER en línia recta. D'altra banda, en aquest estudi s'intentà verificar si els esprints en línia recta i amb canvi de direcció poden representar qualitats físiques similars o diferents mitjançant la correlació amb les variables de rendiment (millor temps i mitjana de temps) entre el test de CER.

Participants

Van formar part de l'estudi 14 jugadors de futbol sala de nivell regional i de categoria sub17 (alçada: $1,70 \pm 0,06 \text{ m}$; massa corporal: $63,34 \pm 7,73 \text{ kg}$) de l'equip Florianópolis de Brasil. La grandària de la mostra, amb una probabilitat d'error α igual a 0,05 i donada la magnitud de l'efecte, presenta una força mitjana de 0,98 en l'anàlisi de correlació i de 0,84 en l'anàlisi comparativa.

Els subjectes assistiren a sessions regulars d'entrenament de futbol sala (entrenament físic + tècnic/tàctic) quatre dies per setmana. La selecció dels subjectes fou intencionada, no probabilística, i es tingueren en compte els criteris següents: no havien de tenir cap trastorn musculoesquelètic ni cap lesió, i havien de presentar un certificat mèdic que acredités que gaudien de bona salut i podien participar a la prova. Després d'una explicació breu però detallada dels objectius, els beneficis i els riscos que implicava aquesta investigació, es rebé el consentiment informat per escrit de tots els participants i tutors legals dels jugadors menors d'edat. D'acord amb la declaració d'Hèlsinki, el comitè ètic de la universitat local aprovà tots els procediments. S'indicà als participants que eren lliures d'abandonar l'estudi en qualsevol moment.

Procediments

En dues ocasions diferents (separades per 48 h), els participants realitzaren, per ordre aleatori, dues proves de dos esprints màxims repetits de 25 m, en línia recta o amb canvi de direcció (180°). S'avaluà la força muscular de les extremitats inferiors a través del rendiment del salt amb contramoviment (CMJ), abans i després d'ambdós tests d'esprints repetits (ER), i també es mesuraren les concentracions de lactat en sang després de l'ER. Abans de les proves, els subjectes es familiaritzaren amb els procediments del test i realitzaren un escalfament, que consistí en 5 min de carrera de baixa intensitat (fúting) seguits de 5 esprints progressius (~ 25 m). Totes les proves es dugueren a terme en una pista de futbol sala amb una temperatura ambient que fluctuava entre 24 i 26 °C. Els esportistes van ser avaluats durant la temporada habitual de competició i van rebre instruccions d'abstenir-se de realitzar entrenaments d'alta intensitat durant el període de recollida de dades.

Avaluació de la capacitat d'esprint repetit

Els esportistes van realitzar el protocol de CER descrit per Buchheit et al.¹⁰, que consistia en 2 sèries de 6 esprints repetits màxims de 25 m: (i) esprint repetit en línia recta ($ER_{LR} - 6 \times 25 \text{ m}$); (ii) esprint repetit amb canvi de direcció ($ER_{CD} - 6 \times [2 \times 12,5 \text{ m}]$) de 180°. Entre cada esprint hi havia una recuperació activa de 10 s, i 5 s abans de començar cada esprint es demanava als subjectes que es preparessin i estiguessin atents al senyal d'inici. Els participants reberen instruccions d'acabar tots els esprints tan ràpid com els fos possible i durant tots els esprints se'ls animava verbalment. La seqüència dels tests (1r dia × 2n dia) fou aleatòria.

Es van utilitzar dues fotocèl·lules electròniques (Speed Test 4.0 - CEFISE, Brasil) per registrar els temps dels esprints, col·locades a 25 m de distància la una de l'altra en l' ER_{LR} i a 12,5 m en l' ER_{CD} . A partir dels tests de CER es van obtenir les variables següents: temps millor (TM), mitjana de temps (MT) i índex de fatiga (IF), calculades d'acord amb l'equació: $IF = [(\Sigma \times / 6 \times BT) - 1] \times 100^{16}$.

