

apunts

EDUCACIÓ FÍSICA I ESPORTS

146

4t trimestre (octubre-desembre) 2021
ISSN: 2014-0983



INEFC

 Generalitat
de Catalunya





Exercici físic i funció cognitiva en pacients postictus: una revisió sistemàtica amb metaanàlisi

Arturo Gallego Hernández¹ & Noelia González-Gálvez^{1*} 

¹Grup de Prevenció de Lesions en l'Esport (PRELEDE). Facultat de l'Esport. Universitat Catòlica de Múrcia, Múrcia (Espanya).



Citació

Gallego Hernández, A. & González-Gálvez, N. (2021). Physical Exercise and Cognitive Function in Post-stroke Patients: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Apunts Educación Física y Deportes*, 146, 1-10. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/4\).146.01](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/4).146.01)

Editat per:

© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

*Correspondència:

Noelia González-Gálvez
ngonzalez@ucam.edu

Secció:

Activitat física i salut

Idioma de l'original:

Castellà

Rebut:

20 de gener de 2021

Acceptat:

12 d'abril de 2021

Publicat:

1 d'octubre de 2021

Coberta:

Jocs Olímpics de Tòquio 2020 –
Taekwondo: Pes mosca femení
49 kg. Combat per la medalla
d'or. Adriana Cerezo Iglesias
(Espanya) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailàndia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japó) 24.07.2021.
REUTERS / Murad Sezer

Resum

Fins al 80 % dels supervivents d'ictus presenten disfunció cognitiva, la qual influeix sobre la funció motora i la qualitat de vida. És necessari comprendre quina és la prescripció d'activitat física més recomanable sobre la funció cognitiva i determinar l'efecte de programes d'exercici físic sobre la funció cognitiva en pacients postictus, identificant-ne la millor freqüència, durada i tipus de programa. Es van seguir les directrius de la guia PRISMA i la metodologia s'ha registrat a PROSPERO (número CRD42020183529). Els estudis escollits van ser assajos controlats aleatoritzats. La recerca es va dur a terme en quatre bases de dades: PubMed, Cochrane, Sport Discus i WOS, i va finalitzar el 12 de juny de 2020. La qualitat metodològica es va avaluar mitjançant la puntuació de l'escala PEDro. La metaanàlisi revela que el grup experimental va presentar millors guanys en la funció cognitiva que el grup control (DEM = 2.26; p .001). Es mostra que existeix un efecte més alt sobre la funció cognitiva en els estudis que inclouen població adulta enfront dels que inclouen població adulta gran (DEM = 1.82; p = .014). L'entrenament de força presenta un millor guany significativament que l'entrenament aeròbic (DEM = -1.88; IC 95 % -3.7, -0.1; p = .040). Un programa d'exercici físic millora significativament la funció cognitiva en pacients postictus, amb un efecte que pot ser superior al dels programes de rehabilitació. La durada del programa ha de ser d'almenys sis setmanes, amb una freqüència de tres sessions per setmana i una durada per sessió d'almenys 30 minuts.

Paraules clau: activitat física, entrenament combinat, entrenament de força, entrenament de resistència, malaltia cardiovascular, rehabilitació.

Introducció

L'ictus és una de les principals causes de discapacitat i mort al món (Go et al., 2014). En concret, més de 14 milions de persones tenen un ictus cada any, de les quals moren al voltant d'un 10 % (Carnesoltas et al., 2013). Patir un ictus té una repercussió negativa en la posterior qualitat de vida dels qui han aconseguit sobreviure, ja que afecta tots els àmbits de l'individu: disminueix la salut física i l'estat psicològic, es redueix l'autonomia i independència, i la funció cognitiva (executiva, atenció i memòria) es veu minvada significativament (Mesa et al., 2016). Fins al 80 % dels supervivents d'ictus presenten disfunció cognitiva, la qual influeix directament sobre la funció motora i la qualitat de vida (Sun et al., 2014), i els accidents cerebrovasculars són la segona causa de demència a tot el món (Alvarez, 2008). Tot i que els pacients postictus es poden recuperar de les seqüeles físiques resultants, les deficiències cognitives poden limitar l'autonomia i independència (Gottesman i Hillis, 2010; Wagle et al., 2011). Per tant, identificar tractaments efectius per millorar la funció cognitiva és primordial (Debreceeni-Nagy et al., 2019), a més de la necessitat d'un enfocament de rehabilitació multidisciplinar per millorar els nivells de discapacitat motora i funcional (Go et al., 2014).

Actualment se sap que la inactivitat física és un factor predictor per tenir un ictus, ja que el sedentarisme està relacionat amb una probabilitat més alta de patir-lo (Martínez-Vila i Irimia, 2000). A més, l'exercici pot millorar la qualitat de vida en la població en general (Solà-Serrabou et al., 2019), a més de beneficiar el sistema cardiovascular (Betrán Piracés et al., 2003) i la funció cognitiva en individus després de tenir un ictus, tant les funcions executives com la memòria (Freudenberger et al., 2016; Vanderbeken i Kerckhofs, 2016; Yeh et al., 2019).

En aquest sentit, alguns autors han fet una revisió sistemàtica amb l'objectiu de sintetitzar les investigacions sobre l'efecte que l'exercici físic presenta sobre la funció cognitiva en persones que han tingut un ictus (Cumming et al., 2012; Oberlin et al., 2017). Tot i així, aquests treballs inclouen programes d'intervenció que combinen fisioteràpia i exercici físic, i no informen sobre quina hauria de ser la freqüència, durada o tipus d'exercici que presenta més beneficis en la funció cognitiva dels pacients després de sofrir un ictus. Per aquest motiu, els objectius d'aquesta revisió sistemàtica amb metaanàlisi van ser: a) determinar l'efecte que l'exercici físic presenta sobre la funció cognitiva en pacients postictus, i b) sintetitzar els estudis originals duts a terme sobre l'efecte de programes d'exercici físic sobre la funció cognitiva en pacients postictus, identificant-ne la millor freqüència, durada i tipus de programa.

Metodologia

Disseny d'estudi

Els estudis inclosos en aquesta revisió sistemàtica i metaanàlisi examinen l'efecte de diversos programes d'exercici físic sobre la funció cognitiva en pacients postictus. Els estudis escollits van ser assajos controlats aleatoritzats (*randomized controlled trial* [RCT]). L'estratègia de recerca, amb els criteris d'inclusió i informació addicional, es va registrar anteriorment al registre prospectiu per a revisions sistemàtiques PROSPERO (número CRD42020183529). Aquesta revisió sistemàtica amb metaanàlisi segueix els criteris establerts a la guia PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews) (Liberati et al., 2009; Moher et al., 2015).

Criteris d'inclusió

Els criteris d'inclusió van ser: a) articles publicats en revistes indexades, b) articles publicats només en anglès, espanyol i portuguès, c) articles en els quals es tractessin pacients que havien sofert un ictus anteriorment, d) RCT, i e) estudis que apliquen un programa d'exercici físic. Els criteris d'exclusió van ser els següents: a) estudis en desenvolupament actual, b) estudis amb persones que tenen amputació/limitació de qualsevol membre del cos que contraindiqui caminar/fer exercici, c) estudis publicats en forma de resum, notes o cartes a l'editor o publicació curta, d) estudis publicats en congressos, i e) estudis que apliquen programes de fisioteràpia, manipulació i/o tècniques de respiració conjuntament a l'exercici físic.

Estratègies de recerca

Els cercadors utilitzats per a la recerca d'informació van ser els següents: PubMed, Cochrane, Sport Discus i WOS. L'estratègia de recerca es va centrar a utilitzar les paraules clau i operadors booleans, incloent-hi: *stroke AND physical activity*, *stroke AND sport*, *stroke AND strength training*, *stroke AND endurance training*, *stroke AND resistance training*, *stroke AND physical therapy*, *stroke AND aerobic training*, *stroke AND endurance exercise*, *stroke AND aerobic exercise*, *stroke AND strength exercise* i *stroke AND resistance exercise*. La recerca es va acabar el 12 de juny de 2020. El diagrama de flux es mostra a la Figura 1.

Extracció de dades

L'extracció de dades i l'avaluació de qualitat les van dur a terme dos revisors (AGH i NGG) independentment. El desacord sobre la informació es va solucionar mitjançant la repetició de l'extracció de dades o avaluació sense observació

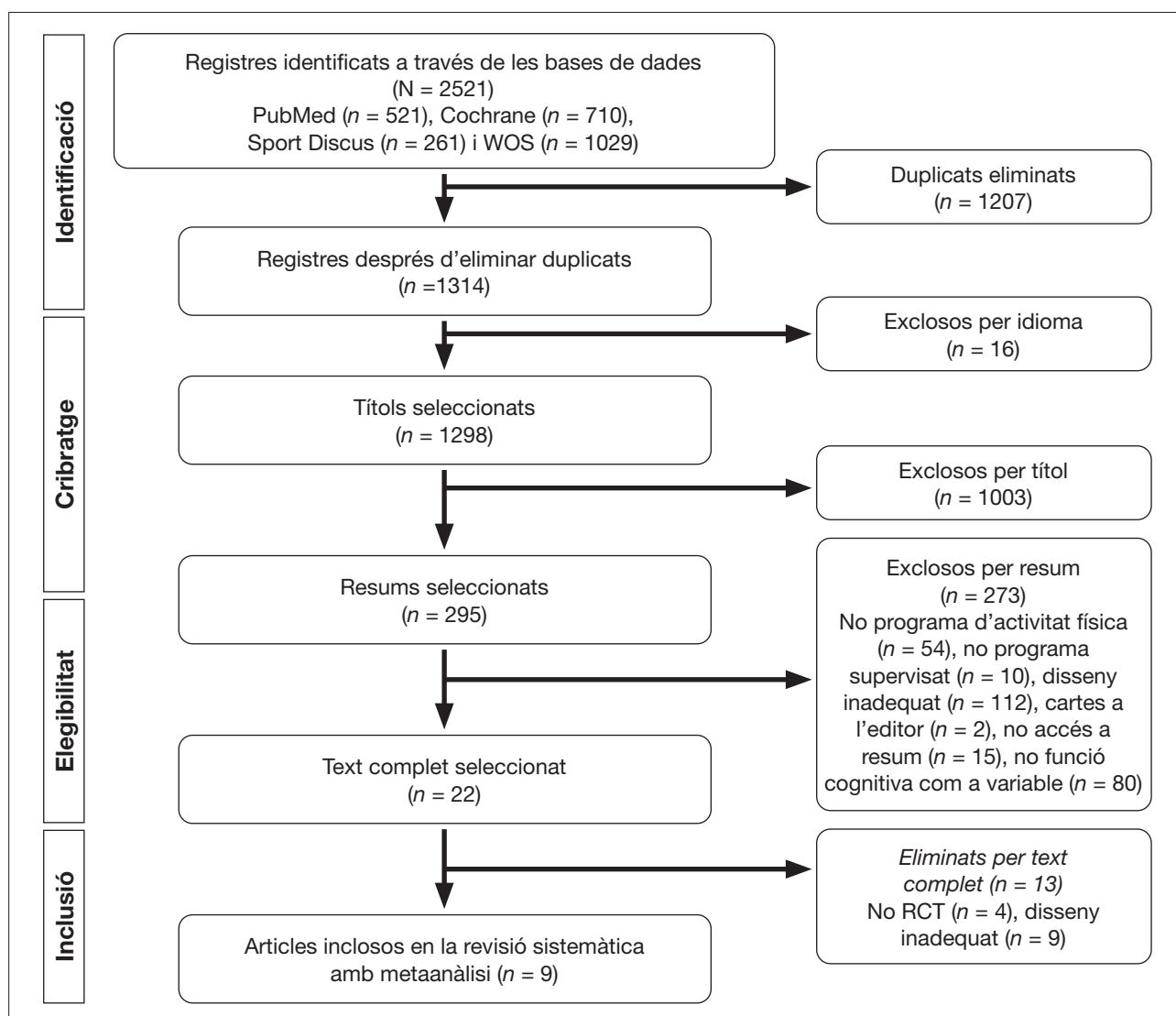


Figura 1
Diagrama de flux PRISMA.

de les informacions de les revisions dutes a terme prèviament. En aquest sentit, es va calcular l'índex Kappa de Cohen, que mostrava una fiabilitat alta entre revisors (Kappa = .810) (McHugh, 2012).

Avaluació de la qualitat metodològica

Es va utilitzar l'escala Physiotherapy Evidence Database (PEDro) per avaluar la qualitat metodològica dels estudis inclosos (Maher et al., 2003). La Taula 1 mostra les puntuacions de l'escala PEDro per a cada estudi, suposant valors de 8, considerat com a acceptable.

Anàlisi de dades

L'anàlisi estadística i la metaanàlisi es van dur a terme amb el programa Comprehensive Meta-Analysis (versió 3, Englewood, Estats Units). Per a l'anàlisi del present estudi

es van tenir en compte les dades quantitatives mitjana i desviació estàndard del pretest i posttest, així com la mida mostral, per al grup control i el grup experimental. Es van calcular els canvis pre/post test per procedir a l'anàlisi. Quan un mateix estudi incloïa diverses subvariables de la funció cognitiva, es van incloure com a diferents casos en l'anàlisi. Si els estudis no mostraven les dades necessàries, es van calcular. Per calcular la DS es va utilitzar SEs i el Cis. Es va fer servir el mètode de DerSimonian-Laird (Cohen). L'heterogeneïtat es va avaluar amb la prova Q de Cochran (χ^2), l'estadístic I^2 de Higgins i significació (p), per determinar l'anàlisi més apropiada: efectes fixos o aleatoris (Ioannidis, 2008). DerSimonian-Laird (Cohen) es va interpretar com a petit (0 a 0.2), moderat (0.3 a 0.7) o gran (≥ 0.8) (Cohen, 1988). L'estadístic d'Egger (Egger et al., 1997) i Fail Safe N (Rosenthal, 1979) es va calcular per determinar el biaix de publicació. Es va crear gràfic d'embut. La significació es va determinar a nivell de $p < .05$.

Taula 1*Avaluació de la qualitat metodològica (escala de PEDro) dels articles inclosos.*

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	Total
Bateman et al. (2001)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8
Tang et al. (2016)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8
Khattab et al. (2020)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8
Studenski et al. (2005)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8
Kim i Yim (2017)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8
Ozdemir et al. (2001)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8
Quaney et al. (2009)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8
Immink et al. (2014)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8
Bo et al. (2019)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8

Nota. C1: els criteris d'elecció van ser especificats; C2: els subjectes van ser assignats a l'atzar als grups (en un estudi creuat, els subjectes es van distribuir aleatòriament a mesura que rebien els tractaments); C3: l'assignació va ser oculta; C4: els grups van ser similars a l'inici amb relació als indicadors de pronòstic més importants; C5: tots els subjectes van ser cegats; C6: tots els terapeutes que van administrar la teràpia van ser cegats; C7: tots els avaluadors que van mesurar almenys un resultat clau van ser cegats; C8: les mesures d'almenys un dels resultats clau es van obtenir de més del 85 % dels subjectes inicialment assignats als grups; C9: es van presentar resultats de tots els subjectes que van rebre tractament o els van assignar al grup control, o, quan això no va poder ser, les dades per a almenys un resultat clau es van analitzar per intenció de tractar; C10: els resultats de comparacions estadístiques entre grups es van informar per a almenys un resultat clau; C11: l'estudi proporciona mesures puntuals i de variabilitat per a almenys un resultat clau.

Resultats**Característiques dels estudis**

L'estratègia i recerca de selecció d'articles utilitzada en aquesta revisió sistemàtica amb metaanàlisi va donar lloc a un total de nou articles.

Els articles inclosos van ser RCT, que incloïen un total de 355 participants al grup experimental i 362 al grup control. Els articles analitzats es van publicar entre 2001 i 2020.

Les característiques dels estudis inclosos es descriuen a la Taula 2.

Efecte de l'exercici físic sobre pacients postictus

La metaanàlisi revela que l'efecte dels programes d'exercici físic sobre la funció cognitiva en pacients postictus és significativament més favorable que l'efecte de qualsevol altre programa o la no aplicació de programa (Figura 2) (OR = 2.26; IC 95 % = 1.0 a 3.5; Z = 3.63; $p < .001$).

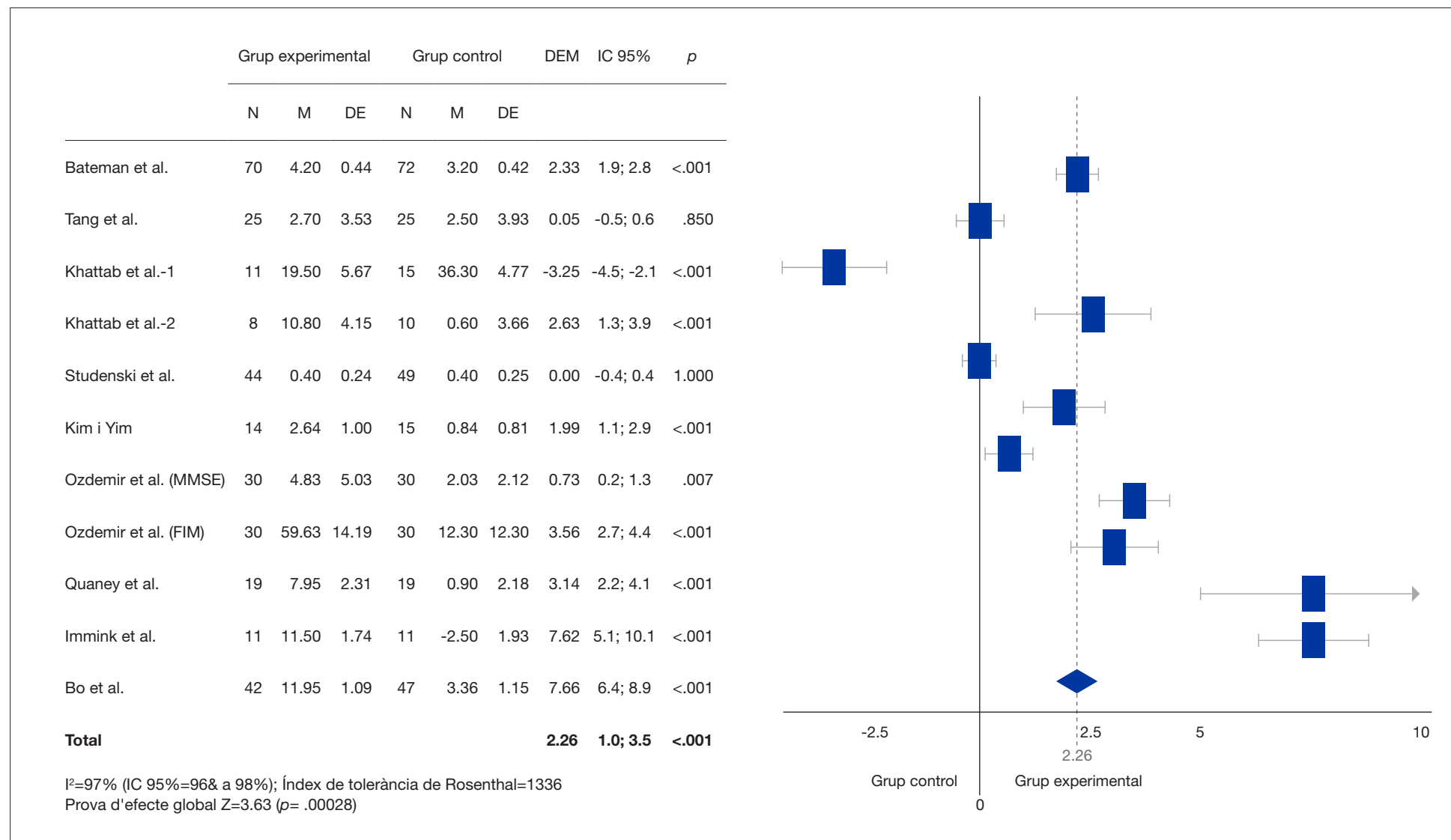
Per analitzar si existien diferències segons les possibles variables contaminadores, es van establir subgrups segons l'edat, durada de la intervenció en setmanes, freqüència de les sessions per setmana, durada de les sessions, tipus

de programa d'exercici físic i edat dels participants. La variable edat es va dividir entre adults (< 65 anys) i adults grans (≥ 65 anys). Per confeccionar els grups per a freqüència i durada del programa, es van analitzar les medianes de les variables setmanes d'intervenció, freqüència setmanal i durada de les sessions, i en van resultar 12 setmanes, tres sessions per setmana i 60 minuts per sessió respectivament. La variable tipus d'exercici físic es va dividir en entrenament aeròbic, força o combinat. Perquè la comparació fos possible es van transformar els canvis a percentatges. A la Taula 3 es mostra l'anàlisi de l'efecte dels programes d'exercici físic inclosos en aquesta revisió sistemàtica sobre la funció cognitiva segons les classificacions mencionades. Es mostra que existeix un efecte més gran sobre la funció cognitiva en els estudis que inclouen població adulta enfront dels que inclouen població adulta gran. Quan s'elimina el subgrup que va reportar un guany extrem en la variable (Ozdemir et al., 2001), els resultats continuen sent significatius (DEM = 1.96; IC 95 % 0.4, 3.6; $p = .016$). S'observa una diferència en relació amb el tipus de programa implementat a favor de manera significativa de l'entrenament de força enfront de l'entrenament aeròbic. Tot i això, en extreure el grup que presenta un canvi extern en la variable (Ozdemir et al., 2001), aquesta diferència ja no s'aprecia significativa.

Taula 2*Característiques dels estudis inclosos.*

Autor	Mostra	Edat	Criteris d'inclusió	Instrument de mesurament de la funció cognitiva	Programa GC	Programa GE	Temps Freqüència Durada
Bateman et al. (2001)	GE = 70 GC = 72	16-65 anys; GE = 41.7 ± 14.3 ; GC = 44.7 ± 13.3	Lesió cerebral	Trail Making Part B (segons)	Relaxament	EA (cicloergòmetre) (60-80 % FCMàx)	30 min 3 dies 12 sem
Tang et al. (2016)	GE = 25 GC = 20	50-80 anys; GE = 66 (62-71); GC = 64 (62-75)	> 1 any IC; sense aneurisma, tumors o infeccions	Trail Making Part B (segons)	FL i equilibri (< 40 % Fcres)	EA (cicloergòmetre) (40-80 % Fcres)	60 min 3 dies 24 sem
Khattab et al. (2020)	GE = 25 GC = 25	50-80 anys; GEM = 66.2; GEF = 65.6; GCM = 64.8; GCF = 70.1	> 1 any IC; hab C; 50-80 anys		FL i equilibri (< 40 % Fcres)	EA (caminar, ergonòmetre, pujar i baixar de l'step, etc.) (40-80 % Fcres)	60 min 3 dies 24 sem
Studenski et al. (2005)	GE = 44 GC = 49	GE = 68.5 ± 9.0 GC = 70.4 ± 11.3	30-150 dies post IC; hab A 25 passos	FIM	Cures usuales: fisioteràpia i recomanacions de salut	EF amb bandes elàstiques, equilibri i EA (ergonòmetre)	60 min 3 dies 12 sem
Kim i Yim (2017)	GE = 14 GC = 15	GE = 50.71 ± 14.81 ; GC = 51.87 ± 17.42	3 mesos post IC, hab cognitives en bon estat, hab C 10 m	KMOCA	Teràpia física convencional	Teràpia física convencional + exercici físic (EF de les extremitats superiors i EA amb ergonòmetre)	60 min 3 dies 6 sem
Ozdemir et al. (2001)	GE = 30 GC = 30	43-80 anys; GE = 50.71 ± 14.81 ; GC = 51.87 ± 17.42	Pacients amb IC	MMSE	Recomanacions per a la llar	EF i FL	120 min 5 dies 8 sem
Quaney et al. (2009)	GE = 19 GC = 19	GE = 64.10 ± 12.30 ; GC = 58.96 ± 14.68	> mesos post IC; mobilitat ambdós H	Trail Making Tests Parts A and B	FL a la llar	EA (cicloergòmetre) (70 % FC màx)	45 min 3 dies 8 sem
Immink et al. (2014)	GE = 11 GC = 11	GE = 56.1; GC = 63.2	> 1 any IC	Stroke Impact Scale domains	Cap	loga	90 min 6 dies 10 sem
Bo et al. (2019)	GE = 42 GC = 47	GE = 65.12 ± 2.56 ; GC = 64.36 ± 2.31	> 6 mesos IC; conscient per entendre instruccions verbals, sense malalties greus	Trail Making Part B	Entrenament cognitiu	EA, EF i equilibri (Escala de Borg 13-15)	50 min 3 dies 12 sem

Nota. GE: grup experimental; GC: grup control; GEM: grup experimental masculí; GEF: grup experimental femení; GCM: grup control masculí; GCF: grup control femení; H: hemisferis; hab: habilitat; EA: entrenament aeròbic; EF: entrenament de força; FL: flexibilitat; IC: ictus; C: caminar; min: minuts; sem: setmanes.

**Figura 2**

Efectes de programes d'exercici físic sobre la funció cognitiva enfront d'altres programes control en pacients postictus.

Nota. N: mida de la mostra; M: mitjana; DE: desviació estàndard; DEM: diferència estandarditzada de mitjanes; IC 95 %: interval de confiança 95 %; p: p valor significació.

Taula 3

Anàlisi de l'efecte dels programes d'exercici físic sobre la funció cognitiva segons durada en setmanes, freqüència setmanal, durada de les sessions i tipus de programa d'exercici físic implementat.

Autors		G	DEM	IC 95 %	DEM	IC 95 %	p
Edat							
< 65 anys	Bateman et al. 2001; Kim i Yim, 2017; Ozdemir et al. 2001; Immink et al. 2014	5	23.47	7.3; 39.6	1.82	0.4; 3.3	.014
≥ 65 anys	Tang et al. 2016; Khattab et al. 2020; Studenski et al. 2005; Quaney et al. 2009; Bo et al. 2019	6	4.47	−2.8; 12.3			
Setmanes							
< 12 sem	Kim i Yim, 2017; Ozdemir et al. 2001; Quaney et al. 2009; Immink et al. 2014	5	21.97	4.4; 39.6	1.33	0.0; 2.7	.051
≥ 12 sem	Bateman et al. 2001; Tang et al. 2016; Khattab et al. 2020; Studenski et al. 2005; Bo et al. 2019	6	6.02	−3.3; 15.3			
Freqüència							
3 ses/sem	Bateman et al. 2001; Tang et al. 2016; Khattab et al. 2020; Quaney et al. 2009; Bo et al. 2019	7	6.66	−1.0; 14.3	−1.16	−2.5; 0.2	.091
> ses/sem	Kim i Yim, 2017; Ozdemir et al. 2001; Immink et al. 2014	4	24.83	1.6; 48.1			
Durada sessions							
< 60 minuts	Bateman et al. 2001; Quaney et al. 2009; Immink et al. 2014; Bo et al. 2019	4	9.35	−7.9; 26.6	−0.44	−1.7; 0.8	.492
≥ 60 minuts	Tang et al. 2016; Khattab et al. 2020; Studenski et al. 2005; Ozdemir et al. 2001; Kim i Yim, 2017	7	15.51	1.9; 29.8			
Tipus exercici EA vs. EF (grups)							
EA	Bateman et al. 2001; Tang et al. 2016; Khattab et al. 2020; Quaney et al. 2009	5	10.46	3.3; 17.6	−1.88	−3.7; −0.1	.039
EF	Ozdemir et al. 2001; Immink et al. 2014	3	28.87	−8.1; 65.9			
Tipus d'EA vs. EA+EF (grups)							
EA	Bateman et al. 2001; Tang et al. 2016; Khattab et al. 2020; Quaney et al. 2009	5	10.46	3.3; 17.6	1.11	−0.5; 2.7	.163
EA+EF	Studenski et al. 2005; Kim i Yim, 2017; Bo et al. 2019	3	2.34	−21.5; 26.2			
Tipus d'EF vs. EA+EF (grups)							
EF	Ozdemir et al. 2001; Immink et al. 2014	3	28.87	−8.1; 65.9	2.12	−0.1; 4.3	.056
EA+EF	Studenski et al. 2005; Kim i Yim, 2017; Bo et al. 2019	3	2.34	−21.5; 26.2			

Nota. G: grups; EA: entrenament aeròbic; EF: entrenament de força; ses: sessions; sem: setmana.

Discussió

El primer objectiu de la present revisió sistemàtica amb metaanàlisi va ser determinar l'efecte que l'exercici físic presenta sobre la funció cognitiva en pacients postictus.

La metaanàlisi va revelar que l'exercici físic mostra un efecte positiu significatiu sobre la funció cognitiva en comparació amb el grup control. Aquests resultats estan en línia amb altres autors (Cumming et al., 2012; Oberlin et al., 2017). Cumming et al. (2012) fan una revisió sistemàtica amb 12 estudis. La seva metaanàlisi, duta a terme amb nou dels estudis, va mostrar una millora a favor del grup experimental, tot i que no significativa ($SMD = 0.20$; $p = .719$). Oberlin et al. (2017) van dur a terme la seva metaanàlisi amb un total de 14 RCT. Aquests autors també van mostrar una millora de manera significativa ($SMD = 0.304$; $p < .001$).

S'ha de tenir en compte que tant el treball de Cumming et al. (2012) com el d'Oberlin et al. (2017) van indicar dins dels criteris d'inclusió programes d'intervenció amb fisioteràpia, a més de programes amb exercici físic. En aquest sentit, la present metaanàlisi presenta una mida més gran de l'efecte sobre la funció cognitiva que aquestes investigacions. En aquest sentit, dos dels estudis inclosos a la present revisió sistemàtica (Kim i Yim, 2017; Studenski et al., 2005) apliquen al grup control un programa de fisioteràpia. Studenski et al. (2005) mostren els mateixos resultats després d'aplicar tots dos programes, mentre que Kim i Yim (2017) van obtenir millors resultats en el grup d'exercici físic de manera significativa. Aquestes troballes suggereixen que un programa d'exercici físic pot reduir el declivi cognitiu produït per l'ictus, i el seu efecte podria ser més gran que l'aconseguit amb un programa de fisioteràpia.

El segon objectiu de la present revisió sistemàtica amb metaanàlisi va ser sintetitzar els estudis originals duts a terme sobre l'efecte de programes d'exercici físic sobre la funció cognitiva en pacients postictus, identificant-ne la millor freqüència, durada i tipus de programa.

