

TREBALL ORIGINAL

Efectes de la rehidratació en la condició física i tècnica de jugadors de futbol semiprofessionals

Antonella Cariolo^a, Juan del Coso^a, Francisco Manuel Argudo^{b,*},
Pablo José Borges-Hernández^b

^a Laboratorio de Fisiología del Ejercicio, Facultad de Educación y Salud, Universidad Camilo José Cela, Villanueva de la Cañada, Madrid, Espanya

^b Departamento de Educación Física, Deporte y Motricidad Humana, Facultad de Formación del Profesorado y Educación, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, Espanya

Rebut el 29 de juny de 2018; acceptat el 12 de setembre de 2018

PARAULES CLAU

Taxa de sudoració;
Salt vertical;
Penal

KEYWORDS

Sweating rate;
Vertical jump;
Penalty

Resum

Aquest estudi té com a objectiu determinar l'efecte de la rehidratació en la condició física i la tècnica de 12 jugadors de futbol semiprofessionals ($21,14 \pm 1,69$ anys) que es van sotmetre a un entrenament regular de futbol (129 ± 7 min). Els participants van ingerir aigua *ad libitum*, o es van hidratar d'acord amb les recomanacions estandarditzades. A cada sessió es mesurà la temperatura, l'altura màxima del salt vertical i la precisió en 4 llançaments de penal, amb estímul visual i auditiu, abans i després de les sessions d'entrenament. La deshidratació aconseguida i la taxa de sudoració foren més grans quan els jugadors bevien lliurement a voluntat, contra una rehidratació recomanada ($1,3 \pm 0,8\%$ vs. $0,5 \pm 0,6\%$; $p = 0,01$) ($730,3 \pm 275,6$ vs. $516,9 \pm 111,2$ ml/h, $p = 0,02$). En la temperatura timpànica d'un sol moviment, a la sessió en què es programà la hidratació ($p = 0,06$ vs. $p < 0,01$) hi hagué interacció entre el tractament i el temps ($p = 0,01$). Després de l'entrenament, l'altura del salt fou major que a l'inici ($p < 0,01$) i també més alt que la del grup *ad libitum* ($p = 0,04$). En el cas dels xuts, hi hagué una diferència significativa en la relació temporal del tractament ($p = 0,01$), cosa que indica que la hidratació fou efectiva per reduir el nombre d'errors. Aquestes dades indiquen que una deshidratació moderada podria afectar la força muscular de la cama i reduir la precisió motora durant un llançament simulat de penal en el futbol. © 2018 FUTBOL CLUB BARCELONA. Publicat per Elsevier España, S.L.U. Tots els drets reservats.

Effects of rehydration on the physical and technical condition in soccer players

Abstract

This study aimed to determine the effect of rehydration on the physical condition and technique of twelve semi-professional soccer players (21.14 ± 1.69 years) underwent re-

* Autor per a la correspondència.

Correu electrònic: quico.argudo@uam.es (F.M. Argudo).

gular soccer training (129 ± 7 min). On one occasion, participants ingest water ad libitum or were hydrated according to standardized recommendations. In each session, temperature, three maximum vertical jump height and accuracy were measured in a four penalty kick with auditory and visual stimulus, before and after the training sessions. The dehydration achieved and the rate of sweating was greater when the players drank freely at will against a recommended rehydration ($1.3 \pm 0.8\%$ vs. $0.5 \pm 0.6\%$, $P = .01$) (730.3 ± 275.6 vs. 516.9 ± 111.2 mL/h, $P = .02$). The tympanic temperature of a single movement in the session where the hydration scheduled ($P = .06$ vs. $P < .01$), in this case and there was interaction between the treatment and the time ($P < .01$). Jump height after training was higher than the initial ($P < .01$) and also higher than ad libitum group ($P = .04$). In the case of shots there was a significant difference in the time relationship of the treatment ($P = .01$), indicating that hydration was effective to reduce the number of errors. These data indicate that moderate dehydration could affect muscle strength of the leg and reduce motor accuracy during a simulated football penalty kick.

© 2018 FUTBOL CLUB BARCELONA. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducció

En els esports d'equip, la competició i l'entrenament poden produir una pèrdua significativa de fluids i un consum significatiu de glicogen muscular, com a conseqüència de la despesa energètica i la producció consegüent de calor metabòlic. A la majoria d'esports d'equip, en el camp, es pot observar una mitjana de transpiració de 800-1.000 ml/h, però les pèrdues que arriben al 150-200% d'aquests índexs també es poden produir en condicions climàtiques humides, en temperatura elevada o en determinats jugadors¹⁻⁵. Les ingestes de líquids que s'inclouen en les investigacions oscil·len entre 200 i 1.400 ml/h i poden arribar del 10%⁶ fins a gairebé el 90% de les pèrdues per suor⁷. En general, els estudis reporten els dèficits acumulats durant un partit de futbol, que van de l'1,5 al 2% de la massa corporal; alguns jugadors podrien fins i tot superar aquests nivells (és a dir, 4-5%), mentre que altres jugadors poden mantenir un estat d'hidratació millor. Tot i que el nivell mitjà de dèficit de fluid acumulat durant una sessió sembla moderat (< 2% de la massa corporal), les dades indiquen que els jugadors comencen a entrenar o competir amb un cert nivell de deshidratació^{2,8,9}. En aquestes circumstàncies és probable que fins i tot un dèficit, de lleuger a moderat, produït durant el partit pugui afectar el rendiment.