Avaluació de la força muscular de les extremitats inferiors

Per mesurar la força muscular de les extremitats inferiors, els esportistes van realitzar tres CMJ en una plataforma de forces piezoelèctrica (QUATTRO JUMP, model 9290AD, Winterthur, Suïssa) a una freqüència de 500 Hz. A partir de la força vertical

de reacció del sòl mesurada per la plataforma, s'obtingué l'altura del salt (considerada el millor indicador de la força muscular de les extremitats inferiors)¹⁷ mitjançant el mètode de la doble integració. Es seleccionà la mitjana de l'alçada dels tres salts per a ser usada en les anàlisis. Per tal de verificar l'efecte dels esprints repetits en els nivells de força muscular, es realitzà el CMJ en tres moments: el primer dia s'establiren els valors de referència abans del test seleccionat aleatòriament (ER_{LR} o ER_{CD}) i 1 min després del test d'esprint seleccionat i, el segon dia, 1 min després del test d'esprint (ER_{LR} o ER_{CD}).

Mesurament de les concentracions de lactat en sang

Per calcular l'aportació de la via glucolítica en els tests de capacitat d'esprint repetit (ER_{LR} i ER_{CD}), es prengué una mostra de 25 µl de sang del lòbul de l'orella amb un tub capil·lar heparinitzat en els minuts 3, 5, 7, 9 i 11 del període de recuperació per mesurar el lactat en sang. Les mostres de sang es van guardar en tubs segellats de polietilè d'1,0 ml amb 50 µl de solució (fluorur de sodi, 1%) i s'analitzaren posteriorment amb un analitzador electroquímic YSI 2700 del model Stat Select (YSI Incorporate, Yellow Springs, EUA). Els equips es van calibrar abans de cada mesurament d'acord amb les instruccions del fabricant. S'analitzà la concentració màxima de lactat en sang (LAC_{pic}) durant el període de recuperació.

Anàlisi estadística

La distribució de cada variable s'examinà amb el test de normalitat de Shapiro-Wilk, mentre que l'homogeneïtat de la variància es verificà amb la prova de Levene. Les dades descriptives es presentaren com a mitjanes i desviació estàndard. Per comparar la força muscular de les extremitats inferiors dels valors de referència s'utilitzà l'anàlisi de variància de mesures repetides i la prova post hoc de Bonferroni, post- ER_{LR} i post- ER_{CD} . A més, s'utilitzà la prova *t* per a dades aparellades per comparar la LAC_{pic} post- ER_{LR} i post- ER_{CD} . S'emprà la correlació lineal de Pearson per determinar la relació individual entre les variables de rendiment (mitjana de temps i temps millor) en ER_{LR} i ER_{CD} . Per interpretar la magnitud de la correlació, s'adoptà el criteri següent: < 0,1, trivial; > 0,1-0,3, petita; > 0,3-0,5, moderada; > 0,5-0,7, gran; > 0,7-0,9, molt gran, i > 0,9-1,0, gairebé perfecta¹⁸. El nivell de significació adoptat s'establí en $p < 0,05$.

Resultats

A la taula 1 es presenten les variables de rendiment d' ER_{LR} i ER_{CD} . Els esportistes presentaren una menor mitjana de temps (MT) i un temps millor (TM) en ER_{LR} ; no obstant això, l'índex de fatiga fou inferior en l' ER_{CD} .

La figura 1 i la figura 2 mostren les correlacions de la MT i el TM, respectivament, entre dos models d'ER. S'observaren correlacions significatives entre $MT_{ER_{LR}}$ i $MT_{ER_{CD}}$ ($r = 0,79$; $p < 0,01$), així com entre $TM_{ER_{LR}}$ i $TM_{ER_{CD}}$ ($r = 0,69$; $p = 0,01$). La magnitud de la primera correlació es classificà com a «molt gran» i la segona correlació, com a «gran».

La taula 2 presenta la comparació del rendiment del CMJ en tres moments: inicial, 1 min post ER_{LR} i 1 min post ER_{CD} .

Taula 1 Variables de rendiment (mitjana de temps, temps millor, índex de fatiga) registrats en les proves de capacitat d'esprint repetit en línia recta (ERLR) i amb canvi de direcció (ERCD)

	ERLR	ERCD	p
Mitjana de temps (s)	3,98 ± 0,20	5,34 ± 0,23	< 0,01
Temps millor (s)	3,80 ± 0,18	5,17 ± 0,23	< 0,01
Índex de fatiga (%)	4,67 ± 1,95	3,24 ± 1,38	0,02

ERCD, esprint repetit amb canvi de direcció; ERLR, esprint repetit en línia recta.