Amb relació a l'edat dels participants en les investigacions presents, quatre estudis implementen els programes d'exercici físic en adults (< 65 anys) (Bateman et al., 2001; Immink et al., 2014; Kim i Yim, 2017; Ozdemir et al., 2001) i cinc estudis van utilitzar programes en adults grans (≥ 65 anys) (Bo et al., 2019; Khattab et al., 2020; Quaney et al., 2009; Studenski et al., 2005; Tang et al., 2016). En l'anàlisi de diferències en l'efecte del programa d'exercici físic sobre la funció cognitiva segons l'edat, l'anàlisi mostra que els adults van millorar significativament més que els adults grans. Això es podria deure a la relació existent entre l'edat i el declivi cognitiu. Aquest declivi es considera com una part inevitable de l'envelliment, que pot anar des d'un lleu deteriorament cognitiu fins a una malaltia neurodegenerativa crònica (Karantzoulis i Galvin, 2011). És probable que els programes dirigits a pacients postictus de més edat hagin d'incloure altres

aspectes. Una revisió sistemàtica amb adults grans sans va mostrar millores en la funció cognitiva després de programes que combinaven exercici físic i entrenament cognitiu enfront dels que només incloïen exercici físic (Gheysen et al., 2018). L'article de Bo et al. (2019) va comparar un programa d'entrenament combinat amb un programa d'entrenament cognitiu, en el qual s'obtenien més beneficis de la funció cognitiva amb el programa d'entrenament combinat que amb el d'entrenament cognitiu. Per aquest motiu, es recomanen programes que incloguin un enfocament multicomponent i entrenament cognitiu.

La mitjana de durada dels programes va ser de 13.6 setmanes amb una freqüència mitjana de 3.8 sessions per setmana i 55.5 minuts per sessió. En aquest sentit, l'anàlisi va mostrar que no van existir diferències entre aplicar un programa de més de 12 setmanes o un programa de durada inferior, i que una freqüència de més de tres sessions per setmana o una durada de sessió superior no aporta més millores en la funció cognitiva. Aquests resultats estan en línia amb una metaanàlisi recent sobre l'efecte de l'exercici físic en la funció cognitiva en adults grans sans (Gheysen et al., 2018). La metaanàlisi d'Oberlin et al. (2017) va indicar més millores en els estudis que van aplicar una intervenció de menys de tres mesos. Tot i que no de manera significativa, els nostres resultats mostren la mateixa tendència. Aquests resultats es podrien deure al no compliment dels principis d'entrenament aplicats als programes d'exercici dirigits a pacients postictus, en concret, el principi de progressió. Una revisió sistemàtica recent va mostrar que els principis d'entrenament aplicats als programes d'exercici físic en aquesta població són inconsistents (Ammann et al., 2014). Per tant, es recomana que un programa d'exercici físic en pacients postictus amb l'objectiu de millorar la funció cognitiva posi especial atenció als principis d'entrenament, mostri com a mínim sis setmanes de durada, amb una freqüència de tres sessions setmanals i una durada per sessió d'almenys 30 minuts.

En relació amb el tipus de programa d'exercici físic, cinc subgrups apliquen programes d'exercici aeròbic (Bateman et al., 2001; Khattab et al., 2020; Quaney et al., 2009; Tang et al., 2016), tres subgrups apliquen programes de força (Immink et al., 2014; Ozdemir et al., 2001) i tres apliquen programes combinats (Bo et al., 2019; Kim i Yim, 2017; Studenski et al., 2005). L'anàlisi va mostrar que les sessions que implementaven exercicis de força van ser més beneficioses que les que incloïen exercicis de treball aeròbic. Tot i això, en eliminar el grup que va presentar un canvi extrem en la variable de la funció cognitiva (Ozdemir et al., 2001), aquesta diferència ja no és significativa. D'altra banda, el grup d'estudis que apliquen programes de força no inclou adults grans, enfront del grup d'entrenament aeròbic, que inclou quatre estudis amb adults grans (Bateman et al., 2001; Khattab et al., 2020; Quaney et al., 2009; Tang et al., 2016), i el grup d'entrenament combinat, que n'inclou un (Studenski et al., 2005). Aquests resultats

estan en consonància amb els aportats per la metaanàlisi duta a terme per Oberlin et al. (2017). Aquests autors mostren que l'entrenament exclusivament aeròbic no va presentar resultats positius sobre la funció cognitiva; tot i així, l'entrenament de força sí que en va mostrar. No obstant això, no indica si les diferències mencionades entre grups van ser significatives. En aquest sentit, l'entrenament aeròbic augmenta el volum sanguini cerebral (Pereira et al., 2007) i l'entrenament de força promou una vascularització més gran i millora el subministrament essencial per al cervell, de manera que tots dos milloren la funció cognitiva (Tsai et al., 2015). Així mateix, en la millora de la funció cognitiva s'ha relacionat un augment de la proteïna factor neurotròfic derivat del cervell (BDNF) amb l'exercici (Winter et al., 2007). Amb l'objectiu de poder indicar quin és el tipus d'exercici més recomanat per a la millora de la funció cognitiva en pacients que han sofert un ictus és necessari augmentar el nombre d'RCT.

Aplicació pràctica

La present revisió sistemàtica amb metaanàlisi mostra que un programa exclusivament d'exercici físic aporta resultats positius significatius en la funció cognitiva en pacients postictus. Tot i així, és necessari tenir en compte altres variables com l'edat del participant i els principis d'entrenament per poder maximitzar-ne els beneficis. Aquests resultats suposen una nova troballa per a metges i preparadors físics amb l'objectiu de disminuir el declivi cognitiu en aquests pacients i millorar així la seva qualitat de vida. Es recomana que un programa d'exercici físic en pacients postictus amb l'objectiu de millorar la funció cognitiva posi especial atenció als principis d'entrenament, es basi principalment en exercicis de força, mostri com a mínim sis setmanes de durada, amb una freqüència de tres sessions per setmana i una durada per sessió d'almenys 30 minuts.

Limitacions

La principal limitació de la present revisió sistemàtica amb metaanàlisi és l'escàs nombre d'RCT existents fins a la data. Aquest aspecte limita les comparacions entre grups i fa necessari augmentar el nombre d'investigacions originals d'RCT. Una altra limitació és que no tots els estudis utilitzen la mateixa eina per valorar la capacitat cognitiva i els resultats s'han hagut de traduir a percentatges per poder establir-hi comparacions.

Conclusions

Un programa d'exercici físic millora la funció cognitiva de manera significativa en pacients postictus, i el seu efecte pot ser superior al dels programes de rehabilitació.

És probable que en els adults grans que tinguin un ictus, en comparació amb adults joves i de mitjana edat, a causa del deteriorament cognitiu associat a l'edat, siguin necessaris programes combinats d'exercici físic amb entrenament cognitiu.

Es recomana que un programa d'exercici físic en pacients postictus amb l'objectiu de millorar la funció cognitiva posi especial atenció als principis d'entrenament, mostri almenys sis setmanes de durada, amb una freqüència de tres sessions per setmana i una durada per sessió d'almenys 30 minuts.

Se suggereix una moderada evidència que els programes d'entrenament de força són els més beneficiosos per a la millora de la funció cognitiva en aquesta població. Tot i així, és necessari un nombre més alt d'investigacions per poder indicar quin tipus de programa d'exercici físic és el més beneficiós per als pacients postictus.

Referències

- Alvarez, J. (2008). Mortalidad hospitalaria por ictus. *Revista Española de Cardiología*, 61(10), 1007-1009.
- Ammann, B. C., Knols, R. H., Baschung, P., Bie, R. A. De, & Bruin, E. D. De. (2014). Application of principles of exercise training in sub-acute and chronic stroke survivors : a systematic review. *BMC Neurology*, 14, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12883-014-0167-2>
- Bateman, A., Culpan, F. J., Pickering, A. D., Powell, J. H., Scott, O. M., & Greenwood, R. J. (2001). The effect of aerobic training on rehabilitation outcomes after recent severe brain injury: A randomized controlled evaluation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(2), 174-182. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.19744>
- Betrán Piracés, M., Casterad Más, J., & Serra Puyal, J. (2003). Efectos de un programa de actividad física sobre los parámetros cardiovasculares en una población de la tercera edad. *Apunts Educación Física y Deportes* 3(73), 42-48.
- Bo, W., Lei, M., Tao, S., Jie, L. T., Qian, L., Lin, F. Q., & Ping, W. X. (2019). Effects of combined intervention of physical exercise and cognitive training on cognitive function in stroke survivors with vascular cognitive impairment: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 33(1), 54-63. <https://doi.org/10.1177/0269215518791007>
- Carnesoltas, L., Serra, M., & O'Farrill, R. (2013). Factores de riesgo y mortalidad por neumonía intrahospitalaria en la Unidad de Terapia Intensiva de Ictus. *Medwave*, 13, 1-2.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Lawrence Earlbaum Associates (ed.); 2nd ed.
- Cumming, T. B., Tyedin, K., Churilov, L., Morris, M. E., & Bernhardt, J. (2012). The effect of physical activity on cognitive function after stroke: a systematic review. *International Psychogeriatrics*, 24(4), 557-567. <https://doi.org/10.1017/S1041610211001980>
- Debrenci-Nagy, A., Horvath, J., Bajuszne Kovacs, N., Fulop, P., & Jenei, Z. (2019). The effect of low-intensity aerobic training on cognitive functions of severely deconditioned subacute and chronic stroke patients: a randomized, controlled pilot study. *International Journal of Rehabilitation Research. Internationale Zeitschrift Fur Rehabilitationsforschung. Revue Internationale de Recherches de Readaptation*, 42(3), 275-279. <https://doi.org/10.1097/MRR.0000000000000346>
- Egger, M., Smith, G., Schneider, M., & Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test measures of funnel plot asymmetry. *Thebmj*, 315, 629-634.
- Freudenberger, P., Petrovic, K., Sen, A., Töglhofer, A., Fixa, A., Hofer, E., Perl, S., Zqwikar, R., Seshadri, S., Schimidt, R., & Schmidt, H. (2016). Fitness and cognition in the elderly. The Austrian Stroke Prevention Study. *Neurology*, 86(5), 418-424.

- Gheysen, F., Poppe, L., Desmet, A., Swinnen, S., Cardon, G., Bourdeaudhuij, I., De, Chastin, S., & Fias, W. (2018). Physical activity to improve cognition in older adults : can physical activity programs enriched with cognitive challenges enhance the effects ? A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 15(63), 1-13.
- Go, A. S., Mozaffarian, D., Roger, V. L., Benjamin, E. J., Berry, J. D., Blaha, M. J., Dai, S., Ford, E. S., Fox, C. S., Franco, S., Fullerton, H. J., Gillespie, C., Hailpern, S. M., Heit, J. A., Howard, V. J., Huffman, M. D., Judd, S. E., Kissela, B. M., Kittner, S. J., ... Heart, A. (2014). AHA Statistical Update Executive Summary : Heart Disease and Stroke Statistics – 2014 Update A Report From the American Heart Association Writing Group Members. *Circulation*, 129(3), 399-410. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000442015.53336.12>
- Gottesman, R., & Hillis, A. (2010). Predictors and assessment of cognitive dysfunction resulting from ischaemic stroke. *Lancet Neurol*, 9, 895-905. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(10\)70164-2.Predictors](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(10)70164-2.Predictors)
- Immink, M. A., Hillier, S., & Petkov, J. (2014). Randomized controlled trial of yoga for chronic poststroke hemiparesis: Motor function, mental health, and quality of life outcomes. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 21(3), 256-271. <https://doi.org/10.1310/tsr2103-256>
- Ioannidis, J. P. A. (2008). Interpretation of tests of heterogeneity and bias in meta-analysis. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 14(5), 951-957. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2753.2008.00986.x>
- Karantzoulis, S., & Galvin, J. (2011). Distinguishing Alzheimer's disease from other major forms of dementia. *Expert Rev Neurother*, 11(11), 1579-1591. <https://doi.org/10.1586/ern.11.155.Distinguishing>
- Khattab, S., Eng, J. J., Liu-Ambrose, T., Richardson, J., MacDermid, J., & Tang, A. (2020). Sex differences in the effects of exercise on cognition post-stroke: Secondary analysis of a randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 52(1), 1-8. <https://doi.org/10.2340/16501977-2615>
- Kim, J., & Yim, J. (2017). Effects of an exercise protocol for improving handgrip strength and walking speed on cognitive function in patients with chronic stroke. *Medical Science Monitor*, 23(5402). <https://doi.org/10.12659/MSM.904723>
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., & John, P. A. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *J Clin Epidemiol*, 62(10), 1-34. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2700>
- Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro Scale for Rating Quality of Randomized. *Physical Therapy*, 83(8), 713-721.
- Martínez-Vila, E., & Irimia, P. (2000). Factores de riesgo del ictus Risk factors of the stroke. In *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 23, 25-31.
- McHugh, M. L. (2012). Lessons in biostatistics interrater reliability : the kappa statistic. *Biochemica Medica*, 22(3), 276-282. <https://hrcak.srce.hr/89395>
- Mesa, Y., Fernández, O., Hernández, T., & Parada, Y. (2016). Calidad de vida en pacientes post-ictus : factores determinantes desde la fase aguda Quality of life in post-ictuspatients : determinants factors from the acute phase. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 15(4), 508-524.
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A., & Group, P. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *System Reviews*, 4(1), 1-9.
- Oberlin, L. E., Waiwood, A. M., Cumming, T. B., Marsland, A. L., Bernhardt, J., & Erickson, K. I. (2017). Effects of Physical Activity on Poststroke Cognitive Function A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Stroke*, 48(11), 3093-3100. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.117.07319>
- Ozdemir, F., Birtane, M., Tabatabaei, R., Kokino, S., & Ekuklu, G. (2001). Comparing stroke rehabilitation outcomes between acute inpatient and nonintense home settings. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(10), 1375-1379. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.25973>
- Pereira, A. C., Huddleston, D. E., Brickman, A. M., Sosunov, A. A., Hen, R., Mckhann, G. M., Sloan, R., Gage, F. H., Brown, T. R., & Small, S. A. (2007). An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 5638-5643.
- Quaney, B. M., Boyd, L. A., McDowd, J. M., Zahner, L. H., Jianghua He, Mayo, M. S., & MacKo, R. F. (2009). Aerobic exercise improves cognition and motor function poststroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 23(9), 879-885. <https://doi.org/10.1177/1545968309338193>
- Rosenthal, R. (1979). The file drawer problem and tolerance for null results. *Psychological Bulletin*, 86(3), 638-641. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.3.638>
- Solà-Serrabou, M., López, J. L., & Valero, O. (2019). Effectiveness of training in the elderly and its impact on health-related quality of life. *Apunts Educacion Física y Deportes*, 137, 30-42. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019\)3.137.03](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019)3.137.03)
- Studenski, S., Duncan, P. W., Perera, S., Reker, D., Lai, S. M., & Richards, L. (2005). Daily functioning and quality of life in a randomized controlled trial of therapeutic exercise for subacute stroke survivors. *Stroke*, 36(8), 1764-1770. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000174192.87887.70>
- Sun, J., Ke, Z., Yip, S. P., Hu, X., Zheng, X., & Tong, K. (2014). Rehabilitation Outcome after Stroke by BDNF Upregulation and Stress Suppression. *BioMed Res, Article ID*, 1-8.
- Tang, A., Eng, J. J., Krassioukov, A. V., Tsang, T. S. M., & Liu-Ambrose, T. (2016). High- and low-intensity exercise do not improve cognitive function after stroke: A randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 48(10), 841-846. <https://doi.org/10.2340/16501977-2163>
- Tsai, C., Wang, C., Pan, C., & Chen, F. (2015). The effects of long-term resistance exercise on the relationship between neurocognitive performance and GH, IGF-1, and homocysteine levels in the elderly. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9(23), 1-12. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2015.00023>
- Vanderbeken, I., & Kerckhofs, E. (2016). A systematic review of the effect of physical exercise on cognition in stroke and traumatic brain injury patients. *NeuroRehabilitation*, 40(1), 33-48. <https://doi.org/10.3233/NRE-161388>
- Wagle, J., Farner, L., Flekkøy, K., Bruun, W., Sandvik, L., Fure, B., Stensrod, B., & Engedel, K. (2011). Early Post-Stroke Cognition in Stroke Rehabilitation Patients Predicts Functional Outcome at 13 Months. *Dement Geriatr Cogn Disord*, 31, 379-387. <https://doi.org/10.1159/000328970>
- Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F. C., Voelker, K., Fobker, M., Lechtermann, A., Krueger, K., Fromme, A., Korsukewitz, C., Floel, A., & Knecht, S. (2007). High impact running improves learning. *Neurobiology of Learning & Memory*, 87, 597-609. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2006.11.003>
- Yeh, T.-T., Chang, K.-C., & Wu, C.-Y. (2019). The Active Ingredient of Cognitive Restoration: A Multicenter Randomized Controlled Trial of Sequential Combination of Aerobic Exercise and Computer-Based Cognitive Training in Stroke Survivors With Cognitive Decline. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 100(5), 821-827. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.12.020>

Conflicte d'interessos: les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Aquest article està disponible a la url <https://www.revista-apunts.com/ca/>. Aquest treball està publicat sota una llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Les imatges o qualsevol altre material de tercers d'aquest article estan incloses a la llicència Creative Commons de l'article, tret que s'indiqui el contrari a la línia de crèdit; si el material no s'inclou sota la llicència Creative Commons, els usuaris hauran d'obtenir el permís del titular de la llicència per reproduir el material. Per veure una còpia d'aquesta llicència, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>



Descansos actius i rendiment cognitiu en l'alumnat: una revisió sistemàtica

Juan Carlos Pastor-Vicedo¹ , Alejandro Prieto-Ayuso^{2*} , Sergio López Pérez³ i Jesús Martínez-Martínez⁴ 

¹Departament de Didàctica de l'Educació Física, Artística i Música. Facultat d'Educació d'Albacete, Universitat de Castella-la Manxa (Espanya).

²Departament de Didàctica de l'Educació Física, Artística i Música. Facultat d'Educació de Conca, Universitat de Castella-la Manxa (Espanya).

³Facultat d'Educació d'Albacete. Universitat de Castella-la Manxa (Espanya).

⁴Departament de Didàctica de l'Educació Física, Artística i Música. Facultat d'Educació de Toledo, Universitat de Castella-la Manxa (Espanya).

Citació

Pastor-Vicedo, J.C., Prieto-Ayuso, A., López Pérez, S. & Martínez-Martínez, J. (2021). Active Breaks and Cognitive Performance in Pupils: A Systematic Review. *Apunts Educación Física y Deportes*, 146, 11-23. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/4\).146.02](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/4).146.02)

Resum

Aquest treball tenia com a objectiu realitzar una revisió sistemàtica sobre intervencions escolars basades en descansos actius en context escolar amb la intenció de poder identificar les característiques clau (durada del DA, intensitat i naturalesa de les activitats) que ha de complir un descans actiu per proporcionar un millor rendiment cognitiu, com la concentració i l'atenció en l'alumnat. Es va realitzar una revisió sistemàtica seguint el mètode PRISMA, establint els següents criteris d'inclusió: a) estudis publicats entre 2010 i 2020 (ambdós inclosos), b) escrits en espanyol o en anglès, c) descans actiu com a tema principal, d) articles elaborats dins del context escolar. Es van consultar les bases de dades Web of Science, Scopus i PubMed. S'hi van incloure un total de 19 articles, tots amb mostres de millora sobre l'atenció i concentració dels alumnes, després de dur a terme un programa d'intervenció de descansos actius en context escolar. A més, es va observar la important influència de les variables de durada, tipus i intensitat de la intervenció perquè els descansos actius millorin el rendiment cognitiu de l'alumnat. Finalment, es va concloure que es van trobar més beneficis en descansos actius de curta durada, a una intensitat vigorosa i a través d'una activitat amb més càrrega cognitiva.

Paraules clau: activitat física, descansos actius, escola, revisió.

Editat per:

© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

*Correspondència:

Alejandro Prieto-Ayuso
Alejandro.Prieto@uclm.es

Secció:

Activitat física i salut

Idioma de l'original:

Castellà

Rebut:

7 de gener de 2021

Acceptat:

17 de maig de 2021

Publicat:

1 d'octubre de 2021

Coberta:

Jocs Olímpics de Tòquio 2020 –
Taekwondo: Pes mosca femení
49 kg. Combat per la medalla
d'or. Adriana Cerezo Iglesias
(Espanya) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailàndia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japó) 24.07.2021.
REUTERS / Murad Sezer

Introducció

L'activitat física (AF) és un factor clau per a la salut (OMS, 2020) en el desenvolupament físic i psicològic dels infants (Blanco et al., 2020; Strong et al., 2005), ja que produeix millores en el desenvolupament motor (Williams et al., 2008) i en l'autoestima (Ulrich, 1997) i enforteix l'aptitud cardiorespiratòria (Okely et al., 2001). De la mateixa manera, el sedentarisme i la inactivitat física també s'associen a diferents problemes de salut, com la malaltia coronària, patologies musculoesquelètiques, hipertensió arterial, colesterol alt, diabetis, depressió o ansietat, entre d'altres (Piercy et al., 2018). Així, les dades ofertes per l'Organització Mundial de la Salut (OMS, 2020) ens mostren que el 84 % de les nenes i el 78 % dels nens d'entre 11 i 17 anys no compleixen l'AF diària recomanada per a aquesta edat, és a dir, 60 minuts diaris d'activitat física a una intensitat moderada o vigorosa (AFMV) cada dia de la setmana i que n'hi incloguin dos d'enfortiment muscular com a mínim (OMS, 2010), dades que es veuen enfortides a Espanya amb l'estudi PASOS (2019), que mostrava que el 63.3 % de la població infantil i adolescent no compleix les recomanacions establertes, i que el 40.6 % d'escolars d'entre 6 i 9 anys presenten un excés de pes i empijoren a mesura que avança l'edat adolescent, i més en les nenes que en els nens.

Aquesta disminució de la pràctica d'AF sembla estar relacionada, en part, amb l'estil de vida sedentari present a la nostra societat (Watson et al., 2019; Janssen i Leblanc, 2010), però, a més, també amb l'existència d'un currículum escolar carregat de continguts poc manipuladors i amb un marcat caràcter sedentari, amb la majoria del procés educatiu dut a terme dins de les quatre parets de l'aula (Brindova et al., 2014). Aquesta realitat ha contribuït a la modificació de l'estil de vida dels infants, allunyant-los d'opcions que els permetin ser físicament actius. Aquest fet resulta d'importància vital en edat escolar, ja que es considera una etapa sensible, pel fet que és quan s'estableixen gran part dels hàbits que es mantindran al llarg de la vida (Buhring et al., 2009).

Aquesta situació sembla situar-se a l'extrem oposat dels qui consideren el centre educatiu com un entorn ideal per a la promoció de l'AF, ja que, tot i les dades presentades, existeixen potencialitats que l'entorn ofereix, com un espai comú d'interacció, que permet oportunitats idònies d'aprenentatge i que possibilita la interacció amb l'entorn immediat. No obstant això, no s'ha de ser aliè a certes barreres importants, com el currículum, ja mencionat, o l'escàs temps dedicat a l'experimentació o aprenentatge viscut, a més dels espais d'aprenentatge encotillats (Center

on Education Policy, 2007). Les demandes curriculars en àrees denominades instrumentals d'aprenentatge suposen gran part de l'horari escolar, fet que ha dut autors com Van Stralen et al. (2014) a destacar que els infants de 6 a 12 anys passen el 64 % del temps escolar en activitats sedentàries, mentre que només dediquen el 5 % a AFMV. És per això que es fa evident la necessitat d'incrementar els nivells d'AF dins el context escolar, en el qual trobem diferents moments i espais per ser actius, com són les sessions d'educació física, l'esbarjo, els descansos actius i les entrades i sortides de l'escola, que són significatius respecte al còmput setmanal de l'activitat física que realitzen els escolars (Pastor-Pradillo, 2007; Martínez-Martínez et al., 2012), si bé és cert que queden determinats per diferents condicionants propis de cada comunitat educativa.

D'entre aquests temps i espais d'acció saludables, els descansos actius (DA) són entesos com a breus períodes d'AF (Martínez-López et al., 2018) que s'integren dins de l'horari escolar, oferint nivells elevats d'AF als alumnes. Aquest fet no els ha de repercutir de manera negativa en el temps d'aprenentatge, sinó que, al contrari, poden arribar a millorar el rendiment cognitiu (Contreras-Jordán et al., 2020). En aquest sentit, el treball realitzat per Hillman et al. (2011) reflecteix que episodis aguts d'AF poden millorar el rendiment atencional dels infants. Altenburg, Chinapaw i Singh (2016) van mostrar com a alumnes als quals se'ls va aplicar dos DA de 20 minuts setmanals van millorar l'atenció selectiva, en comparació amb el grup control, que tenia només un DA. D'altra banda, la investigació duta a terme per Mavilidi et al. (2019) també va trobar efectes beneficiosos aplicant descansos actius de menys durada, amb els quals milloraven l'atenció, la concentració en la tasca i en la memòria de treball. Per tant, sembla que les funcions cognitives (atenció, concentració, memòria de treball) milloren després de fer els DA. En aquest sentit, convé diferenciar entre les funcions cognitives i les executives. La cognició, per la seva part, fa referència a un conjunt de processos mentals que l'ésser humà és capaç de dur a terme. D'altra banda, les funcions executives constitueixen un constructe utilitzat per formar una sèrie de capacitats cognitives implicades en el control del pensament i la conducta (Zelazo i Carlson, 2012, 2020), amb inclusió d'habilitats com la selecció adequada dels objectius, iniciació i manteniment d'un pla d'acció i la flexibilitat en les estratègies per assolir una meta (Banich, 2009; Soprano, 2003). A més, són essencials per adaptar-se al medi i tenir un funcionament social adequat.

Tot i així, i encara que se sap que els DA milloren les funcions cognitives com l'atenció i la concentració (Donnelly i Lambourne, 2011), existeix certa incertesa quant a l'estructura dels DA (Chacón-Cuberos et al., 2020), ja que en la literatura revisada no queda clara la durada o la freqüència recomanada de les intervencions, ni tampoc la intensitat o tipus d'activitat per proposar dins dels DA (Laberge et al., 2012; Janssen et al., 2014), tot i saber la importància que aquestes variables tenen com a moderadores de la proposta (De Greeff et al., 2017). En aquest sentit, en un treball dut a terme per Hillman et al. (2011) no es van trobar efectes positius en intervencions basades en exercicis aeròbics simples, però sí en activitats exigents cognitivament. Per tant, a la vista de la literatura existent, no sembla que existeixi un consens quant a les característiques que ha de complir un descans actiu amb l'objectiu de millorar les funcions cognitives.

Així, el propòsit d'aquest treball va ser dur a terme una revisió sistemàtica de la literatura, basada en la metodologia PRISMA, sobre intervencions escolars basades en DA amb la intenció de poder identificar-ne les característiques clau (durada del DA, intensitat i naturalesa de les activitats) que han de complir aquests descansos per facilitar un millor rendiment cognitiu.

Metodologia

El procés d'obtenció de la informació que es recull en aquest estudi es va dur a terme mitjançant una revisió sistematitzada a les bases de dades Web of Science, Scopus i PubMed. Les dues primeres es van seleccionar pel fet que són les bases de dades multidisciplinàries que presenten més quantitat d'articles inclosos, i l'última va ser seleccionada perquè és la base de dades més específica per a articles relacionats amb la salut. La recerca es va fer seguint els passos principals de PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), incloent-hi l'estratègia PICO per a la recerca d'articles en cada una de les bases de dades: participants/*participants* (p. ex.: primària, estudiants, infants), intervenció/*intervention* (p. ex.: programa, test), comparadors/*comparators* (p. ex.: educació física, context esportiu), resultats/*outcomes* (p. ex.: detecció, selecció). L'estratègia de recerca utilitzada per a aquestes bases de dades va quedar de la manera següent: (*cognitive* OR *attention* OR “*executive*

function”) AND (“*Primary School*”) AND (“*physical activity*” OR “*active breaks*”). Posteriorment, es van seguir els quatre passos principals del mètode PRISMA: identificació, selecció, elegibilitat i inclusió (Moher et al., 2009). Seguint aquesta estratègia, la quantitat d'articles trobats va ser de 425 (Web of Science-147; Scopus-205; PubMed-73), i tres articles més que es van incloure des de fonts externes, amb un total de 428 articles per a la nostra revisió bibliogràfica.

Al total dels articles trobats se'ls va aplicar criteris de selecció. Els criteris d'inclusió per a aquesta revisió bibliogràfica van ser els següents: a) estudis publicats entre 2010 i 2020 (ambdós inclosos), b) escrits en espanyol i en anglès, c) descans actiu com a tema principal, d) articles elaborats dins del context escolar. A més, s'hi van incloure articles qualitatius i quantitius amb l'objectiu d'ampliar la gamma d'articles disponibles i, així, poder obtenir una quantitat més elevada d'informació sobre el tema estudiat.

Tots els articles es van exportar al gestor bibliogràfic Mendeley. Després de passar el filtre de duplicats, el total d'articles va quedar en 301 (127 articles eliminats). Passat aquest segon filtratge, tenint en compte els criteris d'inclusió, es va descartar un total de 237 articles després d'haver-ne revisat l'any, el títol i el resum. Finalment, van quedar 64 articles per a la lectura completa, amb l'objectiu d'observar si complien tots els criteris d'inclusió. Després d'aquest últim pas, es van seleccionar definitivament 19 articles, que van servir per fer la revisió bibliogràfica amb profunditat, un cop descartats 45 documents que, passada l'anàlisi en profunditat, no complien els criteris d'inclusió.

Els articles que no s'ajustaven a la data de publicació es van descartar al primer pas. Tots els articles que van complir els criteris d'inclusió es van seleccionar per a la revisió. El diagrama de flux establert pel mètode PRISMA es pot veure a la Figura 1.

Resultats

Els 19 articles seleccionats per ser inclosos en aquesta revisió es presenten a la Taula 1, amb els apartats d'autors i any de publicació de l'article, objectiu principal d'estudi, mostra (edat i nombre), instrument de mesura de les variables, variables estudiades i resultats de la investigació.