Tot i que les oportunitats de beure líquids no són limitades, molts jugadors d'esports d'equip no consumeixen la quantitat de líquids necessària per equiparar la pèrdua de suor^{1,3-5,8,9}. Les opcions i la disponibilitat de líquids tenen un paper important. En el cas dels futbolistes, solen perdre 2-2,5 kg de massa corporal quan juguen en un ambient calent (és a dir, > 30 °C)^{1,6} a causa de la limitada oportunitat d'ingesta de líquids durant un partit de futbol, al descans, a la mitja part i a les interrupcions del joc¹⁰. A més, s'assenyalà que els futbolistes bevien menys durant una sessió quan el líquid estava a temperatura ambient que quan la temperatura del líquid era freda². La temperatura ambient influeix en la ingesta de líquids independentment de les necessitats reals de beure. Es va comparar l'equilibri de líquids durant l'entrenament en el mateix grup de jugadors de futbol a l'estiu i a l'hivern i es va trobar una petita diferència en el dèficit de fluids; tot i que els índexs de

transpiració van ser més baixos amb temperatures fredes, els jugadors també van disminuir la ingesta de líquid¹.

La deshidratació progressiva experimentada pels futbolistes pot provocar un deteriorament en l'execució del joc perquè la deshidratació indueix la fatiga que, al seu torn, pot dificultar el funcionament motor¹¹ i cognitiu¹². A més d'afectar el treball muscular, s'afegeix l'efecte negatiu del dèficit de líquids en l'estat mental i la concentració, que és un factor important per determinar el resultat dels partits⁵. S'ha descrit que una deshidratació considerable (3,8% de la massa corporal, usant diürètics), tot i reduir la força màxima isomètrica, augmenta l'altura del salt vertical probablement perquè augmenta la força de la cama en proporció a la massa corporal¹³. Fer un salt per donar un cop de cap és una tasca molt requerida durant un partit de futbol. Una deshidratació considerable podria donar lloc a un gran salt d'altura, tot i que els efectes de la deshidratació moderada (< 3% de la massa corporal, més comú en el futbol) en el salt d'altura vertical no s'han descrit. La deshidratació sola (pèrdua del 4% de la massa corporal) no afecta la força del múscul extensor del genoll mesurada durant la contracció isomètrica màxima¹⁴. Això suggereix que la deshidratació pot no afectar l'execució d'un llançament de penal en el futbol, que depèn en gran mesura de la força de l'extensor del genoll. La literatura no és conclouent pel que fa als efectes de la fatiga del control motor, tot i que hi ha estudis que suggereixen que l'agudeses del moviment disminueix degut a la fatiga muscular¹⁵. Amb la disminució dels controls centrals, els individus tendeixen a disminuir la velocitat en què realitzen una tasca per mantenir el mateix nivell de precisió¹⁶. Encara no està clar si l'exercici en un ambient calent que indueix a la deshidratació pot disminuir el control central i si afecta l'agudeses o la velocitat durant una tasca com la consecució d'un llançament de penal en el joc del futbol.

Aquest estudi tingué per objectiu determinar si l'estat d'hidratació d'un jugador de futbol professional afecta la seva condició física, tècnica i tàctica. Concretament, es van revisar els efectes de l'estat d'hidratació en tasques físiques (salt vertical) i motores (llançaments de penal), aquestes darreres iniciades per estímuls auditius en comparació amb les motivades per un estímulo que implica el reco-

neixement d'un senyal visual i la presa de decisió abans de la rematada. L'estat d'hidratació es modificà a través d'una situació que produïa deshidratació (és a dir, l'entrenament) i en la qual els futbolistes es van rehidratar amb aigua *ad libitum* o segons les recomanacions nutricionals.

Mètode

Participants

Dotze jugadors de futbol semiprofessionals, pertanyents a l'equip filial del Getafe C.F. S.A.D, van participar en aquest estudi ($21,14 \pm 1,69$ anys, $177,54 \pm 4,43$ cm d'alçada, $71,0 \pm 4,3$ kg de pes). Abans de participar a l'estudi, els jugadors i el personal tècnic de l'equip van signar un formulari de consentiment. Es van descartar els jugadors lesionats i els jugadors convocats aquells caps de setmana per l'equip professional del mateix club. L'estudi seguí els principis i normes de la Declaració d'Hèlsinki.