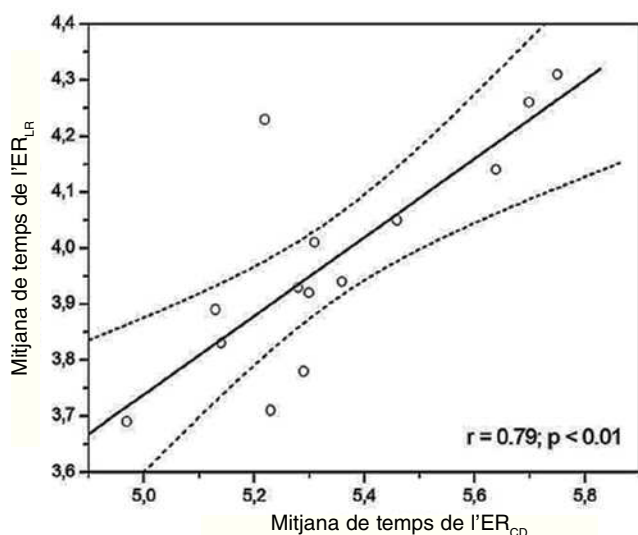


Figura 1 Relació entre la mitjana registrada d'esprints durant el test de capacitat d'esprint repetit en línia recta (ERLR) i amb canvi de direcció (ERCD).

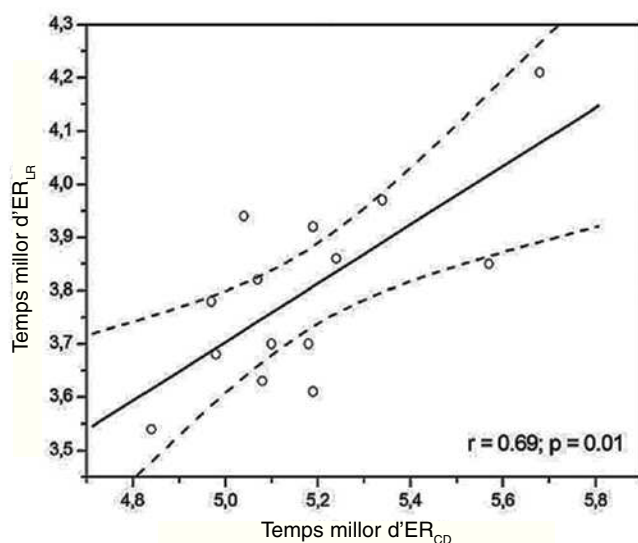


Figura 2 Relació entre els millors temps d'esprint registrats durant el test de capacitat d'esprint repetit en línia recta (ERLR) i amb canvi de direcció (ERCD).

S'observaren diferències significatives entre les dades inicials i post ER_{LR} ($p = 0,01$) així com entre les dades inicials i post ER_{CD} ($p = 0,02$). No es trobaren diferències significatives del rendiment del CMJ entre post ER_{LR} i post ER_{CD} ($p = 0,08$). Les concentracions de lactat en sang després de l'exercici també es presenten a la taula 2. No s'observaren diferències significatives ($p = 0,09$) en la LAC_{PIC} durant el període de recuperació posterior a ER_{LR} i ER_{CD}.

Discussió

En aquest estudi s'han investigat les diferències de rendiment i les respostes neuromusculars i metabòliques dels jugadors de futbol sala en el test d'ER en línia recta i amb canvi de direcció de 180°. Tal com esperàvem, la mitjana de temps i el temps millor foren més alts en l'ER amb canvi de direcció. Aquest temps superior (25,46% de l'MT i 26,49% del TM) fou similar al que observaren Buchheit et al.¹⁰ i té a veure amb la desacceleració, la frenada i la reacceleració realitzades durant els esprints amb canvi de direcció^{7,13,15}.