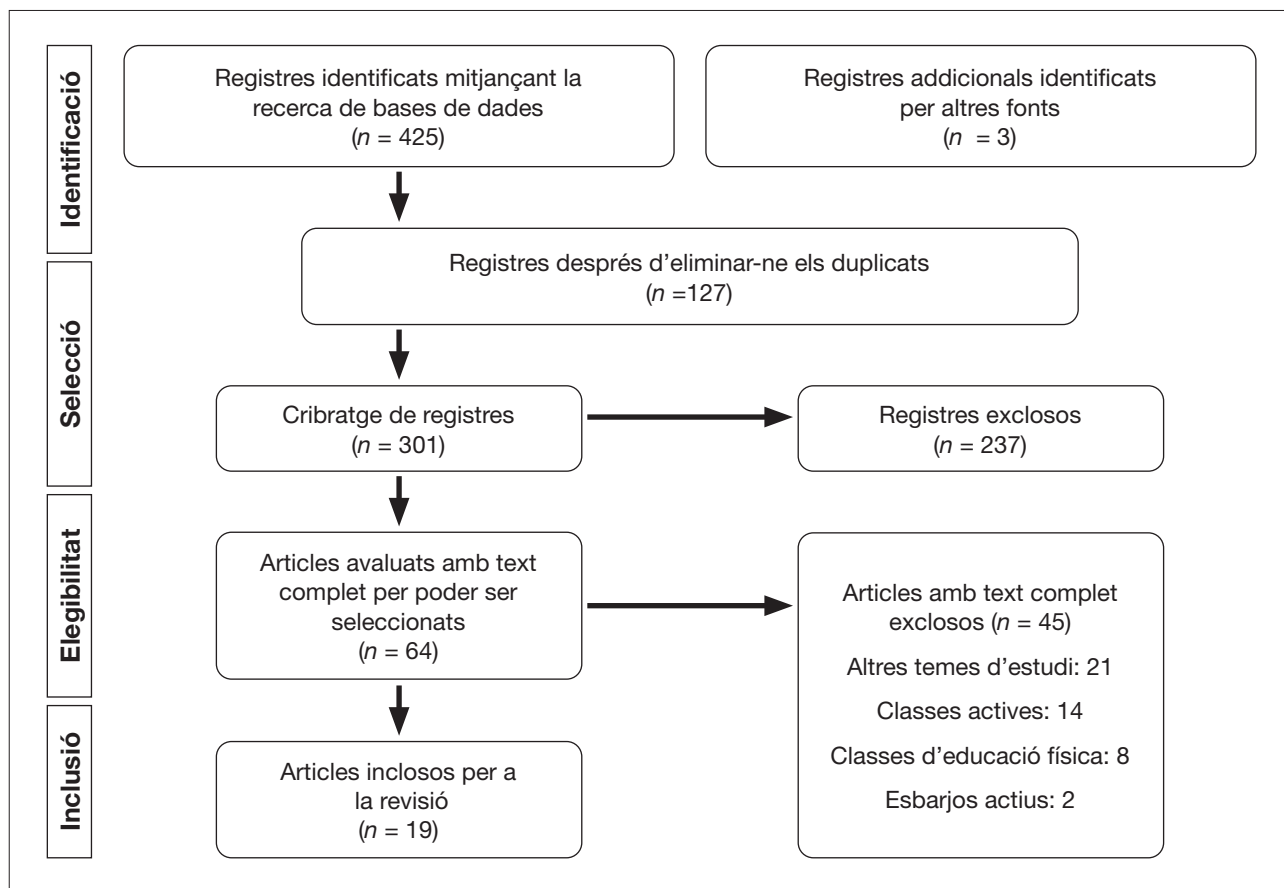
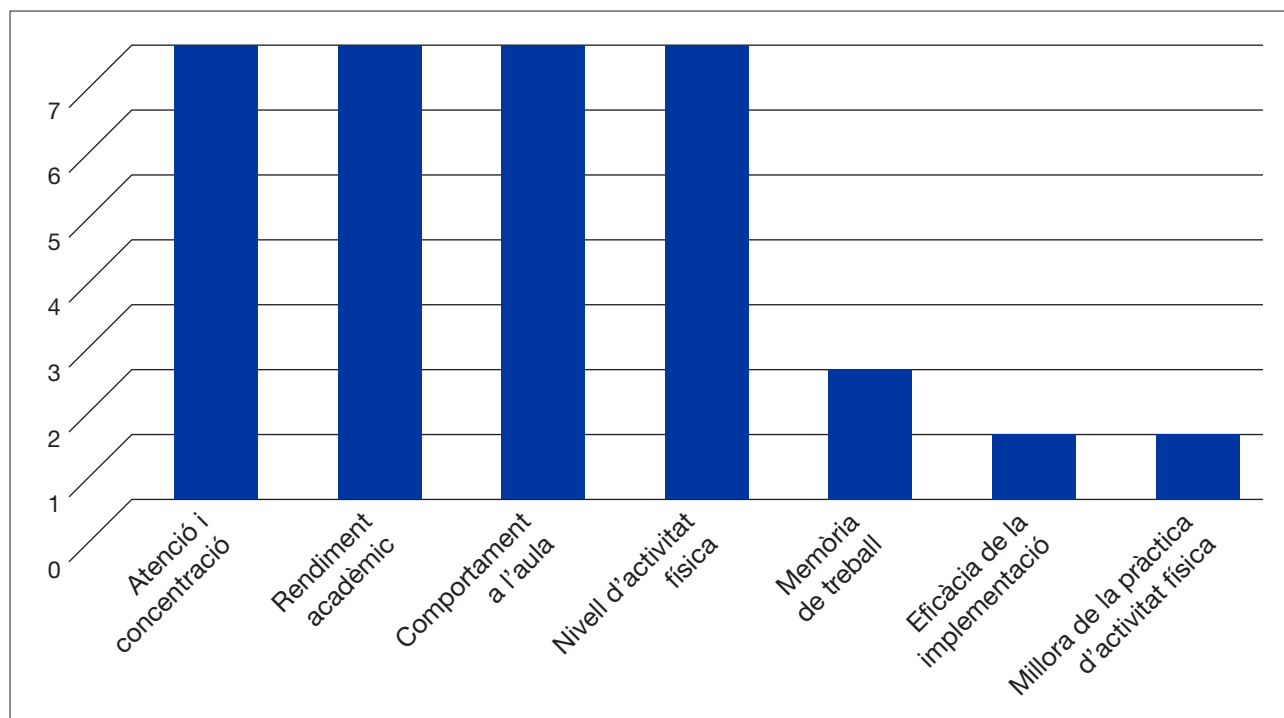
**Figura 1**

Diagrama de flux del procés de selecció bibliogràfica.

**Figura 2**

Nombre de publicacions agrupades per temàtiques abordades en els articles inclosos a la revisió.

Taula 1*Característiques dels articles analitzats.*

Article	Objectiu de l'estudi	Mostra	Instrument de mesura	Variables	Resultats
Contreras-Jordán et al. (2020)	Conèixer la influència dels DA en l'atenció i concentració dels infants.	<i>N</i> = 73 infants d'entre 9 i 11 anys	Test d'atenció D2	Atenció i concentració	Millora notable de l'atenció i concentració passades 10 sessions de 15 minuts de DA
Watson et al. (2019)	Avaluar la viabilitat i eficàcia d'un programa pilot de DA de sis setmanes en rendiment acadèmic, comportament a l'aula i AF.	<i>N</i> = 374 infants d'entre 8 i 10 anys	Wheldall Assessment of Reading Passages (WARP) Test Westwood One Minute Tests of Basic Number Facts ActiGraph GT3-X acceleròmetres Direct Behaviour Rating Scale	Rendiment acadèmic AF Comportament a l'aula	Es va mostrar que el comportament en la tasca individual va augmentar en el grup d'intervenció, amb grans millores observades en els infants. Tot i així, no hi va haver cap efecte d'intervenció sobre el comportament a l'aula en la tasca grupal. No es van trobar efectes d'intervenció per a les matemàtiques, la lectura o l'AF durant el dia escolar.
Janssen et al. (2014)	L'objectiu d'aquest estudi va ser obtenir una idea dels efectes aguts d'un període curt d'AF sobre l'atenció selectiva en infants d'educació primària.	<i>N</i> = 123 infants de 10-11 anys	TEA-Ch test	Atenció a l'aula	Els nivells d'atenció de descans d'AF van ser significativament millors ($p < .001$) que després de no fer un DA. Els nivells d'atenció van ser millors després del descans d'AF d'intensitat moderada.
Egger et al. (2019)	L'objectiu de l'estudi va ser examinar els efectes dels DA amb esforç físic alt i compromís cognitiu alt (grup combinat), esforç físic alt i compromís cognitiu baix (grup aeròbic), o esforç físic baix i compromís cognitiu alt (grup cognitiu).	<i>N</i> = 142 infants d'entre 7 i 9 anys	Self-Assessment Manikin ActiGraph GT3X Eriksen flanker task Heidelberger Rechentest Hamburger Schreib-Probe (HSP 1-10) Salzburger Lesescreening PAQ-C	Nivell d'AF Rendiment acadèmic Resultats cognitius (matemàtiques, ortografia i lectura)	El grup combinat se'n va beneficiar en mostrar més exigència cognitiva. El grup cognitiu se'n va beneficiar només en termes de rendiment acadèmic, mentre que el grup aeròbic no en va resultar afectat. La inclusió de pauses d'AF cognitivament atractives sembla una manera prometedora de millorar les funcions cognitives dels escolars.
Mok et al. (2020)	Avaluar l'efectivitat d'aquest programa per canviar les actituds dels infants cap a la pràctica física.	<i>N</i> = 3036 estudiants d'entre 8 i 11 anys	Qüestionari de l'escala d'actituds envers l'AF	Actitud cap a la pràctica d'AF	Aquest estudi proporciona evidència sobre les millores en termes d'aprenentatge, experiència, actituds envers l'AF i motivació personal.

Taula 1 (Continuació)*Característiques dels articles analitzats.*

Article	Objectiu de l'estudi	Mostra	Instrument de mesura	Variables	Resultats
Schmidt et al. (2016)	Desenredar els efectes separats i/o combinats de l'esforç físic i el compromís cognitiu induïts per les interrupcions de l'AF en l'atenció dels infants de primària.	N = 92 infants d'11-12 anys	Test D2 PANAS-C	Atenció en els alumnes	L'esforç físic no va tenir cap efecte en cap mesura del rendiment atencional dels infants. El compromís cognitiu va ser el factor crucial que va conduir a més atenció enfocada i una velocitat més gran de processament.
Suarez-Manzano et al. (2018)	Analitzar els estudis que avaluen l'efecte de la pràctica d'AF integrada en els descansos escolars, sobre l'atenció en infants i adolescents.	Revisió sistemàtica		Atenció en els alumnes	Tots els estudis van utilitzar exercici físic a intensitat moderada-vigorosa d'una durada d'entre 5 i 30 min. En set estudis es van obtenir millores i en dos no es van obtenir canvis. Es van trobar diferències atenent al sexe. Finalment, es va observar la influència de la durada i intensitat de la intervenció.
Paschen et al. (2019)	Investigar els efectes d'exercici amb demandes cognitives baixes i altes sobre la velocitat de processament i la precisió del rendiment en tasques que examinen la inhibició, memòria de treball i flexibilitat cognitiva en infants.	Revisió sistemàtica		Memòria de treball Inhibició Flexibilitat cognitiva	10 estudis amb un total de 890 participants van revelar efectes positius en el rendiment de la memòria de treball després d'exercicis amb demandes cognitives baixes en comparació amb el descans assegut, resultats mixtos per a la inhibició després d'exercicis amb demandes cognitives altes i baixes i resultats mixtos per a flexibilitat cognitiva amb demandes cognitives baixes.
Mavilidi et al. (2020)	Investigar si l'AF podria disminuir els nivells d'ansietat i millorar el rendiment de les proves de matemàtiques en infants de sisè grau.	N = 68 infants d'11-12 anys	The Cognitive Anxiety test Questionnaire Math Test	Nivells d'ansietat Rendiment acadèmic	Els estudiants amb ansietat baixa van obtenir millors resultats a l'examen de matemàtiques que els infants amb ansietat alta. No es van trobar diferències per a cap de les variables entre la condició d'interrupció de l'activitat i la condició de control.

Taula 1 (Continuació)*Característiques dels articles analitzats.*

Article	Objectiu de l'estudi	Mostra	Instrument de mesura	Variables	Resultats
Mavilidi et al. (2019)	Aquest estudi va examinar els efectes de diferents tipus de DA a l'aula sobre el comportament al treball dels infants, el rendiment acadèmic i la cognició.	$N = 87$ alumnes d'entre 9 i 11 anys	Behaviour observation of students in schools The Applied behaviour analysis for teachers Individual Basic Facts Assessment Tool The Flanker test	Comportament a la tasca Rendiment acadèmic Funcions executives	Es van trobar efectes significatius per al comportament en tasca. Van millorar els resultats quant al rendiment acadèmic en matemàtiques. No es va trobar efecte en les funcions executives.
Schmidt et al. (2019)	Investigar els efectes d'activitats físiques específicament dissenyades sobre l'aprenentatge del vocabulari de llengües estrangeres i el rendiment atencional.	$N = 104$ infants d'entre 8 i 10 anys	Cued recall test Test D-2	Rendiment acadèmic Atenció	L'aprenentatge incorporat amb l'AF va ser més efectiu per ensenyar als infants paraules noves que la condició de control. Per a infants, però, l'atenció focalitzada no va diferir entre les tres condicions.
Masini et al. (2020)	Investigar els efectes de DA en els nivells d'AF, comportament a l'aula, funcions cognitives i rendiment acadèmic en infants de primària.	Revisió sistemàtica		Nivell d'AF Comportament a l'aula Funcions cognitives Rendiment acadèmic	Es va trobar una millora significativa en l'augment dels nivells d'AF en infants de primària. Amb respecte al comportament a l'aula, el temps dedicat a tasques durant les lliçons va augmentar significativament. D'altra banda, els efectes sobre funcions cognitives i els èxits acadèmics (matemàtiques, lectura) no van ser conclouents.
Mazzoli et al. (2019)	Avaluar la viabilitat d'implementar una tasca motora cognitivament desafiant com un DA a les escoles.	$n = 12$ mestres i $n = 34$ alumnes	Entrevistes	Efecte d'implementar els DA a les aules	Les escoles van veure la tasca motora cognitivament desafiant com a apropiada i potencialment beneficiosa per als infants. Els infants van informar que gaudien dels DA. Els mestres en escoles d'educació especial van veure la tasca com a complexa i potencialment frustrant per als infants.
Buchele-Harris et al. (2018)	Aquest estudi va examinar els efectes dels DA en quatre setmanes, durant sis minuts diaris, en els nivells d'atenció i concentració en infants d'edat escolar.	$N = 116$ alumnes de 10 anys	Test D2	Atenció i concentració	Es van trobar augments significatius en la velocitat de processament i en la capacitat d'atenció respecte del grup control. A més, va millorar notablement la concentració dels alumnes.

Taula 1 (Continuació)*Característiques dels articles analitzats.*

Article	Objectiu de l'estudi	Mostra	Instrument de mesura	Variables	Resultats
Mahar (2011)	L'objectiu de l'estudi va ser descriure el mesurament del comportament a la tasca i revisar la investigació sobre els efectes de breus interrupcions de l'AF en l'atenció a la tasca en estudiants de primària.	Revisió sistemàtica		Atenció	L'evidència limitada suggereix una petita millora en l'atenció a la tasca després dels descansos d'AF. Els estudiants que van participar en activitats físiques a l'aula que incorporaven conceptes acadèmics van demostrar millores significatives en l'atenció a la tasca respecte al grup control.
Routen et al. (2017)	L'objectiu d'aquest estudi va ser determinar el grau d'implementació dels DA, a més d'investigar com afecten en el rendiment escolar.	5 classes de 9-10 anys	The Children's Activity Rating Scale The School Physical Activity Promotion Competence Questionnaire Actigraph accelerometer (GT3X or GT3X+) Test D2	Funcions cognitives Nivell d'AF	No es van poder trobar resultats, ja que és un programa que no es va dur a terme.
Rizal et al. (2019)	El propòsit d'aquest estudi era mesurar l'efecte d'aquest programa a les etapes de canvi, quant a equilibri decisional, processos de canvi, autoeficàcia i exercici de temps lliure entre l'ètnia malaia en infants de primària.	$N = 322$ infants de 10-11 anys	Godin Leisure-Time Exercise Questionnaire (GLTEQ) The process of change questionnaire Plotniko 10-item decisional balance scale The three-factor, 18-item self-efficacy scale originated from Bandura	Processos de canvi Equilibri decisional Autoeficàcia	Va mostrar canvis significatius en el procés cognitiu. A més, es va observar un efecte d'interacció significatiu per etapes de canvi.
Morris et al. (2019)	Mostrar millores i beneficis educatius en les funcions executives i rendiment acadèmic dels alumnes a través de la iniciativa The Daily Mile (TDM).	$N = 303$ 8.99 ± 0.5 anys	Proves sobre funcions executives (Trail Making Task; Digit Recall; Flanker; Animal Stroop) Prova de fluïdesa matemàtica (prova de suma i resta de matemàtiques, velocitat i precisió) GT9X, GT3X + acceleròmetres	Funcions executives Rendiment acadèmic AF	TDM va revelar un nivell d'AF significativament més alt (+10.23 min) i un temps sedentari reduït (-9.28 min) en comparació amb el control. El rendiment acadèmic va millorar significativament. No es van trobar diferències en les funcions executives.
Ruiz-Hermosa et al. (2019)	Avaluar la relació entre el desplaçament actiu al centre i el rendiment acadèmic en infants i adolescents.	Revisió sistemàtica		Rendiment cognitiu i acadèmic	No es van trobar prou evidències sobre la relació entre desplaçament actiu i rendiment cognitiu i acadèmic.

Objectius

Del total dels 19 articles, hem pogut observar que 7 tenen com a objectiu principal d'estudi els DA i la seva influència en l'atenció i concentració dels alumnes (Contreras-Jordán et al., 2020; Janssen et al., 2014; Schmidt et al., 2016; Suarez-Manzano et al., 2018; Schmidt et al., 2019; Buchele-Harris et al., 2018; Mahar, 2011). A més, s'han identificat 7 articles que estudien l'efecte dels DA en el rendiment acadèmic, comportament a l'aula i nivell d'AF (Routen et al., 2017; Watson et al., 2019; Egger et al., 2019; Mavilidi et al., 2020; Morris et al., 2019; Mavilidi et al., 2019; Masini et al., 2020). Per últim, 5 estudis amb temàtica diferent s'han centrat a estudiar la influència dels DA cap a la millora de la pràctica d'AF (Mok et al., 2020), per a la millora de la memòria de treball (Rizal et al., 2019; Paschen et al., 2019) i per observar l'eficàcia d'aquesta implementació (Mazzoli et al., 2019), exceptuant un últim article en el qual s'avalua la relació entre el desplaçament actiu i el rendiment cognitiu (Ruiz-Hermosa et al., 2019).

Mostra

Quant a la mostra, dels 19 articles seleccionats, 5 compten amb una mostra inferior a 100 alumnes (Contreras-Jordán et al., 2020; Schmidt et al., 2016; Mavilidi et al., 2020; Mavilidi et al., 2019; Mazzoli et al., 2019).

A més, 7 dels estudis seleccionats presenten una mostra d'entre 100 i 400 alumnes (Watson et al., 2019; Janssen et al., 2014; Egger et al., 2019; Schmidt et al., 2019; Buchele-Harris et al., 2018; Rizal et al., 2019; Morris et al., 2019). D'altra banda, només un estudi supera la mostra de 400 alumnes (Mok et al., 2020). Per últim, trobem cinc revisions sistemàtiques (Paschen et al., 2019; Suarez-Manzano et al., 2018; Masini et al., 2020; Mahar, 2011; Ruiz-Hermosa et al., 2019), fet pel qual en desconexem la mostra. A més, tots els articles s'han inclòs en l'etapa d'educació primària, majoritàriament entre els 8 i els 12 anys.

Instruments de mesura

Dels 19 articles seleccionats, excloent-ne les 5 revisions sistemàtiques (Paschen et al., 2019; Suarez-Manzano et al., 2018; Masini et al., 2020; Mahar, 2011; Ruiz-Hermosa et al., 2019), 6 articles han utilitzat aquests instruments per mesurar l'atenció, com el Test D2, el TEA-Ch Test o el PANAS-C. D'altra banda, s'han fet servir acceleròmetres per mesurar el nivell d'AF, utilitzant l'ActiGraph GT3-X. Per observar el rendiment acadèmic, 5 articles han utilitzat diferents instruments, entre els quals destaca el Wheldall Assessment of Reading Passages Test (WARP) o el Westwood One Minute Tests of Basic Number Facts, Math Test o el Cued

Recall Test. D'altra banda, 2 articles també s'han centrat en el nivell d'AF, utilitzant PAQ-C, The School Physical Activity Promotion Competence Questionnaire. Per últim, 2 estudis han utilitzat eines diferents, com les entrevistes o el Qüestionari de l'Escala d'Actituds envers l'AF (APAS).

Variables

Quant a les variables, del total dels 19 articles seleccionats, 7 tenen com a variable l'atenció. D'altra banda, set articles presenten el rendiment acadèmic com una de les variables. A més, 5 articles compten el nivell d'AF com una de les variables principals. Quant a les funcions cognitives executives, vam trobar 5 articles. Finalment, trobem, entre altres variables, l'actitud envers l'AF, memòria de treball i inhibició, l'efecte d'implementar els DA (Mazzoli et al., 2019) o els processos de canvi i autoeficàcia.

Resultats

Respecte dels resultats, dels 19 estudis, 10 van trobar millores respecte de l'atenció després de la implementació dels DA (Contreras-Jordán et al., 2020; Janssen et al., 2014; Suarez-Manzano et al., 2018; Mahar, 2011; Buchele-Harris et al., 2018; Masini et al., 2020; Morris et al., 2019; Rizal et al., 2019; Schmidt et al., 2016; Egger et al., 2019). Tot i així, Schmidt et al. (2019) no van trobar efectes sobre l'atenció en el seu estudi. D'altra banda, 5 estudis van trobar millores en el rendiment acadèmic (Paschen et al., 2019; Mavilidi et al., 2020; Mavilidi et al., 2019; Mahar, 2011; Schmidt et al., 2019). Al contrari, 3 estudis no van trobar beneficis en el rendiment acadèmic després de la implementació de DA (Masini et al., 2020; Watson et al., 2019; Ruiz-Hermosa et al., 2019). Finalment, es van trobar millores en 4 estudis quant al nivell d'AF dels alumnes (Mavilidi et al., 2019; Masini et al., 2020; Mazzoli et al., 2019; Mok et al., 2020).

Discussió

L'estudi present tenia com a objectiu fer una revisió sistemàtica sobre l'ús dels DA a l'etapa de primària com a estratègia per millorar el rendiment cognitiu dels alumnes. Es van utilitzar Web of Science, Scopus i PubMed com a bases de dades principals per a la recerca d'articles publicats els últims 10 anys i relacionats amb aquesta temàtica. En conseqüència, s'hi va incloure un total de 19 articles.

En aquest sentit, gran part dels articles publicats han trobat evidències que un DA ajuda a millorar l'atenció dels alumnes a l'aula, tal com demostraven altres estudis que es van centrar a millorar aquesta variable a través d'aquest tipus de descansos (Donnelly i Lambourne, 2011;

Wilson et al., 2016). A més, aquestes pauses d'AF també van aconseguir generar efectes positius en el rendiment acadèmic (Paschen et al., 2019; Mavilidi et al., 2020; Mavilidi et al., 2019; Mahar, 2011; Schmidt et al., 2019).

L'efecte que un DA té sobre l'atenció es troba en el punt més efectiu just després d'un descans d'AF moderada. Aquest efecte està relacionat amb la hipòtesi de la U invertida, que estableix que el rendiment cognitiu millora de manera significativa a un nivell moderat d'excitació (McMorris i Graydon, 2000). El nivell òptim d'excitació per a l'atenció dels adults s'assoleix després d'un episodi d'AF moderada (Brisswalter et al., 2002). Podria dir-se que aquest nivell òptim és el mateix en infants perquè el control atencional es desenvolupa totalment a partir dels 7 anys (Rueda et al., 2005). Per tant, es podria deduir que l'atenció i l'AF estan totalment relacionades per poder generar un efecte positiu.

Tal com s'ha mencionat anteriorment, hi ha diversos aspectes que influeixen directament en les variables estudiades sobre un DA, com la durada, el tipus (cognitiu o mecànic) i la intensitat.

Quant a la durada d'aquests descansos, autors com Kubesch et al. (2009) van comprovar quins canvis es podrien produir en aspectes cognitius després de fer descansos de 5 i 30 minuts, amb la demostració que es produïen millores després de 5 minuts a una intensitat vigorosa respecte de fer-ho 30 minuts a una intensitat moderada. A més, estudiant l'efecte d'incloure l'AF en els descansos durant almenys 4 minuts, es van trobar millores a curt termini quant a l'atenció (Ma et al., 2014). Per aquesta raó, es pot interpretar que s'obtenen beneficis millors a través d'un descans curt (5-10 minuts) amb intensitat alta, que a través d'un DA moderat de 30 minuts.

Quant a la intensitat del descans, Coe et al. (2006) en van mesurar l'efecte en 214 infants d'entre 10 i 11 anys a través d'intervencions d'AFMV en els DA, i van observar que el grup d'intensitat moderada no va tenir canvis, mentre que al grup d'intensitat vigorosa es van trobar millores significatives en comparació amb el grup control. Es podria interpretar que un episodi d'AF a intensitat vigorosa presenta més millores en els alumnes respecte de fer-ho a intensitat moderada.

Un altre factor important pot estar relacionat amb el tipus d'activitat duta a terme, és a dir, si presenta més càrrega cognitiva o un caràcter més mecànic. En un estudi inclòs aquí, Watson et al. (2019), es van utilitzar activitats majoritàriament amb càrrega cognitiva i es van trobar millores significatives, però no va poder arribar a ser conclouent pel fet que no es van comparar les que presentaven un caràcter més centrat en l'AF. D'altra banda, Schmidt et al. (2016), a través de la comparació

de grups amb DA, un altre grup amb DA amb càrrega cognitiva i un altre únicament amb exercicis cognitius, van concloure que l'element clau per millorar l'atenció i la velocitat de processament va ser el compromís cognitiu, en lloc de la càrrega d'AF. A més, Buchele-Harris et al. (2018) van trobar, al seu estudi, millores en la velocitat de processament, en l'atenció i en la concentració a través de DA basats en moviments de coordinació bilaterals. En aquest estudi també es va trobar que els alumnes que participaven en activitats amb càrrega física sense caràcter cognitiu no diferien del grup control. Per aquestes raons, es pot deduir que la càrrega cognitiva és un factor crucial per millorar notablement els aspectes relacionats amb l'atenció o la concentració en els nostres alumnes.

D'aquesta manera, el que s'ha descrit té sentit en la mesura que, segons el treball dut a terme per Ruiz-Hermosa et al. (2019), l'AFMV influeix directament en la funció cerebral. Així, la millora de la capacitat cardiorespiratòria activa l'angiògenesis, és a dir, el procés físic que forma nous vasos sanguinis a partir dels existents, de manera que el flux sanguini augmenta i la vascularització cerebral millora (Hillman et al., 2008). A més, la pràctica d'AF també afavoreix l'increment de l'anomenat factor neurotròfic del cervell, és a dir, el que regula la supervivència de les cèl·lules i la plasticitat cerebral (Huang et al., 2014), fet que provoca la millora dels elements cognitius (Leckie et al., 2014). Per tant, sembla que la pràctica d'AF contribueix a l'augment dels nivells d'atenció i concentració, resultat que justifica, en aquest sentit, la necessitat d'incorporar els DA dins del període lectiu escolar.

Conclusió

Els resultats d'aquesta revisió sistemàtica suggereixen que els DA són una bona estratègia per obtenir més rendiment cognitiu. A més, cal destacar que s'han trobat diferències atenent a la durada, tipus i intensitat, de manera que ha resultat més adequat un DA de 5-10 minuts que un de 20 minuts, a una intensitat vigorosa per davant de moderada i que el tipus d'activitat tingui més càrrega cognitiva que mecànica. Per tant, podem deduir que, gràcies a les millores que sembla que tenen els DA sobre el rendiment cognitiu, els alumnes podrien tenir una millora en l'atenció i la concentració a l'aula, més rendiment acadèmic i, fins i tot, més motivació. De la mateixa manera, en àmbits específics com l'esportiu, aquestes millores cognitives estan implicades en l'èxit de nombroses tasques que s'han de resoldre durant la pràctica física.

Per últim, cal destacar l'existència d'una petita limitació i també d'una potencialitat. I és que s'ha observat una escassetat d'articles centrats en la posada en pràctica de

programes de DA en els últims 10 anys, és a dir, la majoria dels treballs, o gran part, els podem trobar a partir de 2017, com s'ha pogut veure en aquesta revisió bibliogràfica. També, la potencialitat i necessitat de continuar treballant sobre aquesta línia, ja que la inclusió dels DA a l'aula està relacionada amb les noves metodologies que sorgeixen i amb l'auge de les noves tecnologies. A més, cal tenir en compte que, tot i que el currículum d'educació física està ben establert, treballar en aquest camp no és senzill, a causa de la quantitat de variables que s'han de tenir en compte i que, en ocasions, poden ser difícils de controlar per part del docent, a més de la necessitat que existeixi una predisposició clara per part de tots els agents implicats per poder dur a terme aquest tipus de programes d'intervenció (Romero-Cerezo, 2007).

Aplicacions pràctiques

Els resultats han pretès continuar aquesta línia d'investigació relacionada amb l'AF i el rendiment cognitiu. L'AF s'ha concretat a través dels DA. Així, la primera aplicació pràctica que presenta aquest treball és servir de base per a altres investigadors centrats en aquesta línia d'investigació, amb el propòsit de poder replicar els resultats trobats aquí i afegir, així, més coneixement en aquest camp. En segon lloc, els mestres d'educació primària han de tenir en compte els resultats, amb el propòsit de seguir les indicacions assenyalades referides a la realització adequada d'un DA perquè sigui efectiu. S'han de controlar aspectes com la intensitat, durada o freqüència a l'hora de dur a terme un programa de DA. Finalment, en tercer lloc, els agents responsables de les lleis educatives han de ser conscients dels beneficis que presenten els DA per al rendiment cognitiu de l'alumnat, per poder oferir cursos de formació sobre programes de DA als centres educatius.