Disseny experimental

Es va realitzar una recerca experimental, descriptiva i intra-subjecte¹⁷ en què cada participant actuava com el seu propi control. Per tant, cada participant rebé el tractament experimental (consum d'aigua segons recomanacions basades en el mesurament previ de l'índex de sudoració) i a més participà en el grup de control (ingesta d'aigua *ad libitum*). Abans i després de les sessions d'entrenament els jugadors van fer 3 salts verticals màxims, 4 llançaments de penal amb un senyal auditiu (és a dir, sense decisió) i 4 xuts de penal iniciats per una variable visual (és a dir, amb decisió). Les proves es feien sempre a la mateixa hora del dia (10:00 a.m.) i es van espaiar 7 dies per facilitar la recuperació. A més, les proves es van realitzar 3 dies després de la competició anterior per evitar la fatiga dels jugadors. Els jugadors van rebre instruccions de menjar i beure d'una manera similar els dies anteriors a les sessions experimentals, a més d'haver d'excloure les begudes alcohòliques de la dieta.

Procediment experimental

Aquesta investigació estigué composta d'un dia de familiarització a més de 2 dies de proves experimentals, que es van desenvolupar de la manera següent:

Dia de familiarització. Es va presentar l'estudi als jugadors, es demanà el consentiment per participar i es donaren les pautes d'alimentació i altres consideracions que havien de tenir presents el dia de les proves experimentals. Es van prendre les mesures antropomètriques de longitud de cama (des del trocànter major del fèmur fins al dit del peu en flexió plantar total) i d'alçada de la cama a 90° (a partir del trocànter major del fèmur i el terra, amb els genolls doblegats a 90°), dades requerides per l'APP «My Jump» per valorar la distància d'empenya (diferència entre la longitud de la cama i l'alçada a 90°). També se'ls van donar ampelles de mostres d'orina que havien de donar el dia de la sessió programada, amb la primera orina del dia, ja que minimitza possibles alteracions i maximitza la fiabilitat de la mesura¹⁸. En aquest cas, es va utilitzar com a referència

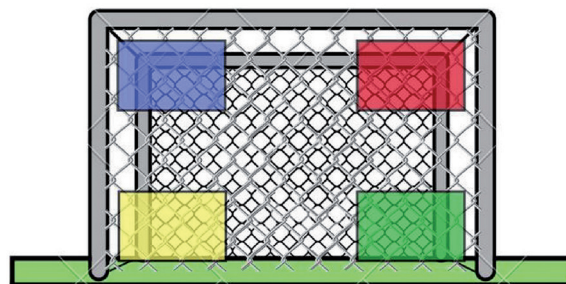


Figura 1 Representació gràfica emprada dels pals de la porteria de precisió de futbol.

l'escala de color de l'orina¹⁸. A més de proves pilot del salt vertical i valoracions dels tirs al pal de la porteria.

Primera sessió: índex de sudoració amb hidratació *ad libitum*. Després d'arribar al vestidor, abans de l'entrenament, es demanà als jugadors que diposessin les ampelles amb l'orina en un contenidor. Després se'ls prengué la freqüència cardíaca en repòs (S Health) i la temperatura timpànica. S'usà un termòmetre infraroig (EasyScan, FTX3 VERT) en el canal auditiu de l'esquerre durant 3 vegades consecutives i es féu la mitjana de la lectura de la temperatura timpànica. Es pesà els participants, en roba interior, en una bàscula electrònica (Tanita, BC-601) d'una precisió de ± 100 g. Després d'un escalfament físic estàndard (± 30 min) en una àrea preparada i condicionada, van realitzar un test d'execució de futbol que inclogué el salt vertical i el llançament de penals. Des d'una posició dempeus amb els peus separats a la mateixa distància que l'amplada dels malucs, es demanà als participants que dobleguessin lentament els genolls fins que el maluc aconseguís una flexió del genoll de 90° i després havien de saltar tant amunt com els fos possible. Van executar 3 salts verticals¹⁹, sempre amb les mans als malucs per estabilitzar el suport de la part superior del cos. Els salts s'alternaren en períodes de 30 segons de descans i d'estar dempeus. El temps de vol es mesurà amb una APP del sistema operatiu iOS anomenada «My Jump». Els jugadors van fer 8 llançaments de penal al pal, on hi havia una xarxa de retenció¹⁹. Aquesta xarxa té 4 àrees de precisió a cada cantonada, equipades amb una bossa de xarxa per recollir les pilotes i amb cintes amb ganxos per fixar la xarxa als pals, és a dir, només es podia marcar un gol si els llançaments eren executats correctament als angles de la porteria segons les indicacions de cada cas. Els primers quatre penals es van iniciar amb un senyal auditiu provinent d'un xiulet, és a dir, sense decisió, amb la indicació que els dos primers anaven a l'angle superior dret i els dos següents a l'angle superior esquerre, i se'ls va indicar que «estiguessin a punt» i xutessin la pilota per marcar tan bon punt sentissin el xiulet. L'execució fou enregistrada per equips de vídeo per ser analitzada posteriorment, amb el programari Kinovea. Després d'aquests 4 penals, amb les mateixes condicions, els 4 llançaments de penal que s'iniciaren amb un senyal visual van ser enregistrats, amb decisió, mitjançant targetes de colors, que corresponien als colors marcats en cada cantonada de la xarxa de precisió (fig. 1). Se'ls va indicar que llancessin la pilota a la cantonada corresponent tan aviat com veiessin la targeta de color. En total, la realització del test durà aproximadament 15 min.