L'anàlisi de correlació entre les variables de rendiment de l'ER tingué per objectiu verificar si el TM i l'MT de l'ER_{LR} serien vàlids per avaluar aquestes mateixes variables en l'ER_{CD} o viceversa. En relació amb l'MT, considerat un indicador de la capacitat anaeròbica, la correlació «molt gran» entre els dos models de l'ER suggereix que aquesta capacitat física s'avalua aparentment igual en ambdues proves d'ER, independentment del canvi de direcció. Les correlacions superiors a 0,71 (és a dir, $r^2 > 0,5$) permeten afirmar que l'MT es considera una «qualitat general» perquè a aquest nivell la variació comuna és superior al 50%. Quant al TM, la correlació entre les proves d'ER, tot i ser significativa, fou de menor magnitud (gran) i inferior a 0,71 (és a dir, variació comuna < 50%) i, per tant, es considera una «qualitat específica»¹⁰. Això significa que sovint els esportistes avaluats en l'ER_{LR} podrien no presentar un rendiment similar (per al temps millor) quan se'ls mesura l'ER_{CD}, la qual cosa significa que altres components com la coordinació, l'equilibri i la força muscular estan relacionats amb el TM de l'ER_{CD}^{7,13,15}. D'altra banda, Glaister et al.¹⁹ van trobar grans correlacions tant de l'MT ($r = 0,83$) com del TM ($r = 0,83$) entre els esprints en línia recta i els esprints amb canvi de direcció, la qual cosa reflecteix una gran similitud de les demandes neuromuscular i metabòlica en tots dos models d'esprint. Tanmateix, aquesta qüestió requereix ser més estudiada per obtenir resultats més concloents.

L'índex de fatiga fou menor durant el protocol amb canvi de direcció i induí un increment del 3,24 ± 1,38% del temps en comparació del 4,67 ± 1,95% obtingut en l'ER_{LR}. Malgrat el menor temps d'exposició a l'exercici, la major velocitat aconseguida en l'ER_{LR} pot explicar la major fatiga generada, tal com demostrà també l'estudi de Buchheit et al.¹⁰. La disminució del rendiment al final de l'ER sembla inevitable perquè existeix un increment de la fatiga. S'han suggerit diverses causes de la fatiga durant el treball d'esprint múltiple, com una falta de fosfocreatina^{20,21} i altres mecanismes i processos metabòlics que poden afectar al sistema nerviós central i als músculs²². És sabut que l'acumulació de subproductes metabòlics procedents de la via glucolítica com el lactat en sang pot reduir la capacitat contràctil del

Taula 2 Comparació del CMJ i concentració màxima de lactat en sang entre les dades inicials i després de les proves de capacitat d'esprint repetit en línia recta (ERLR) i amb canvi de direcció (ERCD).

	Inici	Post ERLR	Post ERCD
CMJ (cm)	43,52 ± 1,48 ^a	41,68 ± 1,25 ^b	40,37 ± 1,28 ^b
LAC _{PIC} (mmol L ⁻¹)	-	11,15 ± 2,4 ^a	12,23 ± 3,32 ^a

ERCD, esprints repetits amb canvi de direcció; ERLR, esprints repetits en línia recta.
Les diferents lletres (a, b) mostren diferències significatives (comparació en línies).

múscul esquelètic i la capacitat de generació de força²³, la qual cosa afecta al rendiment. En aquest sentit, Gaitanos et al.²⁴ afirmaren que el LAC_{PIC} s'associaria positivament amb l'IF i, per tant, es podrien esperar els valors màxims del LAC_{PIC} al final de l'ER_{LR}, moment en el qual es registrava l'IF més elevat. No obstant això, caldran més estudis per explicar la relació entre fatiga i producció de lactat.

En aquest estudi es calculà la resposta metabòlica glucolítica en l'ER mitjançant la concentració de lactat en sang mesurada després de l'exercici, una tècnica utilitzada habitualment amb aquest objectiu²⁵. Els valors obtinguts en l'ER_{CD} (12,23 ± 3,32 mmol L⁻¹) no diferien dels de l'ER_{LR} (11,15 ± 2,4 mmol L⁻¹). Aquests resultats foren similars als obtinguts per Buchheit et al.¹⁰ en els mateixos models d'ER, la qual cosa indica que el canvi de direcció no incrementa l'aportació glucolítica durant el test. D'altra banda, Dellal et al.²⁶ observaren majors concentracions de lactat en sang després dels esprints amb un canvi de direcció de 180° en comparació amb els esprints en línia recta, la qual cosa suggereix una major demanda metabòlica en el primer model. Segons els autors, aquest aspecte pot explicar-se pel reclutament d'accions musculars addicionals en el canvi de direcció durant els esprints. No obstant això, una limitació de l'estudi de Dellal et al.²⁶ fou que la presa de mostres de sang es realitzà només en el minut 3 posterior a l'exercici, que podia o no coincidir amb la concentració màxima de lactat durant el període de recuperació. En el nostre estudi, la concentració màxima de lactat es produí, de mitjana, en el minut 7 de la recuperació, tant després de l'ER_{LR} com de l'ER_{CD}.