Referències

- Altenburg, T. M., Chinapaw, M. J., & Singh, A. S. (2016). Effects of one versus two bouts of moderate intensity physical activity on selective attention during a school morning in Dutch primary schoolchildren: A randomized controlled trial. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(10), 820-824.
- Banich, M. T. (2009). Executive function: The search for an integrated account. *Current directions in psychological science*, 18(2), 89-94. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01615.x>
- Blanco, M., Veiga, O. L., Sepúlveda, A. R., Izquierdo-Gomez, R., Román, F. J., López, S., & Rojo, M. (2020). Ambiente familiar, actividad física y sedentarismo en preadolescentes con obesidad infantil: estudio ANOBAS de casos-contróles. *Atención Primaria*, 52(4), 250-257. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2018.05.013>
- Brindova, D., Veselska, Z., Klein, D., Hamrik, Z., Sigmundova, D., Van Dijk, J., Reijneveld, S., & Madarasova, A. (2014). Is the association between screen-based behaviour and health complaints among adolescents moderated by physical activity? *International Journal of Public Health*, 60(2), 139-145. <https://doi.org/10.1007/s00038-014-0627-x>
- Brisswalter, J., Collardeau, M., & Rene, A. (2002). Effects of acute physical exercise characteristics on cognitive performance. *Sports Medicine*, 32(9), 555-566. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200232090-00002>
- Buchele-Harris, H., Cortina, K., Templin, T., Colabianchi, N., & Chen, W. (2018). Impact of coordinated-bilateral physical activities on attention and concentration in school-aged children. *BioMed Research International*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/2539748>
- Buhring, K., Oliva, P., & Bravo, C. (2009). Determinación no experimental de la conducta sedentaria en escolares. *Revista chilena de nutrición*, 1(36), 23-29. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182009000100003>
- Center on Education Policy. Choices, Changes, and Challenges: *Curriculum and Instruction in the NCLB Era*, Washington DC, Center on Education Policy, 2007. <https://www.cep-dc.org/index.cfm?fuseaction=document.showDocumentByID&nodelID=1&DocumentID=212>
- Chacón-Cuberos, R., Zurita-Ortega, F., Ramírez-Granizo, I., & Castro-Sánchez, M. (2020). Physical Activity and Academic Performance in Children and Preadolescents: A Systematic Review. *Apunts Educación Física y Deportes*, 139, 1-9. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2020/1\).139.01](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2020/1).139.01)
- Coe, D. P., Pivarnik, J. M., Womack, C. J., Reeves, M. J., & Malina, R. M. (2006). Effect of physical education and activity levels on academic achievement in children. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(8), 1515-1519. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000227537.13175.1b>
- Contreras-Jordán, O., León, P., Infantes-Paniagua, A., & Prieto-Ayuso, A. (2020). Efecto de los descansos activos en la atención y concentración de los alumnos de Educación Primaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 34(1), 145-160. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7410803>
- De Greeff, J. W., Bosker, R. J., Oosterlaan, J., Visscher, C., & Hartman, E. (2017). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(5), 501-507. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.595>
- Donnelly, Joseph E., & Lambourne, K. (2011). Classroom-based physical activity, cognition, and academic achievement. *Preventive medicine*, 52, 36-42. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.01.021>
- Egger, F., Benzing, V., Conzelmann, A., & Schmidt, M. (2019). Boost your brain, while having a break! The effects of long-term cognitively engaging physical activity breaks on children's executive functions and academic achievement. *PLOS ONE*, 14(3), e0212482. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212482>
- Estudio PASOS (2019). *Physical Activity, Sedentarism and Obesity of Spanish youth*. <https://www.gasolfoundation.org/wp-content/uploads/2019/11/Informe-PASOS-2019-online.pdf>
- Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 9(1), 58-65. <https://doi.org/10.1038/nrn2298>
- Hillman, C. H., Kamijo, K., & Scudder, M. (2011). A review of chronic and acute physical activity participation on neuroelectric measures of brain health and cognition during childhood. *Preventive Medicine*, 52, 21-28. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.01.024>
- Huang, T., Larsen, K. T., Ried-Larsen, M., Moller, N. C., & Andersen, L. B. (2014). The effects of physical activity and exercise on brain-derived neurotrophic factor in healthy humans: A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(1), 1-10. <https://doi.org/10.1111/sms.12069>
- Janssen, I., & Leblanc, A.G. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition & Physical Activity*, 7, 2-16. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-7-40>
- Janssen, M., Chinapaw, M., Rauh, S., Toussaint, H., Van Mechelen, W., & Verhagen, E. (2014). A short physical activity break from cognitive tasks increases selective attention in primary school children aged 10-11. *Mental Health And Physical Activity*, 7(3), 129-134. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2014.07.001>
- Kubesch, S., Walk, L., Spitzer, M., Kammer, T., Lainburg, A., Heim, R., & Hille, K. (2009). A 30-minute physical education program improves students' executive attention. *Mind, Brain, and Education*, 3(4), 235-242.

- Laberge, S., Bush, P., & Chagnon, M. (2012). Effects of a culturally tailored physical activity promotion program on selected self-regulation skills and attitudes in ado-lescents of an underserved, multiethnic milieu. *American Journal of Health Promotion*, 26(4), 105-115. <https://doi.org/10.4278/ajhp.090625-QUAN-202>
- Leckie, R. L., Oberlin, L. E., Voss, M. W., Prakash, R. S., Szabo-Reed, A., Chaddock-Heyman, L., & Erickson, K. I. (2014). BDNF mediates improvements in executive function following a 1-year exercise intervention. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 12. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00985>
- Ma, J. K., Le Mare, L., & Gurd, B. J. (2015). Four minutes of in-class high-intensity interval activity improves selective attention in 9-to 11-year olds. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 40, 1-7. <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0309>
- Mahar, M. (2011). Impact of short bouts of physical activity on attention-to-task in elementary school children. *Preventive Medicine*, 52, S60-S64. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.01.026>
- Martínez-López, E., De la Torre-Cruz, M. J. & Ruiz-Ariza, A. (2018) Active-breaks: Una propuesta innovadora de descansos activos entre clases en Educación Secundaria. En P. Murillo y C. Gallego (Coords.), *Innovación en la práctica educativa*, 13-19. Sevilla: Ediciones Egrejias. 2018.
- Martínez-Martínez, J., Contreras-Jordán, O.R., Aznar-Lain, S., & Lera-Navarro, A. (2012). Niveles de Actividad Física medido con acelerómetro en alumnos de 3º ciclo de Educación Primaria: actividad física diaria y sesiones de Educación Física. *Revista de Psicología del Deporte*, 21(1), 117-123. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2351/235124455015>
- Masini, A., Marini, S., Gori, D., Leoni, E., Rochira, A., & Dallolio, L. (2020). Evaluation of school-based interventions of active breaks in primary schools: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(4), 377-384. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.10.008>
- Mavilidi, M., Drew, R., Morgan, P., Lubans, D., Schmidt, M., & Riley, N. (2019). Effects of different types of classroom physical activity breaks on children's on-task behaviour, academic achievement and cognition. *Acta Paediatrica*, 109(1), 158-165. <https://doi.org/10.1111/apa.14892>
- Mavilidi, M., Ouwehand, K., Riley, N., Chandler, P., & Paas, F. (2020). Effects of An Acute Physical Activity Break on Test Anxiety and Math Test Performance. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 17(5), 1523. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051523>
- Mazzoli, E., KOorts, H., Salmon, J., Pesce, C., May, T., Teo, W., & Barnett, L. (2019). Feasibility of breaking up sitting time in mainstream and special schools with a cognitively challenging motor task. *Journal Of Sport And Health Science*, 8(2), 137-148. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2019.01.002>
- McMorris, T., & Graydon, J. (2000). The effect of incremental exercise on cognitive performance. *International Journal of Sport Psychology*.
- McMorris, T., Sproule, J., Turner, A., & Hale, B. J. (2011). Acute, intermediate intensity exercise, and speed and accuracy in working memory tasks: a meta-analytical comparison of effects. *Physiology & Behavior*, 102(3e4), 421e428. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2010.12.007>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), 1-6. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Mok, M., Chin, M., Korcus, A., Popeska, B., Edginton, C., Uzunov, F., Podnar, H., Coetzee, D., Georgescu, L., Emeljanovas, A., Pasic, M., Balasekaran, G., Anderson, E., & Durstine, J. (2020). Brain Breaks Physical Activity Solutions in the Classroom and on Attitudes toward Physical Activity: A Randomized Controlled Trial among Primary Students from Eight Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5), 1666. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051666>
- Morris, J., Daly-Smith, A., Archbold, V., Wilkins, E., & McKenna, J. (2019). The Daily Mile™ initiative: Exploring physical activity and the acute effects on executive function and academic performance in primary school children. *Psychology of Sport and Exercise*, 45, 101583. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.101583>
- Organización Mundial de la Salud (2020). *Physical activity*. Key facts. <http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- Organización Mundial de la Salud (2010). Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44441/9789243599977_spa.pdf;jsessionid=315EE8AD6B06234E17EE8F5BC4DE9CDD?sequence=1
- Okely, A.D., Booth, M.L., & Patterson, J.W. (2001). Relationship of cardiorespiratory endurance to fundamental movement skill proficiency among adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 13(4), 380-91. <https://doi.org/10.1097/00005768-200111000-00015>
- Paschen, L., Lehmann, T., Kehne, M., & Baumeister, J. (2019). Effects of Acute Physical Exercise With Low and High Cognitive Demands on Executive Functions in Children: A Systematic Review. *Pediatric Exercise Science*, 31(3), 267-281. <https://doi.org/10.1123/pes.2018-0215>
- Pastor-Pradillo, J. L. (2007). Fundamentación epistemológica e identidad de la educación física. *Profesorado, Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 11(2), 17-33. <https://www.ugr.es/~recfpro/rev112ART2.pdf>
- Piercy, K. L., Troiano, R. P., Ballard, R. M., Carlson, S. A., Fulton, J. E., Galuska, D. A., George, S., & Olson, R. D. (2018). The physical activity guidelines for Americans. *Jama*, 320(19), 2020-2028. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.14854>
- Rizal, H., Hajar, M., Muhamad, A., Kueh, Y., & Kuan, G. (2019). The Effect of Brain Breaks on Physical Activity Behaviour among Primary School Children: A Transtheoretical Perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(21), 4283. <https://doi.org/10.3390/ijerph16214283>
- Romero-Cerezo, C. (2007). Educación física: perspectivas y líneas de investigación en el campo del currículo y la formación del profesorado. Profesorado. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 11(2), 1-44. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56711201>
- Routen, A., Biddle, S., Bodicoat, D., Cale, L., Clemen, S., Edwardson, C., Glazebrook, C., Harrington, D., Khunti, K., Pearson, N., Salmon, J., & Sherar, L. (2017). Study design and protocol for a mixed methods evaluation of an intervention to reduce and break up sitting time in primary school classrooms in the UK: The CLASS PAL (Physically Active Learning) Programme. *BMJ Open*, 7(11), e019428. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-019428>
- Rueda, M. R., Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2005). The development of executive attention: contributions to the emergence of self-regulation. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 573e594. http://dx.doi.org/10.1207/s15326942dn2802_2
- Ruiz-Hermosa, A., Álvarez-Bueno, C., Cervero-Redondo, I., Martínez-Vizcaíno, V., Redondo-Tébar, A., & Sánchez-López, M. (2019). Active Commuting to and from School, Cognitive Performance, and Academic Achievement in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(10), 1839. <https://doi.org/10.3390/ijerph16101839>
- Schmidt, M., Benzing, V., & Kamer, M. (2016). Classroom-Based Physical Activity Breaks and Children's Attention: Cognitive Engagement Works! *Frontiers In Psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01474>
- Schmidt, M., Benzing, V., Wallman-Jones, A., Mavilidi, M., Lubans, D., & Paas, F. (2019). Embodied learning in the classroom: Effects on primary school children's attention and foreign language vocabulary learning. *Psychology of Sport and Exercise*, 43, 45-54. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.12.017>
- Soprano, A. M. (2003). Evaluation of executive functions in children. *Revista de neurología*, 37(1), 44-50.
- Strong, W.B., Malina, R.M., Blimkie, C.J., Daniels, S.R., Dishman, R., Gutin, B., Hergenroeder, A.C., Must, A., Nixon, P.A., Pivarnik, J.M., Rowland, T., Trost, S., & Trudeau, F. (2005). Evidence based physical activity for school-age youth. *Journal of Pediatrics*, 146(6), 732-737. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2005.01.055>

- Suarez-Manzano, S., Ruiz-Ariza, A., Lopez-Serrano, S., & Martínez-López, E. (2018). Descansos activos para mejorar la atención en clase: intervenciones educativas. *Profesorado, Revista de Curriculum y Formación del Profesorado*, 22(4). <https://doi.org/10.30827/profesorado.v22i4.8417>
- Ulrich, B. (1997). Perceptions of physical competence, motor competence and participation in organized sport: their interrelationships in young children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 58(1), 57-67. <https://doi.org/10.1080/02701367.1987.10605421>
- Van Stralen, M. M., Yildirim, M., Wulp, A., Velde, S., Veloigne, M., Doessegger, A., Adroustos, O., Kovács, E., Brug, J., & Chinapaw, M. (2014). Measured sedentary time and physical activity during the school day of European 10-to 12-year-old children: the ENERGY project. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(2), 201-206. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.04.019>
- Watson, A., Timperio, A., Brown, H., & Hesketh, K. (2019). A pilot primary school active break program (ACTI-BREAK): Effects on academic and physical activity outcomes for students in Years 3 and 4. *Journal of Science And Medicine in Sport*, 22(4), 438-443. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.09.232>
- Williams, H., Pfeiffer, K., O'Neill, J., Dowda, M., McIver, K., Brown, W., & Pate, R. (2008). Motor skill performance and physical activity in preschool children. *Obesity*, 16(6), 1421-1426. <https://doi.org/10.1038/oby.2008.214>
- Wilson, A. N., Olds, T., Lushington, K., Petkov, J., & Dollman, J. (2016). The impact of 10-minute activity breaks outside the classroom on male students' on-task behaviour and sustained attention: a randomised crossover design. *Acta Paediatrica*, 105(4), 181-188. <https://doi.org/10.1111/apa.13323>
- Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2012). Hot and cool executive function in childhood and adolescence: Development and plasticity. *Child development perspectives*, 6(4), 354-360. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2012.00246.x>
- Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2020). The neurodevelopment of executive function skills: Implications for academic achievement gaps. *Psychology & Neuroscience*, 13(3), 273. <http://dx.doi.org/10.1037/pne0000208>

Conflicte d'interessos: les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Aquest article està disponible a la url <https://www.revista-apunts.com/ca/>. Aquest treball està publicat sota una llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Les imatges o qualsevol altre material de tercers d'aquest article estan incloses a la llicència Creative Commons de l'article, tret que s'indiqui el contrari a la línia de crèdit; si el material no s'inclou sota la llicència Creative Commons, els usuaris hauran d'obtenir el permís del titular de la llicència per reproduir el material. Per veure una còpia d'aquesta llicència, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>



Composició corporal segmentària en atletes amb lesió medul·lar: un estudi pilot

Mariane Borges^{1*} , Anselmo de Athayde Costa de Silva² , Fernando Rosch de Faria¹ , Allan de Oliveira Santos³ , Celso Dario Ramos³ i José Irineu Gorla¹

¹ Universitat de Campinas - Facultat d'Educació Física; Laboratori d'Avaluació Física en Esport Adaptat i Exercici. Campinas, São Paulo (Brasil).

² Universidad de Pará - Facultat d'Educació Física; Programa de Postgrau en Ciències del Moviment Humà. Belém, Pará (Brasil).

³ Universitat de Campinas - Facultat de Ciències Mèdiques. Campinas, São Paulo (Brasil).

Citació

Borges, M., Costa de Silva, A.A., Faria, F.R., Santos, A.O., Ramos, C.D. & Gorla, J.I., (2021). Segmental Body Composition in Athletes with Spinal Cord Injury: A Pilot Study. *Apunts Educación Física y Deportes*, 146, 24-31. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/4\).146.03](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/4).146.03)

Editat per:

© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

*Correspondència:

Mariane Borges*
mariane9@yahoo.com.br

Secció:

Activitat física i salut

Idioma de l'original:

Anglès

Rebut:

3 d'agost de 2020

Acceptat:

18 de maig de 2021

Publicat:

1 d'octubre de 2021

Coberta:

Jocs Olímpics de Tòquio 2020 –
Taekwondo: Pes mosca femení
49 kg. Combat per la medalla
d'or. Adriana Cerezo Iglesias
(Espanya) contra Panipak
Wongphattthanakit (Tailàndia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japó) 24.07.2021.
REUTERS / Murad Sezer

Resum

L'objectiu d'aquest estudi va ser comparar els mètodes antropomètrics per segment corporal amb els valors previstos per absorciometria amb rajos X de doble energia (DXA) en atletes amb lesió medul·lar. En aquest estudi van participar vuit atletes tetraplègics i sis de paraplègics. Es van mesurar els perímetres corporals en set llocs, el gruix del plec cutani en nou (al costat dret del cos) i la composició corporal per DXA. Es va utilitzar l'anàlisi de regressió lineal per verificar les associacions entre composició corporal i mesuraments antropomètrics. Les mesures segmentàries que expliquen millor la massa grassa obtingudes per DXA van ser: una suma del gruix del plec cutani al braç ($R^2 = .66; p < .01$); als plecs cutanis del tronc, subescapular ($R^2 = .75, p < .01$), mitjà axil·lar ($R^2 = .67, p < .01$) i abdominal ($R^2 = .67, p < .01$) i la suma del gruix del plec cutani del tronc ($R^2 = .67, p < .01$); i a la cama, el plec cutani del panxell i la suma dels plecs cutanis de la cama ($R^2 = .70, p < .01$; $R^2 = .68, p < .01$). Els perímetres del braç relaxat i tensat van mostrar relacions rellevants ($R^2 = .52, p < .01$, i $R^2 = .57, p < .01$, respectivament) amb la massa grassa obtinguda per DXA. Això suggereix que l'anàlisi segmentària de la composició corporal mitjançant els perímetres i el gruix del plec cutani podria ser una bona opció per determinar de manera precisa la composició corporal en atletes amb lesió medul·lar. La suma dels plecs cutanis per segment va reflectir de manera clara i significativa la massa grassa per DXA.

Paraules clau: antropometria, composició corporal, lesions medul·lars.

Introducció

La recerca de l'excel·lència esportiva és un objectiu comú en els esports adaptats i convencionals, i entre els factors que interfereixen en el rendiment esportiu desitjat hi ha la composició (Borges et al., 2016; Nikolaidis, 2013), que s'associa positivament amb la pràctica esportiva regular (Cavedon et al., 2020; Gorla et al., 2016).

L'avaluació i monitoratge de la composició corporal estan clarament relacionats amb el rendiment esportiu perquè estableix objectius, identifica el desenvolupament dels atletes i planifica el treball posterior. En una població amb lesió medul·lar (LM), la importància d'avaluar i monitorar la composició corporal és encara més gran perquè, després de la lesió, té lloc una redistribució dels components de la composició corporal representada per l'augment i acumulació de greix (Beck et al., 2014), un descens de massa magra a les regions centrals (tronc) i les extremitats inferiors i un augment de massa magra (Maggioni et al., 2003; Yazar-Fisher et al., 2013) i un descens de massa grassa en regions superiors, que determinen la importància d'avaluar la composició corporal de manera segmentada, és a dir, per segment corporal (braços, tronc i cames).

Entre els nombrosos mètodes d'avaluació de la composició corporal, destaquem l'absorciometria amb rajos X de doble energia (DXA), un mètode que es considera vàlid per analitzar la composició corporal en individus amb LM (Jones et al., 1998) i el mètode antropomètric

d'espessor del plec cutani, que destaca per un cost baix i una aplicabilitat fàcil, fet que permet obtenir mostres grans i establir paràmetres (Heyward i Stolarczyk, 2000).

Tot i això, en la literatura encara no s'han descrit equacions de predicció per mitjà del gruix del plec cutani validades per a atletes amb diferents nivells de lesió (paraplegia i tetraplegia). A més, les equacions de predicció generalitzades per a persones sense discapacitats han subestimat el percentatge de greix corporal en la població amb LM (Maggioni et al., 2003; Spungen et al., 1995); tot i així, existeixen proves que la suma del gruix dels plecs cutanis pot predir els canvis en el greix corporal d'aquesta població (Goosey-Tolfrey et al., 2020; Willems et al., 2015). En aquest context, l'objectiu d'aquest estudi va ser comparar els mètodes antropomètrics de perímetres corporals i espessor dels plecs cutanis per segment corporal amb els valors previstos per DXA en atletes amb lesió medul·lar.

Material i mètodes

Participants

Catorze atletes masculins amb LM, dels quals vuit tetraplègics que practicaven rugbi en cadira de rodes i sis paraplègics que practicaven handbol en cadira de rodes. A la Taula 1 es presenten les característiques dels participants.

Taula 1

Característiques dels participants.

Participants	Edat (anys)	Nivell de lesió	Durada de la lesió (anys)	Massa corporal (kg)	Estatuta (m)	IMC (kg/m ²)
1	25	C6-C7	4	62.15	1.78	17.46
2	38	C6-C7	11	65.20	1.76	18.52
3	29	C5-C6	10	57.80	1.70	17.00
4	27	C6-C7	6	64.15	1.75	18.33
5	35	C6-C7	12	62.40	1.70	18.35
6	38	C6-C7	5	75.00	1.86	20.16
7	24	C6-C7	7	60.00	1.69	17.75
8	25	C5-C6	4	92.00	1.82	25.27
9	29	L1	5	71.95	1.70	21.16
10	35	D8-D12	17	83.75	1.57	26.67
11	34	D7	11	42.80	1.69	12.66
12	43	D7-D8	30	83.75	1.72	24.35
13	44	D8	7	96.00	1.85	25.90
14	37	D3	18	86.60	1.71	25.30
Mitjana	33.10		10.50	71.70	1.74	20.60
± DE	6.60		7.20	15.10	0.08	4.20

Nota. IMC: índex de massa corporal.

Es va requerir als atletes que practiquessin esport com a mínim tres cops per setmana, amb una durada mínima d'una sessió d'entrenament de dues hores. A més, se'ls va demanar un any mínim de pràctica en la modalitat.

Aquest estudi va ser aprovat pel Comitè d'Ètica de la Facultat de Ciències Mèdiques de la Universitat Estatal de Campinas (n. 3.092.352) el 2018 i tots els participants van proporcionar el consentiment informat escrit abans de participar en aquest estudi.

Antropometria

La massa corporal (kg) es va mesurar amb una bàscula digital per a cadires de rodes (Líder®) amb una capacitat de 500 kg i una escala de lectura de 50 g. Per verificar la massa corporal, els atletes primer es van pesar amb la cadira de rodes i després es va mesurar la massa de la cadira de rodes per separat. El pes de cada atleta es va calcular amb la diferència d'aquests mesuraments, és a dir, restant la massa de la cadira de rodes de la massa total. L'estatura (m) dels participants es va avaluar amb un estadiòmetre, amb una escala de lectura en mil·límetres, en decúbit supí.

Perímetres corporals

Els perímetres es van avaluar amb una cinta antropomètrica amb una escala de lectura en mil·límetres (Gulick-WCS, Cardiomed). Per a l'anàlisi segmentària, es van relacionar el perímetre del braç del braç tensat (punt de perímetre més gran del braç totalment tensat), del braç relaxat (distància mitjana entre el punt més extrem de l'acròmion i l'olècranon) i de l'avantbraç (punt de perímetre més gran de l'avantbraç) amb la composició corporal prevista per DXA de la regió del braç. El perímetre de la cintura (distància mitjana entre l'última costella i la cresta ilíaca, en un pla horitzontal) i el perímetre abdominal (punt de més protuberància de l'abdomen normalment sobre el melic) es van relacionar amb la regió del tronc. El perímetre de la cuixa (distància mitjana entre la línia inguinal i el punt superior de la ròtula) i el perímetre intern del panxell (punt de perímetre més gran de la cama, és a dir, perímetre més gran del panxell) es van relacionar amb la regió de la cama. Un únic avaluador va dur a terme tres mesuraments en cada punt i els plecs cutanis abdominal i suprailíac es van mesurar en decúbit supí.

Espessor del plec cutani

El gruix del plec cutani es va mesurar amb un adipòmetre Harpenden (John Bull, British Indicators Ltd., St Albans, RU) en nou llocs del costat dret del cos. Per analitzar la

composició corporal de la regió superior del braç es va utilitzar el gruix del plec cutani del tríceps (distància mitjana entre el punt superoextern de l'acròmion i l'apòfisi de l'olècranon del cúbit) i del bíceps (punt de perímetre aparentment més gran del bíceps). El gruix del plec cutani de les regions axil·lar mitjana i la línia transversal imaginària a l'alçada de l'apòfisi xifoides de l'estèrnum), pit (distància mitjana entre la línia axil·lar anterior i el mugró), subescapular (obliqua a l'eix longitudinal, en la porció immediatament per sota del punt inferior de l'escàpula, de mitjana 2 cm), suprailíaca (damunt de la cresta ilíaca anterosuperior, a l'altura de la línia mitjana axil·lar) i abdominal (aproximadament 2 cm a la dreta del punt extern del melic) va representar la regió del tronc. El gruix del plec cutani de la cuixa (sobre el múscul recte anterior, en el terç superior de la distància entre el lligament inguinal i el punt superior de la ròtula) i de la cuixa (externament al punt de perímetre més gran de la cama) va representar la regió de la cama.

Absorciometria amb rajos X de doble energia

La composició corporal es va mesurar per absorciometria amb rajos X de doble energia (Hologic QDR 4500A, versió 11.1.3, Waltham, MA, Estats Units). El contingut mineral ossi, la massa magra i la massa grassa en grams es van mesurar a tot el cos i per segment (tronc, cama i braç). Tots els mesuraments es van dur a terme havent instruït els participants perquè duguessin roba lleugera i se'ls va enretirar el calçat abans de la prova. Es va demanar als atletes que es traguessin tots els objectes metàl·lics (p. e., anells, collars, etc.) Els mesuraments de tots els atletes es van dur a terme a la tarda entre les 14 i les 15 hores.

Anàlisi estadística

Les dades es van tabular amb el paquet Microsoft Excel 2007®. L'anàlisi de normalitat de totes les variables de l'estudi es va dur a terme amb el test de Shapiro-Wilk i les variables no normals es van inserir en la transformació logarítmica ($\log^{10}$). A més de l'estadística descriptiva, la mitjana i la desviació estàndard, la relació entre les variables antropomètriques i de composició corporal es va analitzar amb el coeficient de correlació de Pearson. Els criteris d'inclusió per a les anàlisis de regressió es van utilitzar per verificar la relació entre les dues variables. Les dades es van analitzar amb el programari R-Plus, versió 2.15.0® (2012) per a Microsoft Windows® amb la interfície gràfica R-Studio®. El valor de significació es va establir en $p < .05$.

Taula 2Mitjana ($\pm$ DE) de variables antropomètriques i de composició corporal.

Antropomètrica					
Braç		Tronc		Cama	
PCB (mm)	7.03 ($\pm$ 3.30)	PCMA (mm)	19.66 ($\pm$ 12.54)	PCM (mm)	19.73 ($\pm$ 9.61)
PCT (mm)	11.49 ($\pm$ 6.99)	PCP (mm)	9.84 ($\pm$ 6.09)	PCPant (mm)	16.70 ($\pm$ 8.83)
Σ PCB(mm)	18.60 ($\pm$ 9.70)	PCSi (mm)	23.32 ($\pm$ 11.95)	PM (mm)	42.87 ($\pm$ 6.41)
PBC (cm)	33.68 ($\pm$ 4.32)	PCA (mm)	27.35 ($\pm$ 13.16)	PP (mm)	30.28 ($\pm$ 3.60)
PBR (cm)	30.57 ($\pm$ 4.26)	PCS (mm)	19.62 ($\pm$ 11.03)	Σ PCC (mm)	36.44 ($\pm$ 17.97)
PA (cm)	27.36 ($\pm$ 2.74)	Σ PCT (mm)	99.82 ($\pm$ 49.31)		
		PC (cm)	89.26 ($\pm$ 8.31)		
		PAb (cm)	95.52 ($\pm$ 11.35)		
Composició corporal					
Braç		Tronc		Cama	
MG (kg)	1.18 ($\pm$ 0.58)	MG (kg)	9.45 ($\pm$ 4.43)	MG (kg)	3.78 ($\pm$ 1.89)
MM (kg)	3.86 ($\pm$ 1.01)	MM (kg)	23.57 ($\pm$ 3.60)	MM (kg)	6.23 ($\pm$ 1.93)
MT (kg)	5.26 ($\pm$ 1.54)	MT (kg)	33.72 ($\pm$ 6.91)	MT (kg)	10.32 ($\pm$ 3.13)
% GC	21.48 ($\pm$ 6.02)	% GC	27 ($\pm$ 7.85)	% GC	35.5 ($\pm$ 11.2)
CMO (kg)	0.22 ($\pm$ 0.06)	CMO (kg)	0.70 ($\pm$ 0.21)	CMO (kg)	0.31 ($\pm$ 0.14)
DMO (g/cm ²)	0.891 ($\pm$ 0.08)	DMO (g/cm ²)	1.124 ($\pm$ 0.392)	DMO (g/cm ²)	0.996 ($\pm$ 0.15)

Nota. PCB: plec cutani bicipital; PCT: plec cutani tricipital; Σ PCB: suma dels plecs cutanis del braç (bicipital i tricipital); PBC: perímetre del braç en tensió; PBR: perímetre del braç relaxat; PA: perímetre de l'avantbraç; PCMA: plec cutani mitjà axil·lar; PCP: plec cutani pectoral; PCSi: plec cutani suprailiac; PCA: plec cutani abdominal; PCS: plec cutani subescapular; Σ PCT: suma dels plecs cutanis del tronc (axil·lar mitjana, pit, suprailiac i abdominal); PC: perímetre de la cintura; PAb: perímetre abdominal; PCC: plec cutani de la cuixa; PCPant: plec cutani del panxell; PCu: perímetre de la cuixa; PP: perímetre del panxell; Σ PCC: suma dels plecs cutanis de la cama (cuixa i panxell); MG: massa grassa; MM: massa magra; MT: massa total; % GC: percentatge de greix corporal; CMO: contingut mineral ossi; DMO: densitat mineral òssia.

Taula 3

Models de regressió lineal per comparar variables de composició corporal de la DXA prevista i d'antropometria (braç i cama).

Braç					
Model	Cor (p)	Int.	B	R ²	EEE (kg)
MG ~ Log PCB	.81**	2.24	0.61	.64**	0.35
MG ~ Log PCT	.80**	2.00	0.82	.61**	0.36
MG ~ Σ PCB	.83**	0.05	0.26	.66**	0.37
MG ~ PBR	.75**	0.10	1.94	.52**	0.40
MG ~ PBC	.77**	0.10	2.35	.57**	0.38
% GC ~ Log PCB	.70**	0.20	0.01	.46**	4.43%
% GC ~ SPCB	.71**	0.44	0.01	.47**	4.39%
MT ~ Log PCB	.76**	5.55	0.82	.55**	1.02
MT ~ Log PCT	.72**	4.73	0.53	.47**	1.11
MT ~ Σ PCB	.73**	0.12	3.09	.50**	1.08
MT ~ PBR	.73**	0.26	2.83	.50**	1.08
MT ~ PBC	.72**	0.26	3.39	.48**	1.10

Nota. El símbol ~ representa la relació entre les variables al costat esquerre de la taula (variable dependent) i el costat dret de la taula (variable independent).

Cor: correlació; INT: intersecció; B: beta; EEE: error estàndard d'estimació; MG: massa grassa; Log PCB: logaritme del plec cutani bicipital; Log PCT: logaritme del plec cutani tricipital; Σ PCB: suma dels plecs cutanis del braç (bicipital i tricipital); PBR: perímetre del braç relaxat; PBC: perímetre del braç en tensió; % GC: percentatge de greix corporal; MT: massa total.