Durant l'entrenament els jugadors disposaven d'una botella amb aigua, identificada amb el seu nom, prèviament pesada per saber el volum del contingut de líquid. A més, van rebre instruccions que només podien beure d'aquesta botella cada vegada que es volguessin hidratar. En aquesta sessió, el consum d'aigua era *ad libitum*, és a dir, a voluntat. Només es va controlar la quantitat consumida sense donar cap tipus de recomanació o comentari. Només tenien la indicació que si volien glopejar l'aigua o fer-la servir per refrescar-se la pell, havien d'emprar altres ampolles. El ritme d'entrenament del futbol s'inicià amb una durada mitjana de ± 134 min. Al mateix temps, es van mesurar paràmetres ambientals com la temperatura ($33,6 \pm 5,3$ °C) i la humitat relativa (20%) en el camp d'entrenament. A més de controlar la ingesta, es van controlar les botelles identificades i es va revisar el volum que hi quedava, reomplint-les si calia i assenyalant el nou volum afegit. Al final de l'entrenament es demanà als jugadors que tornessin a mesurar-se novament el pes corporal utilitzant l'instrument descrit anteriorment. Per prendre aquesta mesura els jugadors havien d'anar amb roba interior i assecat-se la suor produïda durant l'entrenament. La temperatura del timpà i la freqüència cardíaca es van mesurar de nou, utilitzant els mateixos instruments. Posteriorment es va registrar la percepció de l'esforç usant l'escala de Borg¹⁹. Finalment, i sense que els jugadors beguessin després d'acabar l'entrenament, es va realitzar una nova ronda de tests d'execució de futbol, que incloïa el salt vertical i el llançament de penals, tal com s'ha descrit més amunt.

Segona sessió: índex de sudoració amb la ingesta d'aigua recomanada. El protocol a seguir durant aquesta sessió fou el mateix que el de la primera sessió, amb l'única variant de manipulació de la hidratació durant l'entrenament. Els jugadors s'hidrataron segons les recomanacions d'hidratació rebudes per tal de cobrir les pèrdues del 100% de la suor, que es calculà prenent com a referència els resultats de l'índex de sudoració de la primera sessió. Tal com s'ha suggerit abans, com que hi ha una variabilitat considerable en els índexs de suor entre individus, s'utilitzà un programa de reposició de fluids personalitzat²⁰. En aquest cas, l'entrenament del futbol va durar ± 124 min amb una temperatura ambient a nivell de camp de $44,9 \pm 6,9$ °C i una humitat relativa del 20%.

Ànlisi estadística

Les dades s'analitzaren amb una anàlisi tipus ANOVA de 2 vies (estat d'hidratació/temps) de mesures repetides. Les

vies utilitzades per a aquesta anàlisi de la variància van ser el preentrenament vs. el postentrenament i la comparació de la sessió 1 amb hidratació *ad libitum* vs. la sessió 2 d'hidratació recomanada. En algunes variables que es van mesurar una sola vegada durant l'entrenament es va utilitzar la prova t d'Student. La significació estadística s'establí en un nivell de significació de $p < 0,05$ per a totes les anàlisis. Les dades es presenten com a mitjana \pm desviació estàndard.

Resultats

La mostra d'orina recollida abans de l'entrenament indicà que els jugadors van arribar a la sessió d'entrenament amb un estat d'hidratació similar (taula 1). El dia que els jugadors van beure aigua *ad libitum* la deshidratació fou significativament major que el dia en què van seguir unes pautes d'hidratació (taula 1). No obstant això, la ingesta total de líquid no tingué diferències significatives entre les sessions ($p = 0,79$). D'altra banda, el càlcul de l'índex de sudoració de cadascuna de les sessions va donar lloc a una diferència significativa entre ambdues sessions, i tingueren més sudoració el dia que consumien aigua *ad libitum* vs. el dia que prenen l'aigua recomanada (taula 1).

En el cas de la valoració dels signes vitals, s'observà que la freqüència cardíaca augmentà significativament durant les dues sessions. Els valors obtinguts abans de les sessions d'entrenament foren similars, i en ambdues sessions els valors de la freqüència cardíaca mostraren canvis significatius en avaluar els valors postentrenament (taula 2). Tanmateix, el dia en què els jugadors s'hidrataron seguint les recomanacions donades, la freqüència cardíaca s'incrementà significativament en comparació amb la sessió en què hi havia hidratació *ad libitum*. No hi hagué tractament \times interacció de temps en la variable de freqüència cardíaca ($p = 0,39$).