Per tal d'avaluar la resposta neuromuscular en els esprints repetits amb canvi de direcció i en línia recta, es comparà el rendiment del CMJ en dues situacions: (i) a l'inici enfront de post ER, i (ii) post ER_{LR} enfront de post ER_{CD}. Els esportistes presentaren com un efecte agut de l'exercici intermitent en el rendiment en el CMJ després dels 2 models ER comparats amb els valors inicials. Aquesta disminució de la força muscular pot considerar-se un signe de fatiga. També s'ha associat a diversos factors que malmeten el mecanisme contràctil de les fibres musculo-esquelètiques^{21,22} i, per tant, a la producció de força muscular.

En un estudi semblant²⁷ s'analitzà el rendiment del CMJ dels jugadors professionals de futbol abans i després d'un protocol d'esprints repetits en línia recta. A diferència dels resultats obtinguts en aquest estudi, la força muscular no disminuï després dels esprints repetits. Els autors indicaren que aquest manteniment fou possible probablement gràcies a la tolerància a la fatiga i a la capacitat amortidora de l'acidosi metabòlica, causada pel desequilibri entre la

producció i el consum d'ions d'H⁺ com a conseqüència de l'exercici²⁸. L'eficiència d'aquest mecanisme es considera un atribut important de la CER⁶. Tot i amb això, potser aquest mecanisme no està ben desenvolupat en els esportistes joves d'aquest estudi, perquè encara es troben en un període de desenvolupament d'algunes qualitats físiques com la capacitat anaeròbica, la qual cosa pot explicar els nostres resultats.

Segons els resultats d'aquest estudi, no hi hagué diferència entre el rendiment del CMJ obtingut 1 min post ER_{LR} i l'ER_{CD}, la qual cosa indica que els efectes aguts (disminució de la força muscular) derivats del canvi de direcció no diferien del model tradicional en línia recta. Tal com esmentaren Brughelli et al.⁷, donat que cada canvi de direcció requereix una força de frenada seguida d'una força de propulsió (desacceleració i acceleració), es produirà un increment de la intensitat de l'exercici en l'ER_{CD}, la qual cosa implica una demanda metabòlica i neuromuscular superiors a la de l'ER_{LR}. Basant-nos en aquests aspectes, podíem plantejar la hipòtesi que en aquest estudi el rendiment del CMJ podia disminuir molt més després de l'ER_{CD}. D'altra banda, en els esprints en línia recta, a causa d'aspectes biomecànics, com la major longitud de la gambada i el millor ús del cicle d'estirament-escurçament²⁹, es desenvolupa una major velocitat de carrera, que requereix també accions musculars elevades.

Calen més estudis per controlar l'activitat electromiogràfica amb l'objectiu d'analitzar el reclutament muscular durant els esprints repetits per tal de poder obtenir resultats més conclouents sobre aspectes neuromusculars.

Conclusions

Concloem que, malgrat les diferències en les variables del rendiment (temps millor i mitjana de temps) en els dos models d'esprints repetits (amb o sense canvi de direcció), la mitjana de temps en ambdues proves estigué molt correlacionada, la qual cosa suggereix que la capacitat d'esprint repetit és una qualitat general i independent del canvi de direcció. A més, a partir dels nostres resultats és possible concloure que la demanda glucolítica i neuromuscular no diferia entre els dos models d'esprints realitzats pels jugadors de futbol sala.

Aquesta informació pot ajudar als entrenadors de futbol sala a dissenyar programes d'exercicis intermitents d'entrenament que indueixin respostes d'entrenament diferents utilitzant una forma clàssica (en línia recta) o específica (amb canvi de direcció) d'exercici intermitent.

Agraïments

Els autors agraeixen tots els esportistes del FUCAS la seva col·laboració, al grup del Laboratori de Biomecànica (LABIOMECA-UFSC) i al grup del Laboratori d'Esforç Físic (LAEF-UFSC) pel seu suport.

Els resultats d'aquest estudi no constitueixen una aprovació del producte per part dels autors o de la revista.