** Indica correlació significativa de $p < .01$.

Taula 3 (Continuació)*Models de regressió lineal per comparar variables de composició corporal de la DXA prevista i d'antropometria (braç i cama).*

Cama					
Model	Cor (p)	Int.	B	R ²	EEE (kg)
CMO ~ PCPanx	.72	0.01	0.13	.48**	0.10
CMO ~ PM	.71	0.02	-0.35	.47**	0.10
CMO ~ PP	.72	0.03	-0.53	.49**	0.10
MG ~ PCM	.79	0.16	0.69	.60**	1.19
MG ~ PCPanx	.85	0.18	0.73	.70**	1.03
MG ~ $\sum$ PCC	.84	0.09	0.54	.68**	1.06
MG ~ PM	.71	0.21	-5.23	.46**	1.38
MG ~ PP	.78	0.41	-8.65	.57**	1.23
MM ~ PP	.73	0.39	-5.73	.50**	1.36
MT ~ PCPanx	.70	0.25	6.13	.46**	2.30
MT ~ PM	.82	0.40	-7.00	.66**	1.82
MT ~ PP	.95	0.83	-14.91	.91**	0.92

Nota. El símbol ~ representa la relació entre les variables al costat esquerre de la taula (variable dependent) i el costat dret de la taula (variable independent).

Cor: correlació; INT: intersecció; B: beta; EEE: error estàndard d'estimació; CMO: contingut mineral ossi; PCPanx: plec cutani del panxell; $\sum$ PCC: suma dels plecs cutanis de la cama (cuixa i panxell); PCu: perímetre de la cuixa; PP: perímetre del panxell; PCC: plec cutani de la cuixa; MG: massa magra; MM: massa magra; MT: massa total.

** Indica correlació significativa de $p < .01$.

Taula 4*Models de regressió lineal per comparar variables de composició corporal de la DXA prevista i antropometria (tronc).*

Model	Cor (p)	Int.	B	R ²	EEE (kg)
CMO ~ PCS	.78**	0.01	0.41	.57**	0.13
CMO ~ PCMA	.81**	0.01	0.44	.63**	0.13
CMO ~ PCSi	.71**	0.01	0.41	.47**	0.15
CMO ~ PCA	.79**	0.01	0.36	.59**	0.13
CMO ~ $\sum$ PCT	.75**	0.00	0.38	.54**	0.14
MG ~ PCS	.87**	0.35	2.52	.75**	2.20
MG ~ PCMA	.83**	0.30	3.63	.67**	2.51
MG ~ PCSi	.71**	0.27	3.23	.47**	3.21
MG ~ PCA	.83**	0.28	1.76	.67**	2.54
MG ~ $\sum$ PCT	.83**	0.08	1.96	.67**	2.54
MG ~ PA	.71*	0.28	-17.22	.47**	3.22
MM ~ PCSi	.70**	0.21	18.60	.45**	2.65
MM ~ PCA	.75	0.21	17.92	.53**	2.46
MM ~ $\sum$ PCT	.73	0.05	18.25	.49**	2.56
MT ~ PCS	.93	0.58	22.26	.85**	2.61
MT ~ PCMA	.90	0.50	23.86	.81**	2.99
MT ~ PCSi	.85	0.49	22.24	.70**	3.79
MT ~ PCA	.95	0.50	20.04	.89**	2.20
MT ~ $\sum$ PCT	.93	0.13	20.59	.87**	2.49
MT ~ PA	.70	0.43	-7.21	.45**	5.11
% GC ~ PCS	.73	0.52	16.7	.50**	5.54%

Nota. El símbol ~ representa la relació entre les variables al costat esquerre de la taula (variable dependent) i el costat dret de la taula (variable independent).

COR: correlació; INT: intersecció; B: beta; CMO: contingut mineral ossi; PCS: plec cutani subescapular; PCMA: plec cutani mitjà axil·lar; PCSi: plec cutani suprailiac; PCA: plec cutani abdominal; $\sum$ PCT: suma dels plecs cutanis del tronc (axil·lar mitjana, pit, suprailiac i abdominal); MG: massa grassa; PA: perímetre abdominal; MM: massa magra; MT: massa total; % GC: percentatge de greix corporal.

** Indica correlació significativa de $p < .01$.

Resultats

Es va utilitzar l'estadística descriptiva per identificar la característica antropomètrica dels participants, que de mitjana tenien una massa corporal de 71.70 ± 15.10 kg, una estatura de 1.74 ± 0.08 m, un índex de massa corporal de 20.60 ± 4.20 kg/m² i un percentatge de greix corporal de 28.30 ± 7.40 %.

A la Taula 2 es presenten les variables antropomètriques i de composició segmentària corporal.

Per analitzar la relació entre les variables antropomètriques i de composició pectoral (DXA) es va crear una matriu de correlació. Les variables amb una correlació $> .70$ (r) es van incloure en models de regressió lineal per verificar els possibles predictors de composició corporal segmentària. Es va escollir aquest valor perquè es considera acceptable per validar instruments de mesurament segons Guedes i Guedes (2006). A la Taula 3 es presenten els resultats de les regressions lineals per a les variables de composició corporal de la regió del braç i de la cama.

A partir de l'anàlisi podem observar que els plecs cutanis de bíceps i tríceps i la suma de tots dos poden explicar millor la massa magra prevista per DXA ($R^2 = .64$, $p < .01$; $R^2 = .61$, $p < .01$; i $R^2 = .66$, $p < .01$, respectivament) a la regió del braç.

A la regió de la cama, s'observa una relació manifesta del plec cutani del panxell i la suma dels plecs cutanis de la cama ($R^2 = .70$, $p < .01$, i $R^2 = .68$, $p < .01$, respectivament) amb la massa grassa de la cama, on el perímetre del panxell va presentar l'error de mesurament més petit (EEE = 0.92 kg).

En relació amb les variables del tronc, val la pena mencionar que els resultats dels plecs cutanis subescapulars ($R^2 = .75$, $p < .01$) i la suma dels plecs cutanis del tronc ($R^2 = .63$, $p < .01$) poden predir la massa grassa del tronc per DXA, però, van mostrar valors elevats d'error d'estimació.

Discussió

L'objectiu d'aquest estudi va ser analitzar l'aplicabilitat dels mètodes antropomètrics del perímetre corporal i el gruix del plec cutani per segment corporal en comparació amb els resultats previstos per DXA. Per tant, l'estudi va demostrar que es poden crear models de predicció de composició corporal de manera segmentària, principalment mitjançant la suma del gruix del plec cutani de cada regió que reflecteix clars graus de determinació amb la massa grassa.

A la regió del braç, podem identificar que els plecs cutanis de bíceps, tríceps i la suma de tots dos representen més del 60 % de la massa grassa prevista per DXA, però amb un error d'estimació considerable. La relació entre aquests plecs cutanis i la massa grassa s'ha analitzat àmpliament, pel fet que s'utilitza com a referència per al

risc d'obesitat en infants i adolescents i en equacions de predicció en adults sense discapacitats (Marrodán et al., 2017; Nickerson et al., 2020; Wang et al., 2000). L'error d'estimació significatiu observat podria estar relacionat amb l'heterogeneïtat de la mostra que va mostrar, per exemple, una gran desviació estàndard per a la suma dels plecs cutanis de 18.6 ± 9.7 mm.

En relació amb la predicció de la composició corporal pels plecs cutanis a la regió del tronc, inicialment es va observar que els plecs cutanis subescapular, mitjà axil·lar, abdominal i la suma dels plecs cutanis del tronc van ser possibles predictors de massa grassa en aquesta regió. Tot i això, hi va haver valors d'estimació significatius, que també podrien estar estretament relacionats amb l'heterogeneïtat de la mostra, que va mostrar valors significatius de desviació estàndard per als plecs cutanis subescapular (19.6 ± 11 mm), abdominal (27.3 ± 13.2 mm), mitjà axil·lar (19.7 ± 12.5 mm) i la suma dels plecs cutanis (99.8 ± 49.3 mm).

A més, a la regió del tronc, només el plec cutani subescapular va mostrar una correlació superior a $R^2 = .70$, amb la massa grassa del tronc. Segons Willett (2012), els plecs cutanis subescapulars es poden utilitzar com un indicador d'adipositat central, a més de reflectir el greix centralitzat al tronc. Es va inserir en l'equació de Steinkamp et al. (1965), que es va utilitzar en l'estudi de Spungen et al. (1995), en el qual no es va observar cap diferència significativa en el percentatge de greix previst per DXA en individus amb tetraplegia.

A les extremitats inferiors, s'ha de destacar el gruix del plec cutani i el perímetre del panxell ($R^2 = .70$, $p < .01$; $R^2 = .57$, $p < .01$), que poden predir el canvi en la massa grassa de la cama. Tot i així, es van identificar errors d'estimació significatius del gruix del plec cutani (EEE = 1.03 kg) i el perímetre del panxell (EEE = 1.23 kg), que podrien estar relacionats amb l'atròfia muscular a la regió de la cuixa i del panxell i l'acumulació més alta de greix, que augmenta l'error de mesurament pel problema de separar el greix subcutani de la massa muscular.

Aquests resultats són importants perquè presenten una alternativa d'avaluació de la composició corporal de baix cost, d'aplicabilitat fàcil i una anàlisi segmentària, fonamentals en persones amb LM, pel fet que després d'una LM aguda i crònica es produeixen nombrosos canvis en la composició corporal (Beck et al., 2014; Ciriogliaro et al., 2013; Dionyssiotis et al., 2009), directament relacionats amb les extremitats afectades. Si se centren en els esports o la salut d'aquests individus, identificar de manera fiable la regió corporal on es produeixen canvis és fonamental per al diagnòstic, la monitorització i la intervenció efectiva.

En relació amb el perímetre, es pot verificar si també es poden utilitzar en models de predicció de massa grassa

per segment corporal, tot i que tenen correlacions menors que el gruix del plec cutani. Els perímetres centrals ja tenen suport científic per utilitzar-los en la població amb LM, posant de relleu que el perímetre de la cintura es pot utilitzar com a indicador de risc de malaltia cardiovascular, amb una ferma correlació amb la massa grassa corporal, la massa abdominal i els biomarcadors (Ravensbergen et al., 2014; Sumrell et al., 2018; Sutton et al., 2009). En el nostre estudi, el perímetre abdominal (mesurat 1 cm per damunt de la línia umbilical) va representar el 50 % de la variació de la massa grassa del tronc, que posa de relleu la viabilitat d'utilitzar el perímetre com a predictor de greix central.

Les baixes correlacions de massa magra previstes per DXA amb els plecs cutanis de totes les regions del cos es podrien explicar pel fet que els plecs cutanis estimen la massa corporal total, ja que aproximadament la meitat de tot el greix corporal es localitza en dipòsits adiposos directament sota la pell, és a dir, el teixit subcutani (McArdle et al., 2016).

Al llarg de l'estudi, es va observar que es poden crear models de predicció segmentària que utilitzen el gruix dels plecs cutanis i els perímetres per determinar la massa grassa. Tot i així, no es pot proposar una equació utilitzant aquestes variables, pel fet que per a la predicció es recomana tenir de 10 a 20 participants per variable predictiva (Pedhazur, 1997), i es necessitaria una mostra de 30 a 60 subjectes.

La principal limitació és la petita grandària de la mostra, que podria tenir un impacte negatiu en l'anàlisi estadística. Tot i això, val la pena mencionar el caràcter innovador d'aquest estudi, que és el primer a analitzar la composició corporal segmentària d'atletes amb lesió medul·lar.

Conclusió

En resum, l'anàlisi segmentària de la composició corporal mitjançant els perímetres i el gruix dels plecs cutanis podria ser apropiada para determinar de manera precisa la composició corporal segmentària en atletes amb lesió medul·lar, especialment la suma dels plecs cutanis segmentaris que reflecteixen de manera clara i significativa la massa grassa prevista per DXA.

Estudis addicionals amb mostres representatives i anàlisis segmentàries més extenses que incloguin avaluacions del nombre més gran possible de mesuraments (perímetres, plecs cutanis, longituds i diàmetres ossis) en cada segment corporal per crear els models predictius subsegüents podrien proporcionar resultats més manifestos.

Agraïments

Aquest estudi va ser finançat en part per la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Codi financer 001.

Referències

- Beck, L. A., Lamb, J. L., Atkinson, E. J., Wuermser, L.-A., & Amin, S. (2014). Body composition of women and men with complete motor paraplegia. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 37(4), 359–365. <https://doi.org/10.1179/2045772313Y.0000000151>
- Borges, M., Costa e Silva, A. A., Faria, F. R., Godoy, P. S., Melo, E. R. B., Calegari, D. R., & Gorla, J. I. (2016). Body composition and motor performance in wheelchair handball. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*, 19(2), 204–213.
- Cavedon, V., Zancanaro, C., & Milanese, C. (2020). Body composition assessment in athletes with physical impairment who have been practicing a wheelchair sport regularly and for a prolonged period. *Disability and Health Journal*, 13(4), 100933. <https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2020.100933>
- Cirnigliaro, C. M., La Fontaine, M. F., Emmons, R., Kirshblum, S. C., Asselin, P., Spungen, A. M., & Bauman, W. A. (2013). Prediction of limb lean tissue mass from bioimpedance spectroscopy in persons with chronic spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 36(5), 443–453. <https://doi.org/10.1179/2045772313Y.0000000108>
- Dionysiotis, Y., Lyritis, G. P., Papaioannou, N., Papagelopoulos, P., & Thomaidis, T. (2009). Influence of neurological level of injury in bones, muscles, and fat in paraplegia. *J Rehabil Res Dev*, 46(8), 1037–1044. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2008.12.0163>
- Goosey-Tolfrey, V. L., Totosy de Zepnek, J. O., Keil, M., Brooke-Wavell, K., & Batterham, A. M. (2020). Tracking within-athlete changes in whole body fat percentage in wheelchair athletes. *J Sports Physiol Perform*, 16, 1–6. <https://doi.org/10.1123/jsspp.2019-0867>
- Gorla, J. I., Costa e Silva, A. A., Borges, M., Tanhoffer, R. A., Godoy, P. S., Calegari, D. R., Santos, A. D. O., Ramos, C. D., Nadruz Junior, W., & Cliquet Junior, A. (2016). Impact of wheelchair rugby on body composition of subjects with tetraplegia: A pilot study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 97(1), 92–96. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.09.007>
- Guedes, D. P. P., & Guedes, J. E. R. P. (2006). *Manual prático para avaliação em Educação Física* (1 edição). Manole.
- Heyward, V. H., & Stolarczyk, L. M. (2000). *Avaliação da composição corporal*. Manole.
- Jones, L. M., Goulding, A., & Gerrard, D. F. (1998). DEXA: a practical and accurate tool to demonstrate total and regional bone loss, lean tissue loss and fat mass gain in paraplegia. *Spinal Cord*, 36(9), 637–640. <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100664>
- Maggioni, M., Bertoli, S., Margonato, V., Merati, G., Veicsteinas, A., & Testolin, G. (2003). Body composition assessment in spinal cord injury subjects. *Acta Diabetologica*, 40(1), 183–186. <https://doi.org/10.1007/s00592-003-0061-7>
- Marrodán, M. D., González-Montero de Espinosa, M., Herráez, A., Alfaro, E. L., Bejarano, I. F., Carmenate, M., Lomaglio, D. B., López-Ejeda, N., Martínez, A., Mesa, M. S., Méndez Pérez, B., Meléndez, J. M., Moreno-Romero, S., Pacheco, J. L., Vázquez, V., & Dipierri, J. E. (2017). Development of subcutaneous fat in Spanish and Latin American children and adolescents: Reference values for biceps, triceps, subscapular and suprailiac skinfolds. *HOMO- Journal of Comparative Human Biology*, 68(2), 145–155. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2017.02.003>
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2016). *Fisiologia do Exercício - Nutrição, Energia e Desempenho Humano* (8ª ed). Guanabara Koogan.

- Nickerson, B. S., Fedewa, M. V., Cicone, Z., & Esco, M. R. (2020). The relative accuracy of skinfolds compared to four-compartment estimates of body composition. *Clinical Nutrition*, 39(4), 1112–1116. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.04.018>
- Nikolaidis, P. T. (2013). Body mass index and body fat percentage are associated with decreased physical fitness in adolescent and adult female volleyball players. *Journal of Research in Medical Sciences: The Official Journal of Isfahan University of Medical Sciences*, 1, 22–26.
- Pedhazur, E. J. (1997). *Multiple regression in behavioral research* (3rd Edition). Wadsworth.
- Ravensbergen, H. R. J. C., Lear, S. A., & Claydon, V. E. (2014). Waist circumference is the best index for obesity-related cardiovascular disease risk in individuals with spinal cord injury. *Journal of Neurotrauma*, 31(3), 292–300. <https://doi.org/10.1089/neu.2013.3042>
- Spungen, A. M., Bauman, W. A., Wang, J., & Pierson, R. N. (1995). Measurement of body fat in individuals with tetraplegia: a comparison of eight clinical methods. *Spinal Cord*, 33(7), 402–408. <https://doi.org/10.1038/sc.1995.90>
- Steinkamp, R. C., Cohen, N. L., Siri, W. E., Sargent, T. W., & Walsh, H. E. (1965). Measures of body fat and related factors in normal adults - Introduction and methodology. *Journal of Chronic Diseases*, 18(12), 1279–1289. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0021-9681\(65\)90161-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0021-9681(65)90161-X)
- Sumrell, R. M., Nightingale, T. E., McCauley, L. S., & Gorgey, A. S. (2018). Anthropometric cutoffs and associations with visceral adiposity and metabolic biomarkers after spinal cord injury. *PLoS ONE*, 13(8), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203049>
- Sutton, L., Wallace, J., Goosey-Tolfrey, V., Scott, M., & Reilly, T. (2009). Body composition of female wheelchair athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 30(4), 259–265. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1105941>
- Wang, J., Thornton, J. C., Koleski, S., & Pierson JR, R. N. (2000). Anthropometry in Body Composition An Overview. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 904(1), 317–326.
- Willems, A., Thomas, T. A., Keil, M., Brooke-Wavell, K., & Goosey-Tolfrey, V. L. (2015). Dual-energy X-ray absorptiometry, skinfold thickness, and waist circumference for assessing body composition in ambulant and non-ambulant wheelchair games players. *Frontiers in Physiology*, 6, 1–7. <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00356>
- Willett, W. (2012). *Nutritional epidemiology*. Oxford University Press, 40, 234.
- Yarar-Fisher, C. C., Chen, Y., Jackson, A. B., & Hunter, G. R. (2013). Body mass index underestimates adiposity in women with spinal cord injury. *Obesity*, 21(6), 1223–1225. <https://doi.org/10.1002/oby.20199>

Conflicte d'interessos: les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Aquest article està disponible a la url <https://www.revista-apunts.com/ca/>. Aquest treball està publicat sota una llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Les imatges o qualsevol altre material de tercers d'aquest article estan incloses a la llicència Creative Commons de l'article, tret que s'indiqui el contrari a la línia de crèdit; si el material no s'inclou sota la llicència Creative Commons, els usuaris hauran d'obtenir el permís del titular de la llicència per reproduir el material. Per veure una còpia d'aquesta llicència, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>



Representació mediàtica de les esportistes en els Jocs Olímpics: una revisió sistemàtica

Juana Salido-Fernández^{1*} , i Ana M. Muñoz-Muñoz¹ 

¹ Institut Universitari d'Investigació en Estudis de les Dones i de Gènere. Universitat de Granada, Granada (Espanya).



Citació

Salido-Fernández, J. & Muñoz-Muñoz, A.M. (2021). Media Representation of Women Athletes at the Olympic Games: A Systematic Review. *Apunts Educación Física y Deportes*, 146, 32-41. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/4\).146.04](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/4).146.04)

Editat per:

© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

*Correspondència:

Juana Salido-Fernández*
juanasalido@correo.ugr.es

Secció:

Ciències humanes i socials

Idioma de l'original:

Espanyol

Rebut:

6 de gener de 2021

Acceptat:

27 d'abril de 2021

Publicat:

1 d'octubre de 2021

Coberta:

Jocs Olímpics de Tòquio 2020 –
Taekwondo: Pes mosca femení
49 kg. Combat per la medalla
d'or. Adriana Cerezo Iglesias
(Espanya) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailàndia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japó) 24.07.2021.
REUTERS / Murad Sezer

Resum

Aquest estudi té com a objectiu realitzar una revisió sistemàtica de la literatura existent sobre la cobertura femenina durant els Jocs Olímpics. Per a això, s'han recollit un total de 144 registres de la base de dades Web of Science, que s'han cribrat a $n = 58$ per estudiar-los en profunditat. S'ha fet una anàlisi de contingut amb les dades recollides a partir de les següents categories temàtiques: evolució per anys de la producció científica, tipologies d'estudis duts a terme, països i regions amb més trajectòria en la temàtica, cites, autors i principals troballes i línies de futur. Els resultats van mostrar que els estudis tenen lloc principalment als Estats Units, sobretot els últims anys, amb especial incidència el 2015, en àrees com les ciències socials i la comunicació i centrats en bona mesura en la televisió, tot i que amb un creixent interès pels nous mitjans digitals. De forma general, aquests continuen trobant falta d'equitat en la quantitat de cobertura, així com una diferenciació de gènere en la representació de l'esport femení. Es proposa aprofundir en nous estudis per desvelar si aquests desequilibris perviuen o s'avança cap a cotes més altes d'equitat.

Paraules clau: dones, esport, Jocs Olímpics, mitjans de comunicació, revisió sistemàtica.

Introducció

Els estudis sobre la cobertura mediàtica esportiva han trobat des dels inicis una escassa presència femenina, pel fet que les esportistes han arribat a estar excloses o marginades dels mitjans, especialment en la cobertura informativa diària (Toffoletti, 2016), tot i que també durant grans esdeveniments com els Jocs Olímpics (Delorme i Testard, 2015; Salido-Fernandez, 2020). Això es deu al fet que els mitjans, especialment els esportius, són un espai d'hegemonia masculina que dona prioritat a l'esport practicat per homes i transmes a una audiència majoritàriament masculina. En aquests, les dones són infrarepresentades (Billings et al., 2010; Jones, 2013) i han d'assolir grans èxits per gaudir de certa presència. A més, quan apareixen, les mostren de manera trivialitzada, parcial i estereotipada, amb comentaris sobre les seves emocions, aparença física i vida familiar (Eagleman, 2015; Ravel i Gareau, 2016).

A partir dels anys vuitanta comencen a desenvolupar-se investigacions als Estats Units sobre la representació femenina esportiva als mitjans, tot i que és als noranta quan comencen a ser més habituals. Hi destaquen els treballs de Duncan (1990), centrat en els Jocs Olímpics de 1984 i 1988, que troba en la cobertura fotogràfica imatges que minimitzen els èxits de les esportistes a través de comentaris sobre la seva bellesa o indumentària, o Lee (1992), que descobreix una quantitat de cobertura molt desigual tant en el text com en les imatges en aquests mateixos Jocs, així com diferenciació biològica en funció del sexe, amb tendència a la trivialització i marginació de les esportistes. A finals dels noranta, Toohey (1997), en una anàlisi dels Jocs de 1988 i 1992, confirma aquesta inferioritat quantitativa femenina, amb un 30-32 % de presència mediàtica davant d'un prominent 60 % masculí. Aquestes dades es van suavitzant en les edicions següents; així, la cobertura femenina a l'NBC durant Barcelona 1992 arriba al 44 %, però amb biaixos que emfatitzen Griggs, és a dir, els més estètics i principalment individuals com la gimnàstica (Daddario, 1997). Aquestes xifres de cobertura descendeixen per situar-se novament al voltant del 30-33 % als Jocs de Sydney 2000 i Atenes 2004 (Capranica et al., 2005; Capranica et al., 2008; Greer et al., 2009), tot i que avancen fins al 40 % a Pequín 2008.

Els últims anys, els estudis han continuat mostrant un desequilibri entre les dades de participació i la cobertura als mitjans, com mostra el Projecte Global de Monitoratge de Mitjans (GMMP, 2015), que indica una presència mediàtica general femenina (ràdio, premsa o televisió) d'un 24 % a escala mundial, i en el cas de la premsa esportiva amb prou feines del 4 %, tot i que la participació de les dones en l'esport és del 40 % (UNESCO, 2020). Davant d'aquestes dades, estudis més recents han trobat una cobertura femenina molt més igualada als Jocs de Rio 2016, amb un 58.5 % a la cadena nord-americana NBC (Billings et al., 2017). Un avenç al qual han contribuït les diverses institucions i organismes nacionals i internacionals que al llarg dels anys han començat a reclamar cotes més altes

d'igualtat en l'esport i la seva cobertura mediàtica, entre els quals destaca la tasca del Comitè Olímpic Internacional, que defensa un compromís amb la igualtat de gènere a través de les contínues actualitzacions de la Carta Olímpica (COI, 2020a). De fet, la seva previsió per als Jocs de Tòquio és assolir una participació femenina del 49 % (COI, 2020b).

Així, tot i que quantitativament s'entreu una cobertura cada cop més equilibrada entre els dos sexes, els autors i les esportistes continuen percebent invisibilització i presència d'estereotips com la bellesa, aparença física i sexualitat (Coche i Tuggle, 2016; Martínez-Abajo et al. 2020), infantilització i victimització, així com emoció, passivitat i debilitat femenines (Eagleman, 2015; Jones, 2013), amb comparacions amb els esportistes masculins, ambivalència i trivialització (Lichfield, 2018). Aquestes formes de representació diferenciada arriben als mitjans digitals, en els quals també s'observa una escassa cobertura femenina i pervivència de biaixos i estereotips idèntics als dels mitjans tradicionals (Johnson et al., 2020; Lichfield i Kavanagh, 2019), així com una creixent presència de perfils femenins definits exclusivament per la seva vinculació sentimental a esportistes masculins i que treuen espai a les esportistes als mitjans (Gómez-Colell, 2015; Muñoz-Muñoz i Salido-Fernandez, 2018).

Aquest treball pretén donar a conèixer en profunditat com ha evolucionat la cobertura de l'esport femení als mitjans durant els Jocs Olímpics a través d'una revisió de les investigacions dutes a terme des d'inicis de l'any 2000 fins a l'actualitat, amb l'objectiu de descobrir-ne els anys més prolífics, les principals àrees en les quals s'han desenvolupat aquests estudis, els autors i les línies d'investigació actuals, així com les propostes de futur exposades.

Metodologia

Aquest estudi va fer una revisió sistemàtica de les principals investigacions publicades sobre la representació mediàtica femenina durant els Jocs Olímpics. Per fer-ho, es va dur a terme una recerca a la Web of Science (WOS), la base de dades que recull les principals publicacions científiques en qualsevol camp, incloses les ciències socials.

Estratègia de recerca

Per realitzar aquest estudi es van seguir els criteris utilitzats en altres revisions sistemàtiques (Castillo i Hallinger, 2018; Cruz-González et al., 2020) i, per a la inclusió dels articles, s'han tingut en compte criteris centrats en l'adequació del tema, evolució temporal, àrees temàtiques, països, autoria i enfocament de les investigacions. Així, es van establir com a criteris d'exclusió i inclusió: articles o revisions publicats en revistes científiques a partir de l'any 2000, per establir-ne l'evolució dels últims 20 anys, i centrats en l'estudi de la representació mediàtica de les esportistes durant els

esdeveniments olímpics celebrats a partir d'aquesta data en àrees de ciències socials i humanitats.

Les paraules clau utilitzades en l'equació de recerca van ser: TS = (wom*n AND Olympic AND media).

Cribatge i extracció de les dades

Tal com s'observa a la Figura 1, la recerca va donar com a resultat un total de 144 registres específics a WOS. A continuació, la recerca es va refinar a través d'una revisió dels articles, eliminant tots els articles anteriors al període establert, també els centrats en els Jocs Paralímpics, pel fet de tenir característiques diferents de cara a l'anàlisi, així com els estudis enfocats en els efectes que una cobertura desigual dels mitjans té sobre les audiències o sobre els esportistes d'elit, pel fet que tenen objectius diferents als d'aquesta investigació. El nombre final va ser de 112.

Després del cribatge, el procés d'extracció final de les dades es va fer mitjançant una lectura profunda, primer dels resums, de manera que els registres es van reduir a 92, i després dels articles complets, per descartar els que no eren rellevants per a la investigació, ja que no s'ajustaven a l'objecte d'estudi. Així, finalment, els articles inclosos per a l'anàlisi van ser $n=58$.

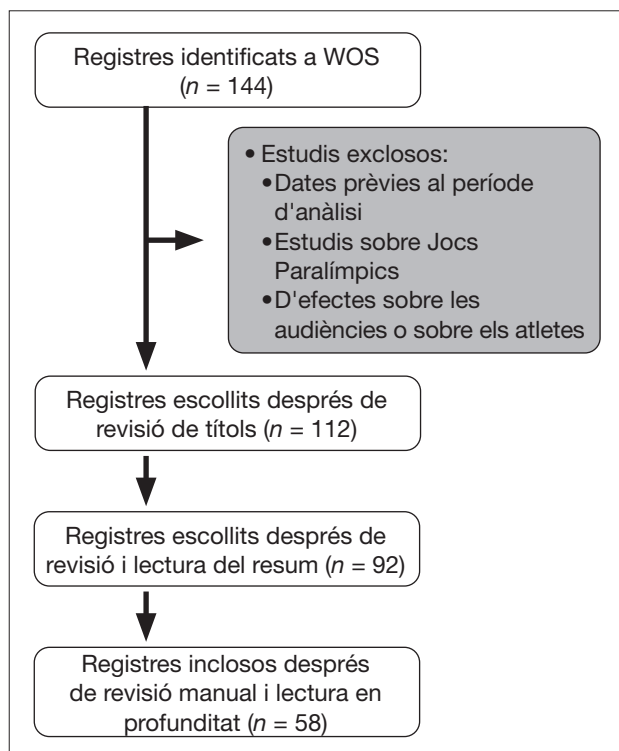


Figura 1

Selección del estudio. Fuente: elaboración propia.

Un cop definits els registres que s'inclourien a l'anàlisi, es van comparar i analitzar en profunditat els articles segons les seves característiques (àrees, procedència, autoria...) i

principals resultats trobats (Okoli i Schabram, 2010), fet que va permetre establir les següents categories temàtiques:

1. Evolució per anys de la producció científica sobre cobertura olímpica femenina (els primers estudis, els anys més prolífics...).
2. Tipus d'anàlisis realitzades (segons àrees de coneixement).
3. Països i regions amb més pes i trajectòria en la investigació.
4. Cites, autoria i troballes més rellevants.
5. Línies d'investigació futura.