D'altra banda, la temperatura timpànica només augmentà durant l'entrenament en el cas de la sessió en què es van donar recomanacions d'hidratació ($p < 0,01$), mentre que la temperatura es va mantenir estable a la sessió amb hidratació *ad libitum* ($p = 0,07$). No hi hagué diferències entre les mesures anteriors d'ambdues sessions, a diferència dels valors de la temperatura timpànica obtinguts després de les sessions d'entrenament en què els jugadors presentaren una temperatura més alta després de l'entrenament amb recomanacions d'hidratació en comparació amb la sessió

Taula 1 Avaluació de l'estat d'hidratació en funció del tipus d'hidratació considerada

Variable	Sessió	Valor	p
Test del color de l'orina	<i>Ad libitum</i>	$5,0 \pm 1,7$ punts	0,27
	Hidr. recomanada	$5,8 \pm 1,1$ punts	
% de pèrdua de pes corporal	<i>Ad libitum</i>	$1,3 \pm 0,8\%$	0,01
	Hidr. recomanada	$5,0 \pm 0,6\%$	
Consum total de líquid	<i>Ad libitum</i>	$1.029,6 \pm 554,7$ cc	0,79
	Hidr. recomanada	$985,2 \pm 221,9$ cc	
Índex de sudoració	<i>Ad libitum</i>	$730,3 \pm 275,6$ cc/h	0,02
	Hidr. recomanada	$516,9 \pm 112,2$ cc/h	

Taula 2 Avaluació dels signes vitals en funció del tipus d'hidratació i sessió considerada

Variable	Sessió	Preentrenament	Postentrenament	p
Freqüència cardíaca	<i>Ad libitum</i>	62,3 ± 10,2 bpm	90,8 ± 10,2 bpm	< 0,01
	Hidr. recomanada	68,0 ± 16,0 bpm	101,3 ± 8,5 bpm	< 0,01
Temperatura timpànica	<i>Ad libitum</i>	35,6 ± 0,3 °C	35,3 ± 0,6 °C	0,07
	Hidr. recomanada	35,4 ± 0,4 °C	36,1 ± 0,2 °C	< 0,01

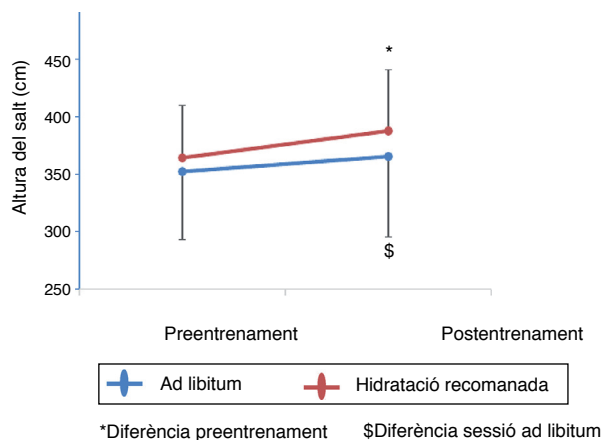


Figura 2 Canvis de l'altura del salt vertical depenent del tipus d'hidratació.

amb hidratació *ad libitum* ($p < 0,01$). En aquest cas es va produir la interacció entre el tractament i el temps ($p < 0,01$) (taula 2).

L'altura de salt fou similar abans de l'entrenament en ambdues sessions ($p = 0,15$). Quan els jugadors begueren *ad libitum*, l'altura del salt no varià després de l'entrenament ($p = 0,15$). Tanmateix, quan els jugadors seguien les pautes d'hidratació, l'altura del salt postentrenament era superior que la de l'inici ($p = 0,01$) i també superior que en l'estat de consum d'aigua *ad libitum* ($p = 0,04$). No hi hagué interacció en la relació tractament \times temps en la variable de l'altura del salt vertical ($p = 0,42$, fig. 2).

La taula 3 mostra la precisió del llançament al pal. Tal com indiquen les dades, no hi hagué canvis en els tests experimentals amb el senyal auditiu ni en la comparació entre el preentrenament i el postentrenament, ni en la comparació entre la hidratació *ad libitum* i la recomanada. D'altra banda, en el cas dels llançaments a porteria amb un senyal visual tampoc no es van produir canvis en les proves experi-

mentals en comparar preentrenament i postentrenament, ni en comparar entre les dues sessions de preentrenament ni en les dues de postentrenament. Tanmateix, hi va haver una diferència significativa en la relació tractament/temps en els èxits dels tirs a porteria amb senyal visual ($p = 0,01$). Cal assenyalar que l'escala de percepció de l'esforç de Borg¹⁹ no presentà diferències entre les dues sessions d'entrenament ($15,4 \pm 1,4$ punts vs. $15,5 \pm 0,7$ punts, $p = 0,79$).

Discussió

La troballa principal d'aquest estudi evidencia que la deshidratació aconseguida i l'índex de sudoració foren majors quan els jugadors van beure aigua *ad libitum* en comparació amb la rehidratació recomanada. No obstant això, s'observà un augment en l'alçada del salt després de l'entrenament i una disminució de la quantitat d'errors en els llançaments a porteria quan els jugadors seguien les pautes d'hidratació.