Bibliografia

- Barbero-Alvarez JC, Soto VM, Barbero-Alvarez V, Granda-Vera J. Match analysis and heart rate of Futsal players during competition. *J Sports Sci*. 2008;26:63-73.
- Castagna C, D'Ottavio S, Vera JG, Alvarez JC. Match demands of professional Futsal: A case study. *J Sci Med Sport*. 2009;12:490-4.
- Rebello AN, Oliveira J. Association between speed, agility and muscular power of pro soccer players. *Port J Sports Sci*. 2006;6:342-8.
- Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sport Med*. 2005;35:1025-44.
- Impellizzeri FM, Rampinini E, Marcora SM. Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci*. 2005;23:583-92.
- Bishop D, Edge J, Goodman C. Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *Eur J Appl Physiol*. 2004;92:540-7.
- Brughelli M, Cronin J, Levin G, Chaouachi A. Understanding change of direction ability in sport: A review of resistance training studies. *Sports Med*. 2008;38:1045-63.
- Castagna C, Barbero-Alvarez JC. Physiological demands of an intermittent futsal-oriented high-intensity test. *J Strength Cond Res*. 2010;24:2322-9.
- Bravo DF, Impellizzeri FM, Rampinini E, Castagna C, Bishop D, Wisloff U. Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med*. 2008;29:668-74.
- Buchheit M, Bishop D, Haydar B, Nakamura FY, Ahmaidi S. Physiological responses to shuttle repeated-sprint running. *Int J Sports Med*. 2010;31:402-9.
- Buchheit M, Mendez-Villanueva A, Delhomel G, Brughelli M, Ahmaidi S. Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: Repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res*. 2010;24:2715-22.
- Impellizzeri FM, Rampinini E, Castagna C, Bishop D, Bravo D, Tibaudi A, et al. Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sports Med*. 2008;29:899-905.
- Young WB, James R, Montgomery L. Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J Sports Med Phys Fitness*. 2002;43:282-8.
- Ahmaidi S, Collomp K, Prefaut C. The effect of shuttle test protocol and the resulting lactacidaemia on maximal velocity and maximal oxygen uptake during the shuttle exercise test. *Eur J Appl Physiol*. 1992;65:475-9.
- Chaouachi A, Vincenzo M, Chaalali A, Wong DP, Chamari C, Castagna C. Determinants analysis of change of direction ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*. 2012;26:2667-76.
- Fitzsimmons M, Dawson B, Ward D, Wilkinson A. Cycling and running tests of repeated sprint ability. *Aust J Sci Med Sport*. 1993;25:82-7.
- Knudson DV. Correcting the use of the term "power" in the strength and conditioning literature. *J Strength Cond Res*. 2009;23:1902-8.
- Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:3-13.
- Glaister M, Hauck H, Abraham CS, Merry KL, Beaver D, Woods B, et al. Familiarization, reliability, and comparability of a 40-m maximal shuttle run test. *J Sports Sci Med*. 2009;8:77-82.
- Bogdanis GC, Nevill ME, Boobis IH. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *J Appl Physiol*. 1996;80:876-84.
- Glaister M. Multiple sprint work: Physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*. 2005;35:757-77.
- Leppik JA, Aughey RJ, Medved I, Fairweather I, Carey MF, McKenna MJ. Prolonged exercise to fatigue in humans impairs skeletal muscle Na⁺ K⁺ ATPase activity, sarcoplasmic reticulum Ca²⁺ release, and Ca²⁺ uptake. *J Appl Physiol*. 2004;97:1414-23.
- Fitts RH. Cellular mechanisms of fatigue muscle. *Physiol Rev*. 1994;74:49-94.
- Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, Brooks S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol*. 1993;75:712-9.
- Di Prampero PE, Ferretti G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: A reappraisal of older and recent concepts. *Respir Physiol*. 1999;1:10-5.
- Dellal A, Keller D, Carling C, Chaouachi A, Wong DP, Chamari K. Physiologic effects of directional changes in intermittent exercise in soccer players. *J Strength Cond Res*. 2010;24:3219-26.
- Dal Pupo J, Almeida CMP, Detanico D, Silva JF, Guglielmo LGA, Santos SG. Muscle power and repeated sprint ability in soccer players. *Braz J Kinesiol Hum Perform*. 2010;12:255-61.
- Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2004;287:502-16.
- Smirniotou A, Katsikas C, Paradisi G, Argeitaki P, Zacharogianis E, Tziortzis S. Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. *J Sports Med Phys Fit*. 2008;48:447-54.