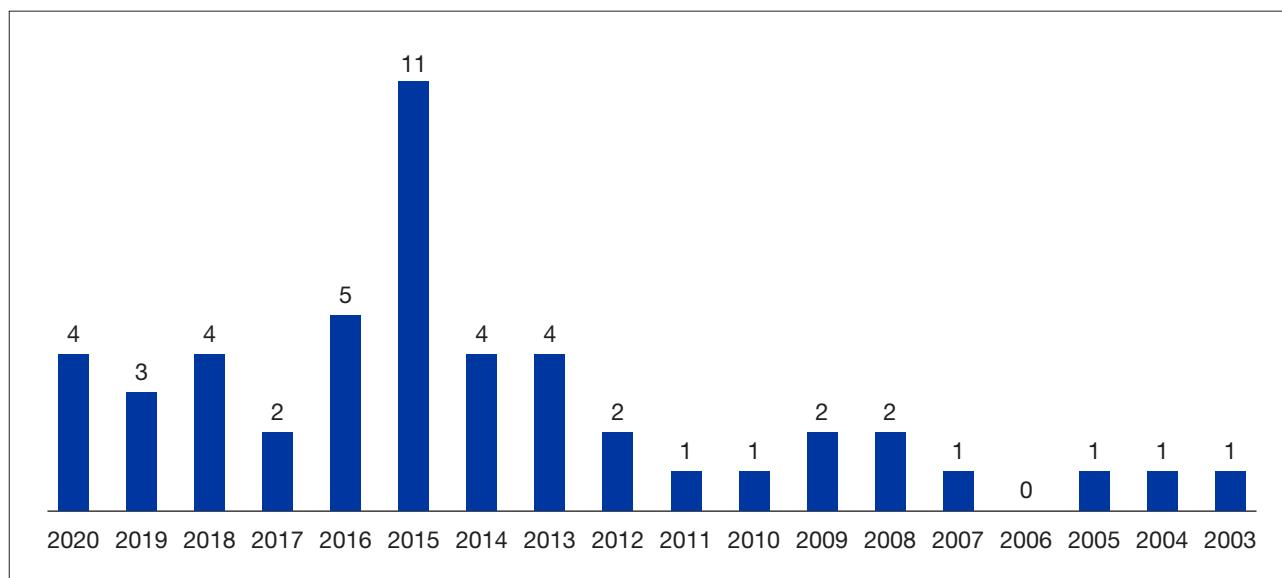
Resultats

Evolució de les investigacions sobre la cobertura olímpica femenina

Els estudis sobre gènere i olimpisme als mitjans compten amb una evolució evident, tal com veiem a la Figura 2. Han passat de comptar a principis de l'any 2000 amb una presència escassa, de tot just una o dues publicacions l'any, a tenir, a partir dels Jocs Olímpics de Londres 2012, un desenvolupament ampli, amb quatre publicacions anuals durant els dos anys següents als Jocs, fins a assolir un màxim històric d'11 publicacions en total el 2015, amb una baixada el 2017 fins a dos estudis, per mantenir-se al voltant de quatre publicacions l'any els anys següents.

Si ens fixem en l'interès que va suscitar cada esdeveniment olímpic entre els investigadors, només trobem una publicació sobre els Jocs de Barcelona 1992 i Atlanta 1996 (Higgs et al., 2003), igual que a Sydney 2000, també amb una publicació específica (Capranica et al., 2005), pujant a tres a Atenes 2004 (Billings, 2007; Capranica et al., 2008; Greer et al., 2009), cap a Torí 2006, per saltar a Pequín 2008 amb nou estudis, entre d'altres els de Billings et al. (2010), Li (2011), Tang i Cooper (2012), Amara (2012) o Jones (2013). A Vancouver 2010 tornem a trobar treballs d'Angelini et al. (2012), així com de Jones i Greer (2012) o Smith (2016).

A partir de l'any 2012, assistim a un moment prolífic per a les publicacions sobre cobertura olímpica femenina, amb l'arribada dels Jocs de Londres, considerats com "els Jocs de les dones", a causa dels nivells de participació i èxits femenins assolits, fet que va comportar un gran interès entre els investigadors, amb 15 estudis específics, entre els quals destaquen els treballs de Ravel i Gareau (2016), Frank i O'Neill (2016), Delorme i Testard (2015), Eagleman (2015) o Godoy-Pressland i Griggs (2014). A més, també es va trobar una incidència cada cop més gran en els Jocs d'hivern, amb quatre estudis a Sotxi 2014 (Delorme i Pressland, 2016; Jakubowska, 2017; MacArthur et al., 2016; 2017) i fins ara dues publicacions als de Pyeongchang 2018 (Oh et al.,

**Figura 2**

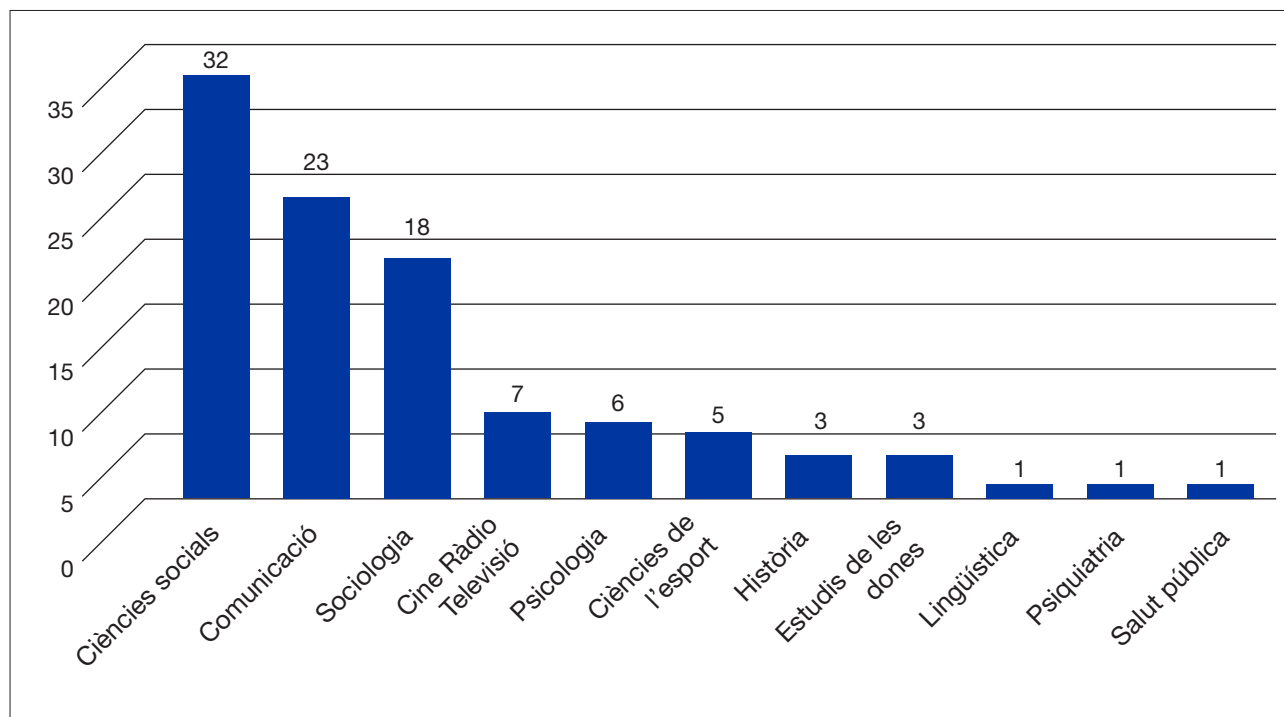
Publicacions científiques per anys. Font: elaboració pròpia amb dades de WOS.

2020; Xu et al., 2020). Als últims Jocs d'estiu de Rio 2016 s'han comptabilitzat sis estudis específics fins a l'actualitat (Dashper, 2018; Litchfield, 2018; Litchfield i Kavanagh, 2019; Villalon i Weiller-Abels, 2018; Xu et al., 2018; Xu et al., 2019), tot i que també s'han trobat estudis sobre aquests Jocs en algunes anàlisis longitudinals que combinen diferents períodes olímpics (Johnson et al., 2020; Organista et al., 2020).

Tipologia d'estudis duts a terme

Els estudis de dones, mitjans i esport, a causa de la seva interdisciplinarietat, han anat avançant per àrees molt diferents al llarg del seu desenvolupament (Fig. 3), amb les ciències socials o la comunicació com les més predominants, tot i que també hi destaquen les ciències de l'esport, la psicologia, la història o la lingüística, i en alguns casos hem trobat registres que estaven presents en diverses disciplines simultàniament. Així, el percentatge més alt el van concentrar les ciències socials, amb el 55 % del total de publicacions, amb treballs destacats com els de Xu et al. (2020, 2019, 2018), enfocats en els dos últims esdeveniments olímpics (els Jocs d'estiu de 2016 i hivern de 2018) i centrats a analitzar la cobertura de les televisions xinesa i australiana. Hi van trobar una infrarepresentació femenina, però, sobretot, una clara diferenciació en les atribucions de l'èxit i el fracàs dels atletes, pel fet que elles triomfaven per les seves habilitats i ells, per l'experiència. En àrees com la comunicació, que va assolir un 50 %, hi destaquen treballs sobre premsa escrita, com els de Delorme i Pressland (2016) o Delorme i Testard (2015), aquest últim basat en l'anàlisi fotogràfica. Tots dos van descriure diferències significatives tant en la quantitat com en la qualitat de la cobertura, amb biaixos de gènere, invisibilització i subrepresentació femenina. Una altra àrea

representativa va ser la sociologia, que va assolir un 31 %, en què destaquen estudis sobre la restauració de la imatge i les disculpes públiques de les esportistes (Litchfield, 2018), nocions que van ser reexaminades i modificades des dels estudis de l'esport, el gènere i la tercera onada feminista. En aquesta àrea també trobem treballs com el d'Amara (2012), amb un estudi sobre el discurs mediàtic amb el xoc de cultures, centrat en la representació de les esportistes musulmanes i l'ús del vel als Jocs de Pequín 2008. Per la seva banda, el cine, ràdio i televisió van assolir un 12 % del total i els estudis d'aquesta disciplina estaven enfocats principalment a la cobertura televisiva, amb més temps en antena i més mencions masculines (61.2 %), diferències notables en les descripcions físiques i de la personalitat en funció del sexe (Billings, 2007; MacArthur et al., 2017), més imatges de parts del cos femení i estatus esportiu inferior (Kian et al., 2013), així com diferències en la producció tècnica visual, fent que l'esport femení es mostrés com menys emocionant (Greer et al., 2009). Altres àrees destacades van ser la psicologia, amb el 10.3 %, o les ciències de l'esport (8.6 %), que compartien articles amb àrees ja mencionades. En aquesta última hi trobem els treballs de Xu et al., 2019; Litchfield i Kavanagh, 2019; Dashper, 2018 o Litchfield, 2018, entre d'altres. La resta d'àrees, tot i que es van percebre com a minoritàries, van traslladar aquests estudis a la història, abordant l'evolució històrica de la representació femenina en esports masculins com l'esquí i el seu impacte en una participació femenina actual més alta (Hofmann, 2012), la salut pública o la psiquiatria. En últim lloc, també trobem treballs sobre lingüística, com el de Zhang (2015), centrat en les construccions lingüístiques de gènere sobre les gimnastes xineses en la cobertura occidental i xinesa, per revelar discriminació de gènere a l'una i l'altra. A la primera es va descobrir un discurs infantil, victimitzat

**Figura 3**

Àrees de coneixement de les investigacions. Font: elaboració pròpia amb dades de WOS.

i passiu davant la duresa del model d'entrenament xinès i a la segona, un discurs de submissió, innocència i obediència a les normes del país.

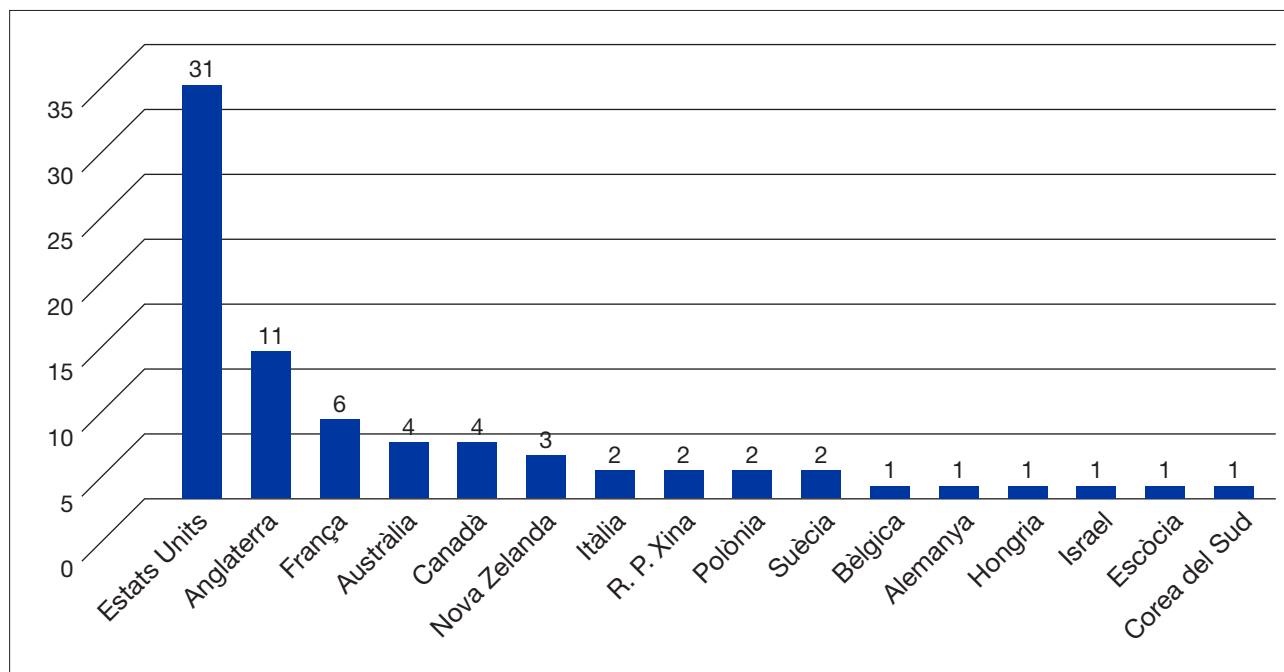
Països i regions amb més trajectòria i interès sobre la cobertura femenina als Jocs Olímpics

Els estudis sobre esport olímpic femení i mitjans s'han expandit al llarg dels anys per diferents països i regions, tot i que, com veiem a la Figura 4, als Estats Units és on s'ha aconseguit una primera i més alta incidència. Així, trobem que el 53 % de la producció sobre aquest tema s'ha produït en aquest país i aborda des de la premsa escrita (Knight i Giuliano, 2001) i les revistes com *Sport Illustrated* (Dafferner et al., 2019) fins als nous mitjans i xarxes socials (Johnson et al., 2020), però, sobretot, cadenes de televisió, molt especialment l'NBC (Angelini et al., 2012; Billings, 2007; Billings et al., 2010; Greer et al., 2009; Higgs et al., 2003; MacArthur et al., 2016; Smith, 2016).

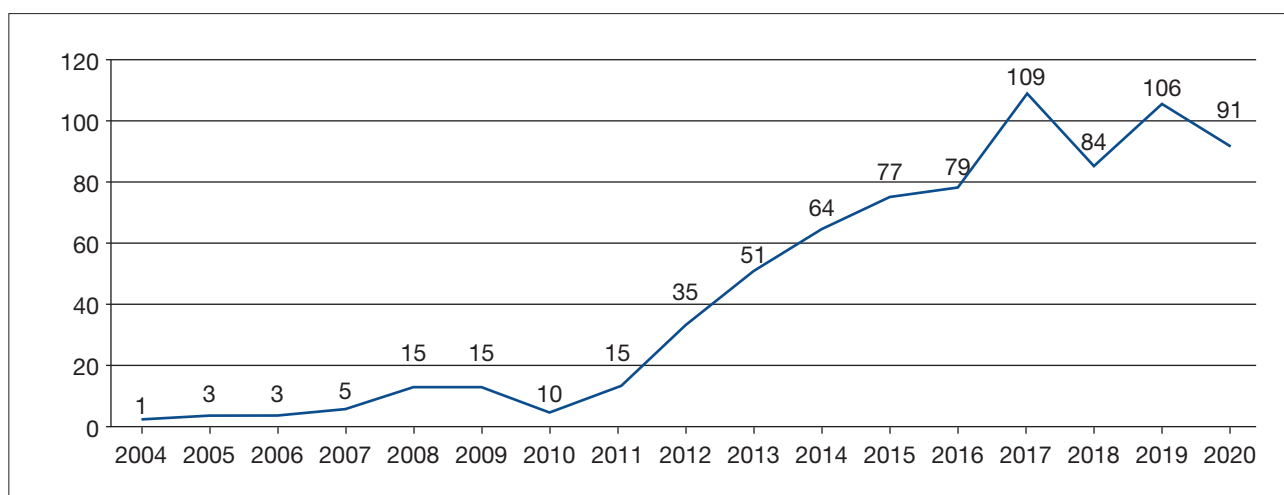
En segon lloc se situaria Anglaterra, per concentrar el 19 % de les publicacions, amb diversos estudis centrats en la representació femenina a la premsa nacional britànica, en la qual perviu una infrarepresentació femenina tant de les esportistes (O'Neill i Mulready, 2015), amb parcialitat en les fotografies (Godoy-Pressland i Griggs, 2014), com de les reporteres esportives (Franks i O'Neill, 2016). També hi trobem estudis comparatius entre diversos països, com els duts a terme per Delorme i Pressland (2016) sobre França, Anglaterra

i Espanya, que van identificar variacions en la desigualtat mostrada pels mitjans de cada país, amb el cas espanyol com el que oferia un nivell d'equitat més alt. En aquest sentit, les comparatives també van analitzar les diferències culturals, com la representació del vel (Amara, 2012) o de les dones musulmanes en general a la premsa occidental, en la qual es mostraven amb trets d'infantilització, victimització i indefensió i, a més, objectivades i construïdes des de l'alteritat i l'essencialisme excloent (Samie i Sehlikoglu, 2015).

Per la seva banda, França va assolir un 10.3 % del total de la producció científica, centrada en l'estudi de la infrarepresentació femenina als mitjans francesos (Delorme i Testard, 2015), però també s'hi van trobar comparatives entre diversos països com Bèlgica, Dinamarca, França o Itàlia (Capranica et al., 2005), així com de mitjans nord-americans (Dafferner et al., 2019), amb avenços significatius en la cobertura dels èxits femenins, però amb pervivència de biaixos basats en la sexualització i objectivació dels seus cossos. Altres països que van mostrar més incidència en els estudis sobre les esportistes van ser Austràlia (Litchfield, 2018; Litchfield i Kavanagh, 2019; Xu et al., 2019) i el Canadà (Johnson et al., 2020; McGannon et al., 2015), amb aproximadament un 7 % cadascun. Per últim, Nova Zelanda va assolir un 5 % (Eagleman, 2015; Eagleman et al., 2014) i de forma testimonial també van aparèixer Itàlia (Capranica et al., 2008), la Xina (Oh et al., 2020; Xu et al., 2020), Polònia (Organista et al., 2020) o Suècia (Hedenborg, 2013; Hellborg i Hedenborg, 2015), amb un 3.5 % cadascun. Aquests percentatges estan referits al total

**Figura 4**

Països/regions amb més incidència en la investigació. Font: elaboració pròpia amb dades de WOS.

**Figura 5**

Evolució de les cites per anys. Font: elaboració pròpia amb dades de WOS.

d'articles analitzats (58) i varien pel fet que alguns estudis els ha dut a terme més d'un país.

Cites, autors i principals troballes

Cal destacar que, de forma conjunta, les publicacions científiques sobre cobertura mediàtica femenina als Jocs arriben a un total de 763 cites, amb una mitjana de 13.16 cites cada article, 44.8 cites per any de tots els estudis i un índex h de 15. A més, trobem un gran creixement de les cites des de l'any 2011 (15), per arribar al màxim el 2017 (109 en

total). L'any següent es va produir una certa baixada, fins a 84, i novament, un increment el 2019 (106), per assolir-ne 91 des de l'1 de gener d'aquest any (2020) (Fig. 5).

La taula següent (Taula 1) recull algunes de les investigacions més importants de les diverses edicions dels Jocs Olímpics publicades des de l'any 2000. Cal destacar els primers treballs centrats especialment en la televisió nord-americana (NBC), que van trobar, en primer lloc, una cobertura masculina més gran que la femenina al llarg de diversos Jocs (Angelini et al., 2012; Billings, 2007; Billings et al., 2010; Higgs et al., 2003), per anar incorporant després

Taula 1*Evolució de les investigacions sobre cobertura femenina.*

Autoria i any	Esdeveniment olímpic	Mitjà analitzat	Principals troballes
Higgs et al. (2003)	Barcelona 92-Atlanta 96	Televisió: NBC	Més cobertura masculina, esport apropiat femení, més crítiques davant d'errors femenins
Capranica et al. (2005)	Sydney 2000	Prensa escrita	Nacionalisme, més igualtat en la cobertura
Billings (2007)	Atenes 2004	Televisió: NBC	Cobertura diferenciada per gènere: subjectivitat i biaixos en les descripcions femenines
Greer et al. (2009)	Atenes 2004	Televisió: NBC	Biaixos en imatges: cobertura masculina visualment més emocionant, autoritat simbòlica masculina
Billings et al. (2010)	Pequín 2008	Televisió: NBC	Menys cobertura femenina, diferències de gènere i falta d'equilibri en les descripcions
Jones (2013)	Pequín 2008	Televisió digital: ABC, BBC, CBC i TVNZ	El doble de notícies i imatges masculines i estereotips de gènere: dependència, emoció i falta de compromís femenins
Angelini et al. (2012)	Vancouver 2010	Televisió: NBC	Desequilibris quantitatius: 3/5 de cobertura masculina i 75 % de les mencions
Kian et al. (2013)	Londres 2012	Diversos mitjans	Esports apropiats femenins, sexualització, infantilització i estatus secundari femení
Godoy-Pressland i Griggs (2014)	Londres 2012	Prensa escrita	Més cobertura fotogràfica masculina, més activa i en equip
Eagleman (2015)	Londres 2012	Prensa escrita	Enquadrament diferenciat de gènere, esport apropiat, descripcions infantilitzades, simplificades i sobre el cos femení
Delorme i Testard (2015)	Londres 2012	Prensa esportiva	Subrepresentació femenina en fotografies, tot i que sense diferències significatives en la mida, posició ni contingut
MacArthur et al. (2016)	Sotxi 2014	Televisió: NBC	Menor cobertura femenina (41.7 %) Diferències de gènere en les descripcions de la personalitat i el físic
Litchfield i Kavanagh (2019)	Rio 2016	Comptes de Twitter oficial	Avenços en la quantitat de cobertura (47 % masc. i 42 % fem.). Imatges diferenciades segons el gènere i infantilització femenina
Xu et al. (2018)	Rio 2016	Televisió Central Xinesa	No es troben diferències significatives. Fins i tot es percep més presència masculina en patinatge artístic que als països occidentals
Organista et al. (2020)	Vancouver 2010, Londres 2012, Sotxi 2014, Rio 2016	Prensa	Significativa infrarepresentació femenina, diferències de gènere en la descripció, nacionalisme, i menys valor a les atletes no poloneses

Font: elaboració pròpia.

altres tipus d'estudis que van desvelar diferències de gènere basades en biaixos segons l'esport, per exemple, els d'hivern, considerats més masculins pel fet que solen ser de més esforç i contacte físic (Billings, 2007). Però els estudis també es van ampliar a les imatges, més emocionants en el cas dels esportistes homes, com es veu en els Jocs d'Atenes 2004 (Greer et al., 2009), o a l'ús del llenguatge, amb diferències en les descripcions de la personalitat i físic dels atletes, en el cas de Sotxi 2014 (MacArthur et al., 2016).

A partir de 2012, els estudis es van començar a estendre a altres mitjans diferents, com les televisions digitals. Hi destaca el treball de Jones (2013) a Pequín 2008, que també va trobar diferències quantitatives en les imatges digitals i estereotips clars com l'emoció, dependència i falta de compromís amb l'esport en el cas femení, així com en la premsa escrita, que van des de la subrepresentació femenina en el text i les imatges a Londres 2012 (Delorme i Testard, 2015; Godoy-Pressland i Griggs, 2014) fins a enquadraments diferenciats de gènere

(Eagleman, 2015) i presència d'estereotips com la sexualització i infantilització femenina (Kian et al., 2013), troballes que contrastaven amb l'estudi dut a terme per Xu et al. (2018), que van trobar més equitat a la cobertura de la televisió xinesa. Els últims anys han començat a incorporar-se anàlisis sobre les xarxes socials, entre les quals destaca, per exemple, l'estudi de Litchfield i Kavanagh (2019) sobre els comptes oficials de Twitter de diverses institucions durant Rio 2016, en els quals també es perceben nivells més alts d'equitat i, no obstant això, hi perviuen diferències de gènere, amb imatges més actives masculines i infantilització femenina. L'última actualització de la situació la van dur a terme Organista et al. (2020) a la premsa polonesa, a través d'un estudi longitudinal que comprenia tots els Jocs Olímpics celebrats des de 2010, tant d'hivern com d'estiu, que va desvelar una significativa infrarepresentació femenina i el manteniment de biaixos de gènere que disminueixen en el cas del seu equip nacional, a causa del marcat discurs nacionalista associat a aquest tipus d'esdeveniments de competició mundial.

Línies futures

Les diverses investigacions dutes a terme sobre representació femenina durant els esdeveniments olímpics han anat proposant al llarg del temps ampliar el focus d'anàlisi més enllà de la premsa tradicional, explorant a fons la cobertura femenina en nous mitjans, com les plataformes digitals (Xu et al., 2020). També han plantejat aprofundir en estudis qualitius amb comparatives entre diversos esdeveniments olímpics o esports diferents, incloent-hi no només disciplines considerades apropiades femenines sinó també apropiades masculines o neutres (Eagleman, 2015). A més, es proposen monitoratges continus de mitjans per mesurar l'impacte que tenen les diferents accions dutes a terme per part dels organismes nacionals i internacionals amb respecte a l'equitat de gènere i conèixer com avança la cobertura diària femenina en els mitjans esportius fora dels grans campionats (Delorme i Testard, 2015).

Discussió i conclusions

Els estudis sobre la cobertura femenina durant els Jocs Olímpics han tingut des d'inicis de l'any 2000 una evolució lenta, tot i que constant, amb el moment de màxima producció el 2015, amb un total d'11 publicacions. Aquest fet es produeix per l'interès que comencen a despertar els èxits femenins, sobretot des dels Jocs de Londres 2012, que aconsegueixen atraure l'atenció d'un gran nombre d'investigadors que busquen examinar la cobertura destinada a les esportistes i els seus èxits, amb un total de 15 publicacions dedicades en exclusiva a aquests Jocs.

Després d'aquests, els Jocs de Rio 2016 han mantingut un nivell alt d'atenció (sis publicacions), que es preveu que encara no ha finalitzat.

Aquests estudis compten amb un elevat component d'interdisciplinarietat, pel fet que s'aborden des d'àrees com les ciències socials (55 %) i la comunicació (40 %), així com des de la psicologia (10.3 %) o les ciències de l'esport (8.6 %). El centre de producció principal d'aquestes investigacions se situa als Estats Units (53 %), seguit d'Anglaterra (19 %) i França (10.3 %), entre d'altres, fet que converteix Europa en el segon focus, amb més del 46 % de la producció. A més, es comença a expandir a altres països, com Austràlia i el Canadà (6.9 % cadascun).

Aquestes investigacions també han comptat amb un notable augment quant a impacte, passant amb prou feines d'una cita el 2005 al màxim el 2017, amb 109, i prop de 100 el 2020, així com una mitjana de gairebé 45 cites anuals de tots els autors. En general, els estudis aborden tots els mitjans de comunicació, des de la televisió (Billings, 2007; Greer et al., 2009; Xu et al., 2018), passant per la premsa escrita (Capranica et al., 2005; Godoy-Pressland i Griggs, 2014; Eagleman, 2015) o els nous mitjans digitals (Jones, 2013) i xarxes socials (Litchfield i Kavanagh, 2019). Aquests treballs indiquen que tot i que s'ha produït un gran avenç en l'evolució de la cobertura, amb nivells més alts d'equitat en la quantitat (Litchfield i Kavanagh, 2019; Xu et al., 2018), encara avui es perceben biaixos que van des de la infrarepresentació en el text i imatges (Billings, 2007; Jones, 2013; MacArthur et al., 2016), passant per diferències en les descripcions dels esportistes en funció del gènere (Billings et al., 2010; Organista et al., 2020), fins a una atenció més alta a esports apropiats masculins i femenins (Eagleman, 2015). A més, en aquests hi perviu un esforç de l'emoció i dependència (Jones, 2013), infantilització i passivitat (Godoy-Pressland i Griggs 2014), així com bellesa i sexualització femenines (Kian et al., 2013).

En aquest sentit, els investigadors plantegen ampliar el focus d'estudi a altres competicions i altres esports considerats masculins o neutres (Eagleman, 2015), així com a aprofundir en la cobertura de nous mitjans, com les plataformes digitals (Xu et al., 2020). També proposen completar les investigacions amb nous estudis que permetin comprovar si les mesures implementades pels diferents organismes per avançar en equitat de gènere troben correspondència en aquests mitjans (Delorme i Testard, 2015).

En resum, trobem que, tot i els evidents avenços aconseguits en la cobertura de l'esport femení, el sexe i les normes de gènere continuen influint encara avui en les transmissions mediàtiques dels Jocs Olímpics, independentment del mitjà, esport o país en el qual tinguin

lloc. Així, recollint els diferents treballs dels investigadors, es proposa avançar en nous estudis que, d'una banda, monitorin els mitjans per descobrir si els avenços en la quantitat de cobertura femenina tendeixen a una consolidació, però, sobretot, que amplii el focus d'anàlisi a estudis qualitius centrats a conèixer els marcs d'informació que els mitjans imposen a les audiències, per descobrir si hi perviuen les diferències de gènere existents, en sorgeixen d'altres adaptades als nous mitjans o s'avança cap a cotes més altes d'igualtat en representació mediàtica esportiva.