En ambdues sessions els jugadors van arribar a entrenar amb un estat d'hidratació similar. D'altra banda, el càlcul de l'índex de sudoració en cadascuna de les sessions donà una diferència significativa entre ambdues, essent el dia de més suor el dia del consum d'aigua *ad libitum*. En el cas de l'avaluació dels signes vitals, s'observà que la freqüència cardíaca augmentà significativament durant les dues sessions, especialment en la que s'hidraren seguint les recomanacions donades. La temperatura timpànica tingué diferències significatives només en el cas de la sessió en què es van donar recomanacions d'hidratació, i en aquest cas sí que hi hagué interacció entre el tractament i el temps. És sabut que l'índex de sudoració pot variar depenent de factors ambientals, com la temperatura, la humitat relativa i la velocitat del vent o altres factors, com la intensitat de l'exercici, la condició física, l'acclimatació a la calor o l'ús de roba esportiva que afavoreixi la transpiració de la suor a través de la pell⁹. Per tant, és important indicar que durant aquesta recerca la temperatura ambiental, a nivell de camp

Taula 3 Percentatge de xuts a porta depenent del tipus d'hidratació i la sessió considerada

Xuts a porta	Sessió	Preentrenament	Postentrenament	p
Senyal auditiu	<i>Ad libitum</i>	25 ± 26,1%	29,2 ± 23,4%	0,69
	Hidr. recomanada	33,3 ± 24,6%	22,9 ± 16,7%	0,21
Senyal visual	<i>Ad libitum</i>	52,1 ± 22,5%	43,8 ± 15,5%	0,10
	Hidr. recomanada	37,5 ± 19,9%	50 ± 23,8%	0,49

de joc, fou més elevada a la segona sessió, és a dir, el dia en què es donaren les recomanacions d'hidratació, tanmateix la humitat fou més alta el dia que es consumia aigua *ad libitum*. D'altra banda, Ramos Jiménez et al.²¹ reportaren que, després de 90 min d'exercici continu (a una temperatura de 23 °C i 23% d'humitat relativa) sense hidratació, els homes van reportar una pèrdua de massa corporal lleugerament superior a la de les dones, mentre que al mantenir un protocol d'hidratació personalitzat l'esmentat canvi no es va manifestar i les respostes fisiològiques foren similars en ambdós sexes. A més, van trobar que, en aquest cas, el grau de deshidratació no alterava el rendiment físic, sinó els paràmetres fisiològics (temperatura, freqüència cardíaca i pressió arterial) independentment del sexe²¹.

La pèrdua de més del 2% del pes corporal després de l'exercici pot afectar el rendiment esportiu a causa de la disminució dels líquids corporals^{20,22,23}. Generar una pèrdua del 2% del pes a causa de la deshidratació, com a conseqüència produeix hipertèrmia, augmenta el treball del sistema cardiovascular i genera un augment de la percepció de l'esforç, la reducció del flux sanguini i l'alteració del metabolisme de la musculatura esquelètica durant l'exercici²⁴⁻²⁶. En canvi, Fritzsche et al.¹⁶ manifesten que la ingesta d'aigua, per si mateixa, atenua la disminució de la força neuromuscular produïda per l'exercici d'intensitat moderada en un ambient calent; a més, si s'afegeix un 6% d'hidrats de carboni a aquest líquid, l'efecte és més gran en la força neuromuscular.

El fet d'evitar la deshidratació dels jugadors va millorar l'altura del salt i va reduir la taxa d'error dels penals amb senyal visual. Quan els jugadors van seguir les pautes d'hidratació, l'altura del salt postentrenament va ser superior a la de l'inici i també superior en l'estat de consum d'aigua *ad libitum*. Pel que fa a la precisió del tir a porteria, no es van produir canvis en les proves experimentals amb senyal auditiu, però en el cas dels xuts a porteria amb senyal visual no es van produir canvis en les proves experimentals en relació al preentrenament vs. postentrenament, però sí que hi hagué una diferència significativa en la relació tractament × temps. Cal assenyalar que l'escala de percepció de l'esforç¹⁹ no va presentar diferències entre les dues sessions d'entrenament. Aquestes dades juntes podrien indicar que una deshidratació moderada podria afectar la força muscular de la cama i reduir la precisió motora durant el llançament de penal. Cal assenyalar que com més gran sigui el nivell de deshidratació, majors seran la tensió fisiològica i la disminució del rendiment en l'exercici aeròbic²³.

L'execució d'una habilitat del futbol (driblatge) empitjora quan els jugadors de futbol adults es deshidraten en fer exercici en un ambient termoneutral²⁷, mentre que la força percebuda augmenta en comparació amb el test de rehidratació. Com en els resultats obtinguts en aquest estudi, les investigacions esmentades també fan referència a l'augment de la taxa d'error. L'exactitud del llançament de penals es veié reduïda per la fatiga induïda per la deshidratació, especialment quan es va introduir la variable de la presa de decisions. Aquest resultat es podria interpretar, tenint en compte que el senyal visual produïa temps de resposta més llargs en contraposició amb el senyal auditiu, i sembla que hi havia prou temps per restablir la precisió malgrat l'estat d'hidratació. El retard en aquesta resposta es pot explicar pel principi d'intercanvi de velocitat-precisió²⁸.