Referències

- Amara, M. (2012). Veiled Women Athletes in the 2008 Beijing Olympics: Media Accounts. *International Journal of the History of Sport*, 29(4), 638-651. <https://doi.org/10.1080/09523367.2012.658194>
- Angelini, J. R., Macarthur, P. J., & Billings, A. (2012). What's The Gendered Story? Vancouver's Prime Time Olympic Glory on NBC. *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, 56(2), 261-279. <https://doi.org/10.1080/08838151.2012.678515>
- Billings, A. C. (2007). From Diving Boards to Pole Vaults: Gendered Athlete Portrayals in the Big Four Sports at the 2004 Athens Summer Olympics. *Southern Communication Journal*, 72(4), 329-344. <https://doi.org/10.1080/10417940701667563>
- Billings, A. C., Angelini, J. R., & Duke, A. H. (2010). Gendered Profiles of Olympic History: Sportscaster Dialogue in the 2008 Beijing Olympics. *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, 54(1), 9-23. <https://doi.org/10.1080/08838150903550352>
- Billings, A., Angelini, J., & Macarthur, P. (2017). *Olympic Television. Broadcasting the Biggest Show on Earth*. New York: Routledge.
- Capranica, L., Minganti, C., Billat, V., Hanghoj, S., Piacentini, M. F., Cumps, E., & Meeusen, R. (2005). Newspaper coverage of women's sports during the 2000 Sydney Olympic Games: Belgium, Denmark, France, and Italy. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 76(2), 212-223. <https://doi.org/10.1080/02701367.2005.10599282>
- Capranica, L., Tessitore, A., D'artibale, E., Cortis, C., Casella, R., Camilleri, E., & Pesce, C. (2008). Italian Women's Television Coverage and Audience During the 2004 Athens Olympic Games. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79(1), 101-115. <https://doi.org/10.1080/02701367.2008.10599465>
- Castillo, F. A., & Hallinger, P. (2018). Systematic review of research on educational leadership and management in Latin America, 1991-2017. *Educational Management Administration & Leadership*, 46(2), 207-225. <https://doi.org/10.1177/1741143217745882>
- Coche, R., & Tuggle, C. A. (2016). The Women's Olympics? A Gender Analysis of NBC's Coverage of the 2012 London Summer Games. *Electronic News*, 10(2), 121-138. <https://doi.org/10.1177/1931243116647770>
- Comité Olímpico Internacional (2020a). *Carta Olímpica*. Recuperado de <https://cutt.ly/sfkozXh>
- Comité Olímpico Internacional (2020b). *Trailblazing Tokyo looking ahead with dazzling innovation*. Recuperado de <https://cutt.ly/kfkoQfI>
- Cruz-Gonzalez, C., Lucena-Rodriguez, C., & Domingo-Segovia, J. (2020). A systematic review of principals' leadership identity from 1993 to 2019. *Educational Management Administration & Leadership*, 1-23. <https://doi.org/10.1177/1741143219896053>
- Daddario, G. (1997). Gendered Sports Programming: 1992 Summer Olympic Coverage and the Feminine Narrative Form. *Sociology of Sport Journal*, 14(2), 103-120. <https://doi.org/10.1123/ssj.14.2.103>
- Dafferner, M., Campagna, J., & Rodgers, R. F. (2019). Making gains: Hypermuscularity and objectification of male and female Olympic athletes in Sports Illustrated across 60 years. *Body Image*, 29, 156-160. <https://doi.org/10.1016/j.bodyim.2019.04.001>
- Dashper, K. (2018). Smiling assassins, brides-to-be and super mums: the importance of gender and celebrity in media framing of female athletes at the 2016 Olympic Games. *Sport in Society*, 21(11), 1739-1757. <https://doi.org/10.1080/17430437.2017.1409729>
- Delorme, N., & Pressland, A. (2016). The Visibility of Female Athletes: A Comparison of the Sochi 2014 Winter Olympic Games Coverage in French, British, and Spanish Newspapers. *Sociology of Sport Journal*, 33(4), 317-333. <https://doi.org/10.1123/ssj.2016-0017>
- Delorme, N., & Testard, N. (2015). Sex equity in French newspaper photographs: A content analysis of 2012 Olympic Games by L'Equipe. *European Journal of Sport Science*, 15(8), 757-763. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1053100>
- Duncan, M. C. (1990). Sports Photographs and Sexual Difference: Images of Women and Men in the 1984 and 1988 Olympic Games. *Sociology of Sport Journal*, 7(1), 22-43.
- Eagleman, A. N. (2015). Constructing gender differences: newspaper portrayals of male and female gymnasts at the 2012 Olympic Games. *Sport in Society*, 18(2), 234-247. <https://doi.org/10.1080/17430437.2013.854509>
- Eagleman, A. N., Rodenberg, R. M., & Lee, S. (2014). From hollow-eyed pixies to team of adults: media portrayals of Olympic women's gymnastics before and after an increased minimum age policy. *Qualitative Research in Sport Exercise and Health*, 6(3), 401-421. <https://doi.org/10.1080/2159676X.2013.877961>
- Franks, S., & O'Neill, D. (2016). Women reporting sport: Still a man's game? *Journalism*, 4, 474-492. <https://doi.org/10.1177/1464884914561573>
- Global Media Monitoring Project (2015). *Who makes the news?* Recuperado de <https://cutt.ly/Hfko3Gw>
- Godoy-Pressland, A., & Griggs, G. (2014). The photographic representation of female athletes in the British print media during the London 2012 Olympic Games. *Sport in Society*, 17(6), 808-823. <https://doi.org/10.1080/17430437.2014.882908>
- Gómez-Colell, E. (2015). Adolescence and Sport: Lack of Female Athletes as Role Models in the Spanish Media. *Apunts Educación Física y Deportes*, 122, 81-87. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2015/4\).122.09](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2015/4).122.09)
- Greer, J. D., Hardin, M., & Homan, C. (2009). Naturally Less Exciting? Visual Production of Men's and Women's Track and Field Coverage During the 2004 Olympics. *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, 53(2), 173-189. <https://doi.org/10.1080/08838150902907595>
- Hedenborg, S. (2013). The Olympic Games in London 2012 from a Swedish Media Perspective. *International Journal of the History of Sport*, 30(7), 789-804. <https://doi.org/10.1080/09523367.2013.773889>
- Hellborg, A. M., & Hedenborg, S. (2015). The rocker and the heroine: gendered media representation of equestrian sports at the 2012 Olympics. *Sport in Society*, 18(2), 248-261. <https://doi.org/10.1080/17430437.2013.854510>
- Higgs, C. T., Weiller, K. H., & Martin, S. B. (2003). Gender bias in the 1996 Olympic Games - A comparative analysis. *Journal of Sport & Social Issues*, 27(1), 52-64. <https://doi.org/10.1177/0193732502239585>
- Hofmann, A. R. (2012). The floating Baroness and the Queen of the Skis. *International Journal of the History of Sport*, 29(2), 247-258. <https://doi.org/10.1080/09523367.2012.641217>
- Jakubowska, H. (2017). Framing the Winter Olympic Games: A Content Analysis of Polish Newspapers Coverage of Female and Male Athletes. *Polish Sociological Review*, 197, 67-81. Recuperado de <https://cutt.ly/rfjtB08>
- Johnson, R. G., Romney, M., Hull, K., & Pegoraro, A. (2020). Shared Space: How North America Olympic Broadcasters Framed Gender on Instagram. *Communication & Sport*. <https://doi.org/10.1177/2167479520932896>
- Jones, D. (2013). Online coverage of the 2008 Olympic Games on the ABC, BBC, CBC and TVNZ. *Pacific Journalism Review*, 19(1), 244-263. <https://doi.org/10.24135/pjr.v19i1.248>
- Jones, A., & Greer, J. (2012). Go Heavy or Go Home: An Examination of Audience Attitudes and Their Relationship to Gender Cues in the 2010 Olympic Snowboarding Coverage. *Mass Communication and Society*, 15(4), 598-621. <https://doi.org/10.1080/15205436.2012.674171>
- Kian, E., Berstein, A., & McGuire, J. (2013). A major boost for gender equality or more of the same? The television coverage of female athletes at the 2012 London Olympic Games. *The Journal of Popular Television*, 1(1), 143-149. https://doi.org/10.1386/jptv.1.1.143_1
- Knight, J. L., & Giuliano, T. A. (2001). He's a laker; She's a looker: The consequences of gender-stereotypical portrayals of male and female athletes by the print media. *Sex roles*, 45(3-4), 217-229. <https://doi.org/10.1023/A:1013553811620>
- Lee, J. (1992). Media Portrayals of Male and Female Olympic Athletes: Analyses of Newspaper Accounts of the 1984 and the 1988 Summer Games. *International Review for the Sociology of Sport*, 27(3), 197-219. <https://doi.org/10.1177/101269029202700301>

- Li, H. (2011). The Gendered Performance at the Beijing Olympics: The Construction of the Olympic Misses and Cheerleaders. *Communication Theory*, 21(4), 368-394. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2885.2011.01392.x>
- Litchfield, C. (2018). I just hope people can forgive me: Australian women athletes, apologies and image restoration at the Rio Olympic Games. *Leisure Studies*, 37(4), 411-423. <https://doi.org/10.1080/02614367.2018.1444082>
- Litchfield, C., & Kavanagh, E. (2019). Twitter, Team GB and the Australian Olympic Team: representations of gender in social media spaces. *Sport in Society*, 22(7), 1148-1164. <https://doi.org/10.1080/17430437.2018.1504775>
- MacArthur, P. J., Angelini, J. R., Billings, A. C., & Smith, L. R. (2016). The dwindling Winter Olympic divide between male and female athletes: the NBC broadcast network's primetime coverage of the 2014 Sochi Olympic Games. *Sport in Society*, 19(10), 1556-1572. <https://doi.org/10.1080/17430437.2016.1159193>
- MacArthur, P. J., Angelini, J. R., Smith, L. R., & Billings, A. C. (2017). The Canadian State of Mind: Coverage of Men and Women Athletes in the Canadian Broadcasting Corporation's Prime Time Broadcast of the 2014 Sochi Winter Olympic Games. *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, 61(2), 410-429. <https://doi.org/10.1080/08838151.2017.1309412>
- Martínez-Abajo, J., Vizcarra, M.-T., & Lasarte, G. (2020). How do Sportswomen Perceive the Way they are Treated in the Media?. *Apunts Educación Física y Deportes*, 139, 73-82. <https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.2020/1.139.10>
- McGannon, K. R., Gonsalves, C. A., Schinke, R. J., & Busanich, R. (2015). Negotiating motherhood and athletic identity: A qualitative analysis of Olympic athlete mother representations in media narratives. *Psychology of Sport and Exercise*, 20, 51-59. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2015.04.010>
- Muñoz-Muñoz, A. M., & Salido-Fernández, J. (2018). Tratamiento informativo de las esposas y novias (WAGs) de los deportistas en la prensa digital deportiva española. *El profesional de la información*, 27(2), 331-340. <https://doi.org/10.3145/epi.2018.mar.11>
- Oh, T., Kim, S. Love, A., & Seo, W. J. (2020). Media Framing of the Unified Korean Olympic Women's Ice Hockey Team. *Communication & Sport*. <https://doi.org/10.1177/2167479520925765>
- Okoli, C., & Schabram, K. (2010). A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research. *Sprouts: Working Papers on Information Systems*, 10(6). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1954824>
- O'Neill, D., & Mulready, M. (2015). The invisible woman? A comparative study of women's sports coverage in the UK national press before and after the 2012 Olympic Games. *Journalism practice*, 9(5), 651-668. <https://doi.org/10.1080/17512786.2014.965925>
- Organista, N., Mazur, Z., & Doczi, T. (2020). Our ladies versus our dominators: Gender differences and nationalist discourse in the Polish Olympic coverage. *Physical Culture and Sport Studies and Research*, 87(1), 9-23. <https://doi.org/10.2478/pcssr-2020-0015>
- Ravel, B., & Gareau, M. (2016). French football needs more women like Adriana? Examining the media coverage of France's women's national football team for the 2011 World Cup and the 2012 Olympic Games. *International Review for the Sociology of Sport*, 51(7), 833-847. <https://doi.org/10.1177/1012690214556912>
- Salido-Fernandez, J. (2020). Olimpismo, género y comunicación: una aproximación al deporte femenino y a su representación en los medios deportivos. *Comunicación y género*, 3(2), 173-182. <http://dx.doi.org/10.5209/cgen.68559>
- Samie, S. F., & Sehlkloglu, S. (2015). Strange, incompetent and out-of-place Media, Muslim sportswomen and London 2012. *Feminist Media Studies*, 15(3), 363-381. <https://doi.org/10.1080/14680777.2014.947522>
- Smith, L. R. (2016). Up Against the Boards: An Analysis of the Visual Production of the 2010 Olympic Ice Hockey Games. *Communication & Sport*, 4(1), 62-81. <https://doi.org/10.1177/2167479514522793>
- Tang, T., & Cooper, R. (2012). Gender, Sports, and New Media: Predictors of Viewing during the 2008 Beijing Olympics. *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, 56(1), 75-91. <https://doi.org/10.1080/08838151.2011.648685>
- Toffoletti, K. (2016). Analyzing media representations of sportswomen - Expanding the conceptual boundaries using a postfeminist sensibility. *Sociology of Sport Journal* 33(3), 199-207. <https://doi.org/10.1123/ssj.2015-0136>
- Toohy, K. (1997). Australian television, gender and the Olympic Games. *International Review for the Sociology of Sport*, 32(1), 19-29. <https://doi.org/10.1177/101269097032001003>
- UNESCO (2020). *Gender Equality in Sports Media*. Recuperado de <https://cutt.ly/HfkattK>
- Villalon, C., & Weiller-Abels, K. (2018). NBC's televised media portrayal of female athletes in the 2016 Rio Summer Olympic Games: a critical feminist view. *Sport in Society*, 21(8), 1137-1157. <https://doi.org/10.1080/17430437.2018.1442206>
- Xu, Q. R., Billings, A., & Fan, M. H. (2018). When Women Fail to Hold Up More Than Half the Sky: Gendered Frames of CCTV's Coverage of Gymnastics at the 2016 Summer Olympics. *Communication & Sport*, 6(2), 154-174. <https://doi.org/10.1177/2167479517695542>
- Xu, Q. R., Billings, A., Scott, O. K. M., Lewis, M., & Sharpe, S. (2019). Gender differences through the lens of Rio: Australian Olympic primetime coverage of the 2016 Rio Summer Olympic Games. *International Review for the Sociology of Sport*, 54(5), 517-535. <https://doi.org/10.1177/1012690217710690>
- Xu, Q. R., Billings, A., Wang, H., Jin, R., Guo, S. T., & Xu, M. M. (2020). Women, men, and five Olympic rings: An examination of Chinese Central Television's broadcast of the 2018 PyeongChang Winter Olympics. *International Review for the Sociology of Sport*, 55(6), 747-766. <https://doi.org/10.1177/1012690219849950>
- Zhang, L. W. (2015). A Cluster Analysis of Gender Discrimination in Chinese and Western News Media. *International Journal of English Linguistics*, 5(3), 11-18. <https://doi.org/10.5539/ijel.v5n3p11>

Conflicte d'interessos: les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Aquest article està disponible a la url <https://www.revista-apunts.com/ca/>. Aquest treball està publicat sota una llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Les imatges o qualsevol altre material de tercers d'aquest article estan incloses a la llicència Creative Commons de l'article, tret que s'indiqui el contrari a la línia de crèdit; si el material no s'inclou sota la llicència Creative Commons, els usuaris hauran d'obtenir el permís del titular de la llicència per reproduir el material. Per veure una còpia d'aquesta llicència, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>



Editat per:
© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

***Correspondència:**
Júlia Zani*
juliazani12@gmail.com

Secció:
Entrenament esportiu

Idioma de l'original:
Anglès

Rebut:
26 de gener de 2021

Acceptat:
29 d'abril de 2021

Publicat:
1 d'octubre de 2021

Coberta:
Jocs Olímpics de Tòquio 2020 –
Taekwondo: Pes mosca femení
49 kg. Combat per la medalla
d'or. Adriana Cerezo Iglesias
(Espanya) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailàndia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japó) 24.07.2021.
REUTERS / Murad Sezer

Patrons de passades en profunditat: anàlisi observacional dels tornejos senior de la UEFA i la FIFA

Júlia Zani^{1*}, Tiago Fernandes², Rodrigo Santos³ i Daniel Barreira¹

¹ CIFI2D, Centre d'Investigació, Educació, Innovació i Intervenció en l'Esport, Facultat de l'Esport. Universitat de Porto, Porto (Portugal).

² Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, INEFC. Universitat de Lleida (Espanya).

³ Universitat Federal de Viçosa (Brasil).

Citació

Zani, J., Fernandes, T., Santos R. & Barreir, D. (2021) Penetrative Passing Patterns: Observational Analysis of Senior UEFA and FIFA Tournaments. *Apunts Educación Física y Deportes*, 146, 42-51. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/4\).146.05](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/4).146.05)

Resum

L'objectiu d'aquest estudi va ser identificar les variables d'interacció, de comportament i estructurals més freqüents que induïen tres tipus de passades en profunditat que generaven opcions de marcar gols en futbol d'elit. Seguint criteris d'inclusió estrictes (tots i cadascun dels tipus de passades que alteren l'última línia defensiva del contrari), es van seleccionar 134 seqüències d'atac de la UEFA Euro 2016, la FIFA Copa Confederacions 2017 i la FIFA Copa Mundial 2018. Es va utilitzar l'instrument observacional PePas, que integra criteris previs validats, per analitzar les passades en profunditat. A més, es va dur a terme el test z de proporcions per comprovar si les proporcions de comportaments tàctics i tècnics diferien dels altres ($\alpha = .05$). Els resultats van mostrar que controlar la pilota i córrer amb la pilota van ser els comportaments més freqüents abans de la passada en profunditat curta precedida d'una acció individual i que la passada curta va ser el comportament més freqüent que va precedir la passada en profunditat curta precedida d'una acció col·lectiva. Tots els comportaments tecnicotàctics es van produir en un context d'interacció sense pressió i principalment a les zones centrals del camp. A més, el control de la pilota va ser significativament diferent d'altres categories en la passada en profunditat llarga precedida d'una acció individual. Suggerim que els entrenadors considerin replicar escenaris sense pressió a la defensa i incloure activitats que potenciïn comportaments tecnicotàctics com córrer amb la pilota i un intercanvi ràpid de passades amb un toc o dos.

Paraules clau: anàlisi de partits, assistir, fase d'atac, futbol, pertorbació.

Introducció

El futbol és un joc de naturalesa complexa i dinàmica, caracteritzat per la interacció entre dos equips en relació contrària. Aquesta relació incita de manera constant i simultània l'ordre i el desordre durant un partit (Gréhaigne et al., 1997).

Es considera que l'anàlisi dels partits de futbol és una eina essencial per a entrenadors i jugadors, per les potencials percepcions que sovint aporta per a la pràctica (Lames i Hansen, 2001). En conseqüència, la recopilació d'informació d'un partit en relació amb la seqüència temporal d'esdeveniments podria contribuir a dissenyar activitats d'entrenament més representatives per simular situacions típiques en un entorn competitiu real (Pfeiffer i Perl, 2006). A més, sembla important per conèixer quins esdeveniments tenen més probabilitats de desembocar en jocs d'atac d'èxit, és a dir, els comportaments que indueixen els esdeveniments crítics que caracteritzen una seqüència d'atac.

La consecució de gols s'ha investigat àmpliament en la literatura de ciències de l'esport i en els estudis s'ha observat que es creen més oportunitats de marcar quan els jugadors són dins l'àrea (p. ex., González-Ródenas et al., 2020) per la proximitat de la porteria de l'adversari. A més, després d'una assistència, més del 60 % dels gols es van marcar amb un xut al primer toc, és a dir, sense cap contacte amb la pilota abans del xut (González-Ródenas et al., 2020). Els autors també van destacar la importància de les passades en profunditat per crear oportunitats de marcar gols (González-Ródenas et al., 2020). Aquest esdeveniment crític es pot definir com una pertorbació, és a dir, una força externa que provoca una alteració en el sistema, forçant-lo a reorganitzar-se cap a un atacant o desplaçant el sistema cap a un nou atacant (Gorman et al., 2017). Robins i Hughes (2015) mantenen que les pertorbacions s'associen amb la desestabilització de l'organització/coordinació dinàmica de l'equip contrari i es defineixen per incidents (p. ex., passades en profunditat, regatejos, canvis de ritme) capaços de modificar el flux regular del partit, que es tradueix en una clara oportunitat de marcar.

En aquest sentit, segons els nostres coneixements, només en un estudi (Zani et al., 2021) es van analitzar els tipus de passades en profunditat –“aquí concebut com l'última passada de la seqüència de joc que altera l'última línia defensiva del contrari (és a dir, una passada jugada en l'espai situat darrere de l'última línia defensiva), duta a terme per un jugador atacant i rebuda amb èxit per un company d'equip que o bé executa l'última acció de la seqüència de joc davant del porter (p. ex., xut al primer toc) o bé manté la possessió de la pilota fins a l'última acció (p. ex., recepció de la pilota, regateig i xut), que genera una oportunitat de marcar gols”–. Els autors van trobar que la passada en profunditat curta precedida d'una acció individual va ser la més freqüent,

seguida de la passada en profunditat llarga precedida d'una acció individual i la passada en profunditat curta precedida d'una acció col·lectiva. No obstant això, des de la nostra perspectiva, és important entendre com les ja esmentades passades en profunditat traduïdes en oportunitats de marcar gols són induïdes en relació amb els comportaments tàctics i tècnics, les condicions d'interacció entre els jugadors i els llocs on es produeixen les accions amb més freqüència.

Per tant, el nostre objectiu és identificar les variables més freqüents de comportament (és a dir, comportaments tecnicotàctics d'equips i jugadors atacants i defensors), estructurals (és a dir, zones del camp) i d'interacció (és a dir, les interaccions entre jugadors atacants i defenses) que van provocar cada tipus de passada en profunditat que va generar oportunitats de marcar gols en futbol.

Metodologia

Disseny observacional

El disseny observacional va seguir la taxonomia específica utilitzada (Anguera et al., 2011). Els criteris nomotètics es van representar amb anàlisi de diferents equips nacionals als tornejos de la UEFA Euro 2016, la FIFA Copa Confederacions 2017 i la FIFA Copa Mundial 2018 (Taula 1). Els criteris de seguiment es van configurar mitjançant una anàlisi seqüencial dels esdeveniments (començant a partir de l'acció que va precedir la passada en profunditat fins al final de la fase ofensiva) utilitzant un instrument observacional anomenat PePas (Taula 2), que inclou múltiples criteris i respostes (concepte multidimensional).

Participants

Tots els partits es van obtenir de la plataforma InStat Scout®. Es va fer una cerca i va incloure els 227 partits jugats des de la fase de grups fins als partits finals a la UEFA Euro 2016, la FIFA Copa Confederacions 2017 i la FIFA Copa Mundial 2018. Es van seleccionar 134 seqüències d'atac amb una passada en profunditat darrere de l'última línia defensiva del contrari i van complir els criteris d'inclusió i d'anàlisi. Encara que el nombre de seqüències pot semblar limitat, la naturalesa específica dels esdeveniments que es van estudiar, a més del nombre i la importància dels tornejos que vam analitzar, justifica la grandària de la mostra. El nombre de seqüències d'atac segons la fase de la competició va ser el següent: 92 a la fase de grups, 20 a la ronda de setzens, quatre als quarts de final, 11 a les semifinals, tres a les finals i quatre als partits pel tercer lloc. De les 134 seqüències d'atac, 120 van incloure els tres tipus de passades penetrants analitzades en el present treball.

Taula 1

Equips nacionals que van realitzar passades en profunditat durant la UEFA Euro 2016 i/o la FIFA Copa Confederacions 2017 i/o la FIFA Copa Mundial 2018.

Albània	Colòmbia	Islàndia	República de Corea
Alemanya	Croàcia	Itàlia	Romania
Aràbia Saudita	Dinamarca	Japó	Rússia
Argentina	Egipte	Mèxic	Suècia
Austràlia	Espanya	Nova Zelanda	Suïssa
Àustria	França	Panamà	Ucraïna
Bèlgica	Gal·les	Perú	Uruguai
Brasil	Hongria	Polònia	
Camerun	Anglaterra	Portugal	
Xile	Irlanda	República Txeca	

Taula 2

Criteris i categories de l'instrument observacional PePas.

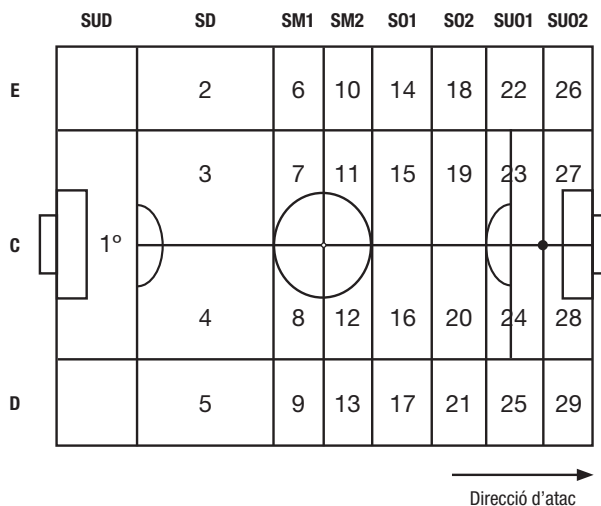
CRITERIS	SUBCRITERIS	CATEGORIES	CODI
1. Recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada (RDP) (adaptat de Barreira et al., 2013)	PER ACCIÓ COL·LECTIVA	Passada curta Passada llarga Servei de banda Servei de córner	RDPpc RDPpl RDPsb RDPsc
	PER ACCIÓ INDIVIDUAL	Córrer amb la pilota Regateig (1x1) Control de la pilota Comportament defensiu seguit d'una passada Intervenció del contrari sense èxit	RDPcp RDPr RDPctrlp RDPcd RDPicse
2. Passada en profunditat (PP) (adaptat de Melo, 2017)		Passada en profunditat curta precedida d'una acció col·lectiva Passada en profunditat curta precedida d'una acció individual Passada en profunditat llarga precedida d'una una acció col·lectiva Passada en profunditat llarga precedida d'una una acció individual Intervenció del contrari sense èxit Passada en profunditat curta precedida d'una intervenció del contrari sense èxit Passada en profunditat llarga precedida d'una intervenció del contrari sense èxit	PPpcac PPpcai PPplac PPplai PPpicse PPpicse PPpicse
3. Desenvolupament de la possessió de la pilota després de l'última passada (DP) (adaptat de Barreira et al., 2013)		Córrer amb la pilota Regateig (1x1) Control de la pilota Intent fallit Xut a porteria amb un contacte	DBcp DBr DBc DBif DBuc
4. Accions tecnicotàctiques del primer defensa (PD) (adaptat de Fernandes et al., 2019)	MARCATGE ESTRET	Marcatge al jugador Pressió Intervenció sense èxit Entrada sense èxit	PDmj PDp PDise PDese
	GESTIÓ DEFENSIVA DE L'ESPAI	Espais longitudinals estrets Espais transversals estrets Cobertura zonal amb marcatge al jugador Posicionament d'equilibri o control	PDel PDet PDcz PDpe
	RECUPERACIÓ DEFENSIVA	Desplaçaments de recuperació Recuperació d'equilibri	PDdr PDre
	VIGILÀNCIA DEFENSIVA	Cobertura defensiva Temporització	PDcd PDt

Taula 2 (Continuació)

Criteris i categories de l'instrument observacional PePas.

CRITERIS	SUBCRITERIS	CATEGORIES	CODI
5. Accions tecnicotàctiques del segon defensa (SD) (adaptat de Fernandes et al., 2019)	MARCATGE ESTRET	Marcatge al jugador Pressió Intervenció sense èxit Entrada sense èxit	SDmj SDp SDise SDese
	GESTIÓ DEFENSIVA DE L'ESPAI	Espais longitudinals estrets Espais transversals estrets Cobertura zonal amb marcatge al jugador Posicionament d'equilibri o control	SDel SDet SDcz SDpe
	RECUPERACIÓ DEFENSIVA	Desplaçaments de recuperació Recuperació d'equilibri	SDdr SDre
	VIGILÀNCIA DEFENSIVA	Cobertura defensiva Temporització	SDcd SDt
6. Fi de la fase ofensiva (F) (F) (adaptat de Barreira et al., 2013)		Gol concedit Xut a porta	Fg Ftp

7. Zones i sectors del camp on es van dur a terme les accions (adaptat de Castañer et al., 2016)



SUD: sector ultradefensiu; SD: sector defensiu; SM1: sector mig camp 1; SM2: sector mig camp 2; SO1: sector ofensiu 1; SO2: sector ofensiu 2; SUO1: sector ultraofensiu 1; SUO2: sector ultraofensiu 2; D: dret; C: central; E: esquerre

8. Centre del joc (CJ) (adaptat de Barreira et al., 2013)	AMB PRESSIÓ (P)	Inferioritat numèrica relativa Inferioritat numèrica absoluta Pressió en igualtat numèrica	Pr Pa Pi
	SENSE PRESSIÓ (SP)	Sense pressió en igualtat numèrica Superioritat numèrica relativa Superioritat numèrica absoluta	SPi SPr SPa
9. Patró espacial d'interacció entre equips (IEE) (adaptat de Barreira et al., 2013)	VERSUS ZONA EXTERIOR	Línia endarrerida <i>versus</i> zona exterior	RZE
	VERSUS LÍNIA OFENSIVA	Pilota a la zona buida (porter) <i>versus</i> línia ofensiva Línia endarrerida <i>versus</i> línia ofensiva Línia de mig camp <i>versus</i> línia ofensiva	ZVO RO MO
	VERSUS LÍNIA DE MIG CAMP	Línia endarrerida <i>versus</i> línia de mig camp Línia de mig camp <i>versus</i> línia de mig camp Línia ofensiva <i>versus</i> línia de mig camp	RM MM OM
	VERSUS LÍNIA ENDARRERIDA	Línia de mig camp <i>versus</i> línia endarrerida Línia ofensiva <i>versus</i> línia endarrerida Zona exterior <i>versus</i> línia endarrerida	MR OR ZER
	VERSUS ZONA BUIDA	Línia ofensiva <i>versus</i> zona buida (porter)	OZV

Instruments

Instrument observacional

A l'inici, els investigadors van revisar els enregistraments en vídeo dels partits per comprovar la incidència de passades en profunditat (com s'ha descrit abans) als tres tornejos internacionals (UEFA Euro 2016, FIFA Copa Confederacions 2017 i FIFA Copa Mundial 2018), amb el propòsit de registrar les variables que podien determinar els aspectes que caracteritzaven el període entre l'acció que precedia la passada en profunditat fins a la conclusió de la seqüència de joc. Després d'aquest procediment, es va dissenyar l'instrument observacional PePas utilitzant criteris i/o categories d'altres instruments publicats prèviament (Barreira et al., 2013; Fernandes et al., 2019) que integren comportaments tècnics i tàctics defensius i ofensius dels equips, amb la revelació, així, dels contextos estructural, de comportament i d'interacció del joc (Taula 2). Aquest instrument inclou nou criteris i 93 categories, és a dir, quatre variables de comportament (equip atacant, criteris 1, 2, 3 i 6; equip defensor, criteris 4 i 5), dues d'interacció (criteris 8 i 9) i una estructural (criteri 7). Per a la present recerca es van utilitzar els criteris 1, 2, 4, 5, 7, 8 i 9.