Quan la fatiga induïda per la deshidratació disminueix el control de les unitats motores, tant de velocitat com de precisió, la tasca realitzada es veu afectada. En introduir dos components cognitius en el penal com a iniciadors per a la resposta del llançament i tenint en compte que ambdós senyals, el senyal auditiu a través de la propagació del so i la propagació de la llum amb al senyal visual a través de les targetes de color, foren molt més ràpids que el temps de resposta observat, això podria suggerir que la naturalesa del senyal no fou un factor que afectés el temps de resposta motora del llançament. La deshidratació severa augmentà l'alçada del salt vertical en un 7%, probablement degut més a una reducció major de la massa corporal (3,8% de pèrdua de pes corporal) que a la força de la cama (augment de la força en proporció a la resistència del pes)²⁹. Tot i que els jugadors que van participar en aquest estudi van perdre massa corporal, és a dir, es van deshidratar en la primera sessió en què la ingesta d'aigua era *ad libitum*, però sense arribar al mateix percentatge de pèrdua de pes corporal que en l'estudi de Viitasalo²⁹ (1,3 ± 0,8 vs. 3,8%), també es va observar una alteració en la variable de l'altura del salt vertical. Per la seva banda, en la recerca d'Armstrong et al.³⁰ no s'observaren diferències significatives entre les diferents condicions d'hidratació en l'altura del salt vertical, tenint en compte que disminuï la massa corporal en un 2,4 ± 0,4% i en un 4,8 ± 0,4%, respectivament, durant la seva intervenció en hipohidrants en aproximadament un 2,5% de la massa corporal, i en hipohidrants aproximadament en un 5% de la massa corporal³⁰.

Tot això ens fa pensar que el tractament realitzat durant aquestes sessions podria ser suficient per provocar canvis en la substitució dels líquids dels jugadors com a conseqüència de la deshidratació voluntària durant la competició i, per tant, en el rendiment esportiu. Tanmateix, hem de tenir en compte que aquests resultats positius no impliquen un canvi en els hàbits d'aquests jugadors i que, si no s'apliquen les estratègies proposades, els jugadors poden tornar als seus patrons d'hidratació habituals. Per tant, entenem que la supervisió al camp i les activitats de subministrament de líquids durant aquestes sessions han de formar part de la pràctica habitual durant l'entrenament i la competició d'un equip professional i insistir en la necessitat de controlar el màxim nombre possible de variables que afecten el rendiment esportiu. Hem de ser rigorosos, tant durant l'entrenament com en la competició, pel que fa a la reposició de líquids per evitar els possibles efectes negatius de la deshidratació³¹.

Degut a les condicions climàtiques i a la planificació de les sessions, basades en la temporada de futbol, aquesta recerca tingué lloc en dies amb diferents característiques de temperatura ambiental, i tot i que fou possible compensar de manera eficient les pèrdues de suor, seria interessant saber com haurien reaccionat si les condicions meteorològiques haguessin estat similars. A més, la mostra era petita, per tractar-se d'un equip filial, i els jugadors poden ser promocionats a l'equip professional, si cal, i participar en diferents entrenaments, que es consideren dins dels paràmetres d'exclusió. Finalment, durant les dates planificades per a l'execució de les proves dos jugadors de l'equip es van lesionar i, per tant, no van poder participar a l'entrenament regular.

Conclusions

En conclusió, evitar la deshidratació mitjançant la recomanació d'unes directrius personalitzades, basades en el mesurament previ del ritme de la sudoració, millorà l'altura del salt i reduí l'índex d'error del llançament de penal amb el senyal visual, en comparació amb la rehidratació *ad libitum*. L'exactitud del llançament de penals es veié reduïda per la fatiga induïda per l'estat de deshidratació, especialment amb la variable de presa de decisions. Aquestes dades podrien indicar que una deshidratació moderada podria afectar la força muscular de la cama i reduir la precisió motora durant la simulació d'un llançament de penal en futbol. A més, les dades suggereixen que utilitzar la rehidratació d'acord amb l'estímul de la set pot no ser la millor estratègia per evitar la disminució del rendiment físic i tècnic dels futbolistes.

Conflicte d'interessos

Aquesta recerca només ha estat finançada per les institucions dels autors corresponents. Els resultats es presenten de forma clara, honesta i sense fabricació, falsificació o manipulació inapropiada de les dades.

Bibliografia

- Broad EM, Burke LM, Cox GR, Heeley P, Riley M. Body weight changes and voluntary fluid intakes during training and competition sessions in team sports. *Int J Sport Nutr.* 1996;6:307-20.
- Godek SF, Godek JJ, Bartolozzi AR. Hydration status in college football players during consecutive days of twice a day pre-season practices. *Am J Sports Med.* 2005;33:843-51.
- Shirreff SM, Aragon-Vargas LF, Chamorro M, Maughan RM, Serratos L, Zachwieja JJ. The sweating response of elite professional soccer players to training in the heat. *Int J Sports Med.* 2005;26:90-5.
- Stofan JR, Jachwieja JJ, Horswill CA, Murray R. Sweat and sodium losses during practice in professional football players. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;34:S113.
- Stofan JR, Jachwieja JJ, Horswill CA, Murray R, Eichner ER, Anderson S. Sweat and sodium losses in NCAA football players: A precursor to heat cramps. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2005;15:641-52.
- Mustafa KY, Mahmoud NE. Evaporative water loss in African soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 1979;19:181-3.
- Kirkendall DT. Effects of nutrition on performance in soccer. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25:1370-4.
- Godek SF, Bartolozzi AR, Godek JJ. Sweat rate and fluid turnover in American football players compared with runners in a hot and humid environment. *Br J Sports Med.* 2005;39:205-11.
- Maughan RJ, Merson SJ, Broad NP, Shirreffs SM. Fluid and electrolyte balance in elite male football (soccer) players training in a cool environment. *J Sports Sci.* 2005;23:73-9.
- FIFA. Laws of the game. Zurich: Federation International de Football; 1995.
- Mountain SJ, Smith SA, Mattot RP, Zientara GP, Jolesz FA, Sawka MN. Hypohydration effects on skeletal muscle performance and metabolism: A 31P-MRS study. *J Appl Physiol.* 1998;84:1889-94.
- Cian C, Barraud PA, Melin B, Raphael C. Effects of fluid ingestion on cognitive function after heat stress or exercise-induced dehydration. *Int J Psychophysiol.* 2001;42:243-51.
- Greiwe JS, Staffey KS, Melrose DR, Narve MD, Knowlton RG. Effects of dehydration on isometric muscular strength and endurance. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30:284-8.
- Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1985;50:273-82.
- Pedersen J, Lönn J, Hellström F, Djupsjöbacka M, Johansson H. Localized muscle fatigue decreases the acuity of the movement sense in the human shoulder. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31:1047-52.
- Fritzsche RG, Switzer TW, Hodgkinson BJ, Lee SH, Martin JC, Coyle EF. Water and carbohydrate ingestion during prolonged exercise increase maximal neuromuscular power. *J Appl Physiol.* 2000;88:730-7.
- Montero I, León OG. A guide for naming research studies in Psychology. *Int J Clin Health Psychol.* 2007;7:847-62.
- Armstrong LE, Maresh CM, Castellani JW, Bergeron MF, Kenefick RW, LaGasse KE, et al. Urinary indices of hydration status. *Int J Sport Nutr.* 1994;4:265-79.
- Borg G. Simple rating methods for estimation of perceived exertion. *Phys Work Effort.* 1975:39-46.
- Sawka M, Burke L, Eichner E, Maughan R, Mountain S, Stachenfeld N. American college of sport medicine position stand exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:377-90.
- Ramos-Jiménez A, Hernández-Torres R, Wall-Medrano A, Torres-Durán P, Juárez-Oropeza M, Vilorio M, et al. Respuestas fisiológicas asociadas al género e hidratación durante el spinning. *Nutr Hosp.* 2014;29:644-51.
- Maughan R, Whiting P, Davidson R. Estimation of plasma volume changes during marathon running. *Br J Sports Med.* 1985;19:138-41.
- Sawka M, Noakes T. Does dehydration impair exercise performance? *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:1209-17.
- Bigard X, Sánchez H, Claveyrolas G, Martin S, Thimonier B, Arnauld M. Effects of dehydration and rehydration on EMG changes during fatiguing contractions. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:1694-700.
- Casa D, Armstrong L, Hillman S, Mountain S, Reiff R, Rich B, et al. National athletes trainers' association position stand: fluid replacement for athletes. *J Athl Train.* 2000;35:212-24.
- González-Alonso J, Calbet J, Nielsen B. Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. *J Physiol.* 1998;15:895-905.
- McGregor SJ, Nicholas CW, Lakomy H, Williams C. The influence of intermittent high-intensity shuttle running and fluid ingestion on the performance of a soccer skill. *J Sports Sci.* 1999;17:895-903.
- Fitts PM. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *J Exp Psychol.* 1954;47:381-91.
- Viitasalo JT, Kyröläinen H, Bosco C, Alen M. Effects of rapid weight reduction on force production and vertical jumping height. *Int J Sports Med.* 1987;8:281-5.
- Armstrong LE, Kraemer WJ, Volek JS, Maresh CM, Judelson DA, Farrell MJ, et al. Effect of hydration state on strength power and resistance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:1817-24.
- Barbero JC, Castagna C, Granda J. Deshidratación y reposición hídrica en jugadores de fútbol sala: efectos de un programa de intervención sobre la pérdida de líquidos durante la competición. *Eur J Hum Movement.* 2010;17:93-106.