Programari de recollida de dades

Per recopilar les dades es va utilitzar el programari Lince v1.3. Permet codificar dades, analitzar vídeos, estimar la qualitat de les dades i exportar dades de formats d'arxius utilitzats per un altre programari d'anàlisi (Gabin et al., 2012).

Procediments

Vam fer una anàlisi de la recuperació de la pilota o el desenvolupament de la pilota abans de l'última passada (criteri 1) i les seves corresponents variables estructurals (criteri 7) i d'interacció (criteris 4, 5, 7, 8 i 9) per a cada tipus de les passades en profunditat següents (criteri 2): i) passada en profunditat curta precedida d'una acció individual (PPpcai), ii) passada en profunditat llarga precedida d'una acció individual (PPplai) i iii) passada en profunditat curta precedida d'una acció col·lectiva (PPpcac).

Qualitat de les dades

El programari Lince consta de sistemes d'anàlisi que permeten dissenyar instruments observacionals, incloure arxius de vídeo i recollir dades mitjançant anàlisis notacionals. A més, l'anàlisi es pot desar i carregar en carpetes específiques, que després es poden comparar. La fiabilitat intraobservadors es va calcular amb Kappa (k) de Cohen (Cohen, 1960) mitjançant el programari Lince

v1.3. El mateix observador va examinar dues vegades el 30 % ($n = 35$) de la mostra, amb un interval de 15 dies. Els valors de k van variar entre 0.86 i 1.00. Aquests valors es classifiquen com gairebé perfectes (0.81-1.00) en la literatura (Bakeman i Gottman, 1997).

Programari d'anàlisi de dades

Es va utilitzar Orange: Data Mining Toolbox a Python v3.22. (Demšar et al., 2013) per examinar i visualitzar les dades, i RStudio v1.2.1335 (R Core Team, 2019) per a l'anàlisi estadística.

Anàlisi estadística

Es va dur a terme una anàlisi exploratòria mitjançant visualització de dades i taules de contingència. A la majoria de cel·les, el recompte previst va ser inferior al mínim previst (Rothman et al., 2008). Per tant, utilitzem els subcriteris (Taula 2) dels criteris següents: accions tecnicotàctiques del primer defensa (PD); accions tecnicotàctiques del segon defensa (SD), centre del joc (CJ) i patró espacial d'interacció entre equips (IEE). Quant a les zones de camp, agrupem les zones centrals dels mateixos sectors (és a dir, zones centrals 3 i 4; 7 i 8; etc.). Per consegüent, apliquem el test z de proporcions, específicament als grups amb un nombre d'esdeveniments suficientment gran, és a dir, $n > 5$ (Montgomery i Runger, 2003), per provar la hipòtesi que la proporció d'un grup és estadísticament més gran que una altra dins del mateix criteri. El nivell de significació es va fixar en $p < .05$.

Resultats

Variables de comportament de l'equip atacant

La Taula 3 mostra que la recuperació de la pilota o el desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per recepció/control (RDPctrlp) va tendir a produir-se amb més freqüència a la passada en profunditat curta precedida d'una acció individual (PPpcai, $n = 39$) i a la passada en profunditat llarga precedida d'una acció individual (PPplai, $n = 21$), tot i que a la PPpcai no es van observar diferències estadístiques en comparació amb la recuperació de la pilota o el desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per córrer amb la pilota RDPpcp ($n = 30$, $p = .09$). D'altra banda, la recuperació de la pilota o el desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per una passada llarga (RDPpc) va ser l'acció més predominant que va precedir la passada en profunditat curta precedida d'una acció col·lectiva (PPpcac, $n = 13$).

Taula 3

Freqüència de recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada (RDP).

PP	RDP								TOTAL
	RDPctrp	RDPcp	RDPpc	RDPcd	RDPpr	RDPpl	RDPsc	RDPsb	
	N	N	N	N	N	N	N	N	N
PPpcai	39	30	0	4	3	0	0	0	76
PPplai	21	4	0	2	0	0	0	0	27
PPpcac	0	0	13	0	0	2	1	1	17
TOTAL	60	34	13	6	3	2	1	1	120

Nota. PP: passada en profunditat; PPpcai: passada en profunditat curta precedida d'una acció individual; PPplai: passada en profunditat llarga precedida d'una acció individual; PPpcac: passada en profunditat curta precedida d'una acció col·lectiva; RDP: recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de la passada en profunditat; RDPctrp: recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per control de la pilota; RDPcp: recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per córrer amb la pilota; RDPpc: recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per una passada curta; RDPcd: recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per comportament defensiu seguit d'una passada; RDPpr: recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per regateig; RDPpl: recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per una passada llarga; RDPsc: recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per un servei de córner; RDPsb: recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per un servei de banda.

Variables de comportament de l'equip defensiu

Com es mostra a la Taula 4, la recuperació de la pilota o el desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per control de la pilota (RDPctrp) a la PPpcai va mostrar que les accions més freqüents del primer defensa (PD) van ser la recuperació defensiva ($n = 20$), pel fet que va tenir lloc amb una freqüència significativament més gran que la vigilància defensiva ($n = 11$, $p = .04$), i la gestió defensiva de l'espai ($n = 6$, $p = .001$). Quant al segon defensa (SD), la gestió defensiva de l'espai ($n = 21$) es va produir amb una freqüència significativament més gran que la recuperació defensiva ($n = 5$, $p < .05$) i la vigilància defensiva ($n = 7$, $p = .002$).

Seguint la tendència de desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per control de la pilota (RDPctrp), els resultats de desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per córrer amb la pilota (RDPcp) també van mostrar que les recuperacions defensives ($n = 16$) van ser les accions més freqüents. No obstant això, en aquest cas, no es van observar diferències significatives en comparació amb la vigilància defensiva ($n = 13$, $p = .31$). Les accions més freqüents del segon defensa (SD) van ser la gestió defensiva de l'espai ($n = 17$), que va ser significativament més freqüent que la recuperació defensiva ($n = 5$, $p = .002$) i la vigilància defensiva ($n = 7$, $p = .01$).

Quant a la passada en profunditat llarga precedida d'una acció individual (PPplai), la Taula 3 mostra que les accions més freqüents de la PD van ser la gestió defensiva de l'espai ($n = 11$), encara que no es van observar diferències significatives en comparació amb la recuperació defensiva ($n = 9$; $p = .378$). De manera similar, l'SD va concentrar la majoria de les accions en el grup de gestió defensiva de l'espai ($n = 14$) i amb una freqüència significativament més gran que la recuperació defensiva ($n = 5$; $p = .006$).

Quant a la PPpcac, la gestió defensiva de l'espai va ser l'acció més freqüent a la PD i l'SD ($n = 6$). Respecte del centre del joc (CJ), els resultats van mostrar que el context sense pressió ($n = 12$) va tenir lloc amb més freqüència que el context amb pressió ($n = 1$).

Variables d'interacció

En la passada en profunditat curta precedida d'una acció individual (PPpcai), el centre del joc (CJ) va revelar que, per a RDPctrp i RDPcp, un context sense pressió ($n = 37$ i 28 , respectivament) va ser més freqüent que el context de pressió ($n = 2$ en tots dos casos). Respecte als patrons espacials d'interacció entre equips (IEE), es va observar que l'RDPctrp va ser significativament més freqüent en la relació de forces contra la línia endarrerida ($n = 21$) en comparació amb la línia de mig camp ($n = 9$, $p = .01$).

D'altra banda, corrent amb la pilota (RDPcp), la relació de forces *versus* la línia de mig camp ($n = 21$) va tenir lloc amb més freqüència que contra la línia endarrerida ($n = 18$), encara que aquesta diferència no va ser estadísticament significativa ($p = .31$).

Respecte a la passada en profunditat llarga precedida d'una acció individual (PPplai), els resultats del CJ van revelar que el context sense pressió va tenir lloc en el 100 % dels casos ($n = 21$). Quant a la IEE, la relació de forces més freqüent va tenir lloc *versus* la línia de mig camp ($n = 13$) i amb una freqüència significativament més gran en comparació amb la línia ofensiva ($n = 6$; $p = .03$).

Quant a la passada en profunditat curta precedida d'una acció col·lectiva (PPpcac), el patró espacial d'interacció entre equips (IEE) va mostrar més relacions de forces *versus* la línia endarrerida de l'equip contrari ($n = 7$), a pesar de l'absència de diferències significatives, en comparació amb la línia de mig camp ($n = 6$; $p = .5$).

Taula 4

Variables de comportament i d'interacció segons el tipus de recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada (RDP) per a cada tipus de passada en profunditat.

	PPpcai		PPplai	PPpcac
	RDPctrp	RDPcp	RDPctrp	RDPpc
Primer defensa (PD)				
Marcatge estret	2	1	0	2
Gestió defensiva de l'espai	6 ^a	0	11	6
Recuperació defensiva	20 ^b	16	9	3
Vigilància defensiva	11 ^c	13	1	2
Segon defensa (SD)				
Marcatge estret	7 ^e	1	3	1
Gestió defensiva de l'espai	21 ^d	17 ^f	14 ^h	6
Recuperació defensiva	5 ^e	5 ^g	5 ⁱ	3
Vigilància defensiva	6 ^e	7 ^g	0	3
Centre del joc (CJ)				
Amb pressió	2	2	0	1
Sense pressió	37	28	21	12
Patró espacial d'interacció entre equips (IEE)				
Versus línia ofensiva	0	0	6 ^m	0
Versus línia de mig camp	9 ^k	21	13 ^l	6
Versus línia endarrerida	21 ^j	18	2	7

Nota. PPpcai: passada en profunditat curta precedida d'una acció individual; PPplai: passada en profunditat llarga precedida d'una acció individual; PPpcac: passada en profunditat curta precedida d'una acció col·lectiva; RDP: recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada en profunditat; RDPctrp: recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per control de la pilota; RDPcp: recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per córrer amb la pilota; RDPpc: recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per una passada curta.

Les freqüències amb diferents subíndexs a cada columna i criteri difereixen en $p = .05$, test z d'una cua

Variabls estructurals

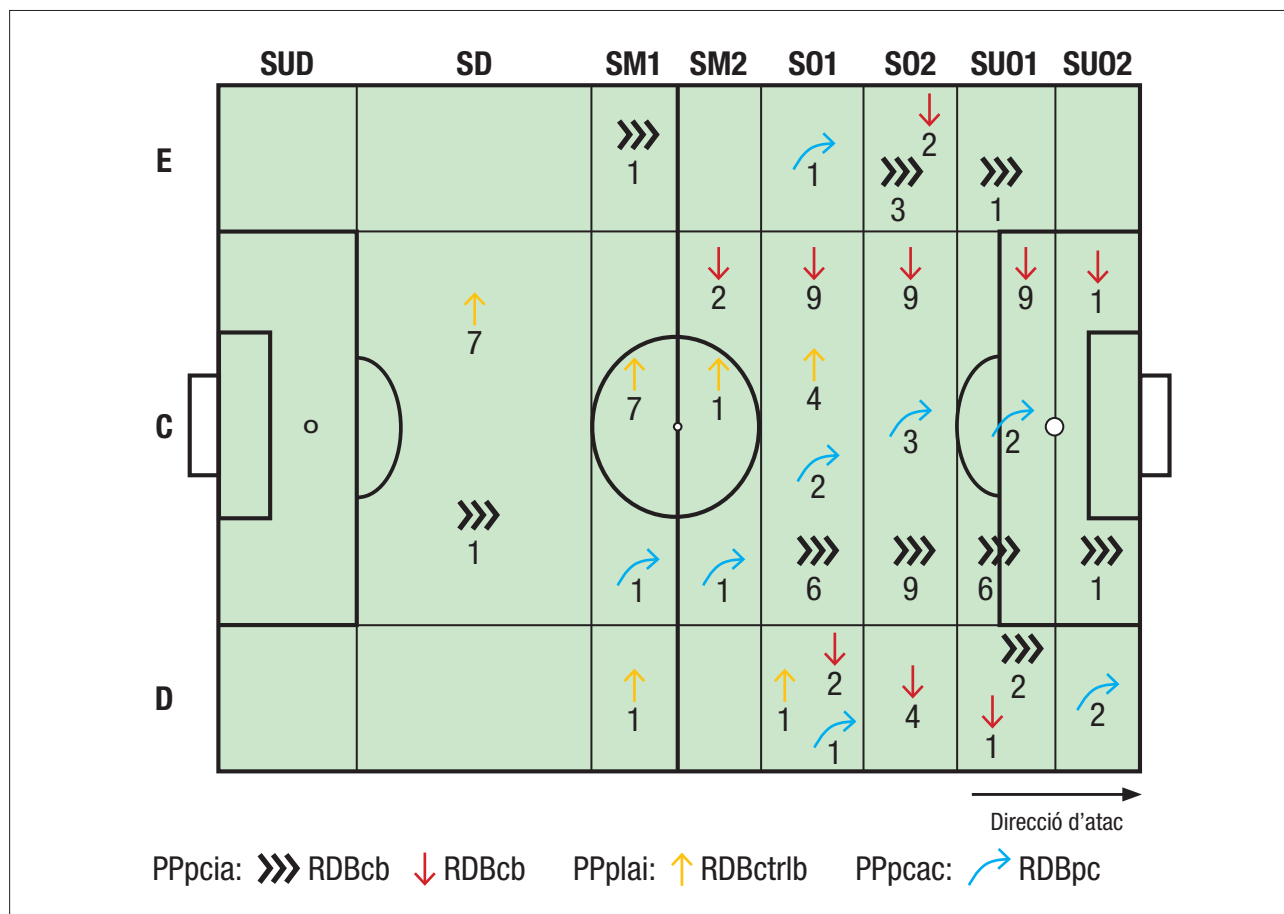
Com es mostra a la Figura 1, l'RDPctrp que va precedir la PPpcai es va produir predominantment als tres sectors centrals del camp, que van ser el sector ofensiu central 1 (SOC1, $n = 9$), el sector ofensiu central 2 (SOC2, $n = 9$) i el sector ultraofensiu central 1 (SUOC1, $n = 9$). En conjunt, els sectors ofensius centrals (SOC1 i SOC2, $n = 18$) van mostrar una proporció significativament més gran en comparació amb els sectors ultraofensius (SUOC1 i SUOC2, $n = 10$), $p = .049$.

En relació amb l'RDPcp, igual que amb l'RDPctrp, es va observar que els sectors ofensius centrals van ser predominants (SOC1 i SOC2, $n = 15$) per a aquest tipus d'acció, amb diferències significatives en comparació amb

els sectors ultraofensius (SUOC1 i SUOC2, $n = 7$, $p = .03$). El sector ofensiu central 2 (SOC2, $n = 9$) va ser el més predominant, tot i que les diferències amb SOC1 i SUOC1 (tots dos $n = 6$) no van ser significatives ($p = .27$).

Segons la Figura 1, abans de la PPplai, el sector defensiu central (CDS, $n = 7$) i el sector mig camp central 1 (SMC1, $n = 7$) van mostrar la xifra màxima de control de la pilota (RDPctrp), seguits del sector ofensiu central 1 (SOC1, $n = 4$).

Respecte al RDPpc a la PPpcac, el SOC2 va tenir la màxima freqüència ($n = 3$) d'RDPpc. Els sectors centrals van presentar nou ocurrences en total, mentre que aquest comportament es va observar tres cops a la banda dreta i només un a la banda esquerra.

**Figura 1**

Freqüències de recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de les últimes passades en profunditat (RDP) segons els sectors del camp.

Nota. RDPctrlp: recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per control de la pilota; RDPpca: recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per córrer amb la pilota; RDBpc: recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de l'última passada per una passada curta; E: esquerre; C: central; D: dret; SUD: sector ultradefensiu; SD: sector defensiu; SM1: sector central 1; SM2: sector central 2; SO1: sector ofensiu 1; SO2: sector ofensiu 2; SUO1: sector ultraofensiu 1; SUO2: sector ultraofensiu 2. PPpcai: passada en profunditat curta precedida d'una acció individual; PPplai: passada en profunditat llarga precedida d'una acció individual; PPpcac: passada en profunditat curta precedida d'una acció col·lectiva.

Discussió

L'objectiu d'aquest estudi va ser identificar les variables més freqüents de comportament, estructurals i d'interacció que van induir tres tipus de passades en profunditat (PPpcai, PPplai i PPpcac) que van generar opcions de marcar gols en futbol. El control de la pilota i córrer amb la pilota van ser les accions més freqüents, i es van produir en un context sense pressió. En alguns treballs publicats (p. ex., González-Ródenas et al., 2020) s'identifiquen els tipus d'assistència, però en cap estudi s'identifica l'acció que precedeix l'assistència, la qual cosa exclou la comparació amb els resultats del present estudi.

Els nostres resultats van mostrar que la PPpcai es va caracteritzar per dos tipus de recuperació de la pilota o desenvolupament de la pilota abans de les últimes passades en profunditat que van ser significativament més freqüents que els altres: i) control de la pilota i ii) córrer amb la pilota. Barreira et al. (2014) han publicat que els patrons d'atac han canviat amb els anys, passant d'accions individuals, com

córrer amb la pilota i regatejar als passadissos centrals del camp, a accions col·lectives al llarg dels carrils laterals. A més, la densitat de jugadors a prop de la pilota ha augmentat de manera similar. L'explicació per al fet que els resultats del present treball difereixin dels de l'estudi esmentat abans podria estar relacionada amb l'estil o l'estratègia de joc adoptat pels equips per utilitzar accions en profunditat per explorar espais crítics de l'equip contrari, com els passadissos centrals del camp a prop de la porteria. En aquest sentit, el tipus de joc influeix probablement en la fase atacant, com indiquen González-Ródenas et al. (2020), que identifiquen que el contraatac és una forma efectiva de crear oportunitats de marcar, probablement perquè l'equip atacant aprofita amb freqüència una defensa desequilibrada. La falta d'organització defensiva en certs moments del joc podria explicar els resultats relacionats amb RDPctrlp i RDBpc en llocs arriscats del camp, especialment els sectors ofensius centrals, en un context sense pressió ($p < .05$). Segons

Silva et al. (2005), córrer amb la pilota sembla una acció essencial per convertir escenaris atacants menys favorables en contextos més susceptibles d'aconseguir oportunitats de marcar i alterar l'organització defensiva.

A més, Tenga et al. (2017) suggereixen que quan es recorre a accions en profunditat, ja sigui per una passada o per córrer amb la pilota, aprofitar els espais vulnerables dins i darrere de l'última línia defensiva és un indicador important d'èxit en la fase atacant. Des d'aquesta perspectiva, els nostres resultats van demostrar que per a RDPctrllp i RDPcp, les accions tecnicotàctiques més freqüents de la PD van ser la recuperació defensiva (que significa que el jugador en possessió va tenir espai i temps suficients) i la vigilància defensiva, mentre que el segon defensa (SD) va realitzar una gestió defensiva de l'espai en la majoria de les seqüències observades. En les subfases 1v1, amb valors crítics de distància interpersonal, la díada atacant-defensa pot desestabilitzar-se pels atacants si canvien la diferència entre la velocitat del defensa i la pròpia, la qual cosa pot modificar l'organització estructural del sistema (Duarte et al., 2010).

En relació amb la IEE, la relació de forces a l'RDPctrllp va ser significativament més alta ($p < .05$) enfront de la línia endarrerida. Respecte a l'RDPcp, no es va observar cap diferència significativa entre la relació de forces contra la línia de mig camp i la línia endarrerida. Quant a les seqüències de l'RDPctrllp, és important hipotetitzar l'ocurrència d'un canvi ràpid de passades fins a l'última acció, per la proximitat a la porteria.

Com s'ha descrit al llarg d'aquest estudi, l'RDPctrllp va precedir la PPpcai en condicions considerablement favorables en la majoria de seqüències analitzades, per variables de comportament o d'interacció. Aquests resultats corroboren les troballes de Castañer et al. (2017), que mostren que jugadors experts, com els que van participar a les competicions d'elit analitzades en el present estudi, són capaços de crear amb freqüència condicions, en temps i espai, per jugar en contextos sense pressió. Segons Amatria et al. (2019), amb la finalitat de reduir la densitat de contraris a les zones centrals del camp, l'equip espanyol prefereix estratègicament l'amplitud a la profunditat en la fase atacant, com a mitjà per aconseguir l'èxit ofensiu.

Tot i que les nostres troballes també van reforçar que les passades en profunditat curtes es van traduir en més oportunitats de marcar, les passades en profunditat llargues també van resultar ser accions importants per alterar l'organització defensiva. L'acció més freqüent que va precedir la PPplai va ser l'RDPctrllp, que s'havia produït amb més freqüència al sector defensiu central i al sector mig camp central 1, en un context sense pressió. A més, la relació de forces contra la línia de mig camp va ser significativament més alta ($p < .05$) que les altres, dada que suggereix que l'equip contrari podia aplicar una pressió alta avançada o al centre del camp, de manera que s'obre espai entre el

porter i l'última línia defensiva. Aprofitar-la podria ser una oportunitat estratègica, especialment perquè les accions tecnicotàctiques dels defenses van ser la gestió defensiva de l'espai, que indica que els defenses podien estar reduint l'espai entre les línies (transversals o longitudinals) controlant la seva posició o realitzant una cobertura zonal.

Quant a l'RDP a la PPpcac, les passades curtes van ser més freqüents que les passades llargues i es van produir als sectors centrals del camp amb més freqüència que a les bandes. A més, la relació de forces més comuna va ser contra la línia de mig camp i la línia endarrerida.

Conclusions

En conclusió, tres tipus d'RDP van precedir els tres tipus de PP: control de la pilota, córrer amb la pilota i passada curta. La majoria de les accions es van produir als sectors centrals del camp, especialment als sectors ofensius centrals. La relació de forces es va produir principalment contra la línia endarrerida i la línia de mig camp i quan els defenses no van pressionar els atacants. El present estudi aporta informació rellevant als entrenadors de futbol, perquè sembla que existeix una limitació en la literatura relacionada amb les accions que precedeixen una passada final. L'ús d'aquesta informació en sessions d'entrenament podria ajudar a millorar la qualitat dels comportaments i l'efectivitat atacant de l'equip.

Malgrat les importants contribucions, aquest article té limitacions. Alguns grups no van aconseguir el nombre previst d'esdeveniments, que van impedir la comparació amb d'altres. Estudis futurs podrien beneficiar-se de l'anàlisi de la seqüència ofensiva completa, amb la finalitat d'identificar més aspectes rellevants que probablement influeixen en l'execució de les passades en profunditat (p. ex., tipus d'atac, estil de joc, recuperació de la pilota). Per tant, seria important recopilar informació detallada per donar suport al disseny d'activitats d'entrenament per animar els jugadors a fer passades en profunditat a la fase atacant o evitar-les durant la fase defensiva.

Quant a les conseqüències pràctiques, els nostres resultats van mostrar la importància d'aprofitar els moments en què l'equip contrari realitza una pressió baixa (per moviment ràpid de la pilota lluny de zones de pressió i creant un desequilibri a la defensa del contrari), i quan és més probable que les accions es produeixin abans d'una passada en profunditat darrere de l'última línia defensiva. Per tant, els entrenadors podrien dissenyar activitats que repliquin escenaris sense pressió de la defensa, especialment als sectors centrals del camp, mentre que els jugadors atacants haurien de coordinar els moviments per crear espai al jugador en possessió i als altres companys de l'equip per rebre la passada en profunditat. Les activitats que animen a córrer amb la pilota i a un intercanvi ràpid de passades (amb un toc o dos) també podrien oferir resultats efectius.

Finançament

Els autors expressen el seu agraïment al patrocini del subprojecte del Govern d'Espanya Enfocament de mètode mixt en l'anàlisi de rendiment (en entrenament i competició) en l'esport d'elit i acadèmia [PGC2018-098742-B-C33] (2019-2021) [del Ministeri de Ciència, Innovació i Universitats (MCIU), l'Agència Estatal d'Investigació (AEI) i el Fons Europeu de Desenvolupament Regional (FEDER)], que forma part del projecte coordinat New approach of research in physical activity and sport from mixed methods perspective (NARPAS_MM) [SPGC201800X098742CV0].

Referències

- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Hernandez Mendo, A., & Losada, J. (2011). Diseños observacionales: ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11(2), 63-76.
- Amatria, M., Maneiro, R., & Anguera, M. T. (2019). Analysis of the Success of the Spanish National Team in UEFA-Euro 2012. *Apunts Educación Física y Deportes*, 137, 85-102. [https://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/3\).137.07](https://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/3).137.07)
- Bakeman, R., & Gottman, J. M. (1997). *Observing interaction: An introduction to sequential analysis*. Cambridge University Press.
- Barreira, D., Garganta, J., Castellano, J., & Anguera, M. T. (2013). SoccerEye: A software Solution to Observe and Record Behaviours in Sports Settings. *The Open Sports Sciences Journal*, 6, 47-55. <https://doi.org/10.2174/1875399X01306010047>
- Barreira, D., Garganta, J., Castellano, J., Prudente, J., & Anguera, M. T. (2014). Evolución del ataque en el fútbol de élite entre 1982 y 2010: Aplicación del análisis secuencial de retardos. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 139-146.
- Castañer, M., Barreira, D., Camerino, O., Anguera, M. T., Canton, A., & Hileno, R. (2016). Goal Scoring in Soccer: A Polar Coordinate Analysis of Motor Skills Used by Lionel Messi. *Frontiers in Psychology*, 7(806). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00806>
- Castañer, M., Barreira, D., Camerino, O., Anguera, M. T., Fernandes, T., & Hileno, R. (2017). Mastery in Goal Scoring, T-Pattern Detection, and Polar Coordinate Analysis of Motor Skills Used by Lionel Messi and Cristiano Ronaldo. *Frontiers in Psychology*, 8(741). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00741>
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Demšar, J., Curk, T., Erjavec, A., Gorup, C., Hocevar, T., Milutinovic, M., Možina, M., Polajnar, M., Toplak, M., Staric, A., Štajdohar, M., Umek, L., Žagar, L., Žbontar, J., Žitnik, M., Zupan, B. (2013). Orange: data mining toolbox in Python. *The Journal of Machine Learning Research*, 14(1), 2349-2353. <https://doi.org/10.11114/jmlr.v14.3998>
- Duarte, R., Araújo, D., Gazimba, V., Fernandes, O., Folgado, H., Marmeleira, J., & Davids, K. (2010). The Ecological Dynamics of 1v1 Sub-Phases in Association Football. *The Open Sports Sciences Journal*, (3), 16-18. <https://doi.org/10.2174/1875399X010030100016>
- Fernandes, T., Camerino, O., Garganta, J., Pereira, R., & Barreira, D. (2019). Design and validation of an observational instrument for defence in soccer based on the Dynamical Systems Theory. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 14(2), 138-152. <https://doi.org/10.1177/1747954119827283>
- Gabin, B., Camerino, O., Anguera, M. T., & Castañer, M. (2012). Lince: multiplatform sport analysis software. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 46, 4692-4694. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.320>
- González-Ródenas, J., López-Bondía, I., Aranda-Malavés, R., Tudela, A., Sanz-Ramírez, E., & Aranda, R. (2020). Technical, tactical and spatial indicators related to goal scoring in European elite soccer. *Journal of Human Sport & Exercise*, 20(2), 280-293. <https://doi.org/10.1080/24748668.2020.1743163>
- Gorman, J. C., Dunbar, T. A., Grimm, D., & Gipson, C. L. (2017). Understanding and modeling teams as dynamical systems. *Frontiers in Psychology*, 8(1053). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01053>
- Gréhaigne, J.-F., Bouthier, D., & David, B. (1997). Dynamic-system analysis of opponent relationships in collective actions in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 15(2), 137-149. <https://doi.org/10.1080/026404197367416>
- Lames, M., & Hansen, G. (2001). Designing observational systems to support top-level teams in game sports. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 1(1), 83-90. <https://doi.org/10.1080/24748668.2001.11868251>
- Melo, L. (2017). *Organización ofensiva en el juego del fútbol. Indicadores de los momentos de aceleración en los equipos de Fútbol de Alto rendimiento* [Master's thesis, University of Porto]. Open Repository of the University of Porto. <https://hdl.handle.net/10216/107699>
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2003). *Applied statistics and probability for engineers*. John Wiley & Sons, Inc.
- Pfeiffer, M., & Perl, J. (2006). Analysis of tactical structures in team handball by means of artificial neural networks. *International Journal of Computer Science in Sport*, 5(1), 4-14.
- R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing. R foundation for Statistical Computing*. <https://www.R-project.org/>
- Robins, M., & Hughes, M. (2015). Dynamic systems and 'perturbations'. In M. Hughes & I. Franks (Eds.), *Essentials of Performance Analysis in Sport* (2 ed.). Routledge.
- Rothman, K. J., Greenland, S., & Lash, T. L. (2008). *Modern Epidemiology*. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- Silva, A., Sánchez Bañuelos, F., Garganta, J. & Anguera, M.T. (2005). Patrones de juego en el fútbol de alto rendimiento. Análisis secuencial del proceso ofensivo en el Campeonato del Mundo Corea-Japón 2002. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 1(2), 65-72. <https://doi.org/10.12800/ccd.v1i2.95>
- Tenga, A., Mortensholm, A., & O'Donoghue, P. (2017). Opposition interaction in creating penetration during match play in elite soccer: evidence from UEFA champions league matches. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 17(5), 802-812. <https://doi.org/10.1080/24748668.2017.1399326>
- Zani, J., Fernandes, T., Santos, R., & Barreira, D. (2021). Penetrative pass as a performance indicator in soccer: evidence from FIFA and UEFA international tournaments [Unpublished manuscript]. Faculty of Sport, University of Porto.

Conflicte d'interessos: les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Aquest article està disponible a la url <https://www.revista-apunts.com/ca/>. Aquest treball està publicat sota una llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Les imatges o qualsevol altre material de tercers d'aquest article estan incloses a la llicència Creative Commons de l'article, tret que s'indiqui el contrari a la línia de crèdit; si el material no s'inclou sota la llicència Creative Commons, els usuaris hauran d'obtenir el permís del titular de la llicència per reproduir el material. Per veure una còpia d'aquesta llicència, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>



Efectes de la teràpia amb díodes emissors de llum en la recuperació de jugadors de futbol sala masculí

Victor Hugo de Freitas¹ , Flavia Alessandra Guarnier² , Thâmara Alves² , Lúcio Flávio Soares-Caldeira³ , Alessandro Moura Zagatto⁴ i Solange de Paula Ramos^{5*}

1. Departament d'Educació Física, Universitat Federal de Bahia (Brasil).
2. Departament de Patologia General, Universitat Estatal de Londrina, Londrina (Brasil).
3. Departament d'Educació Física, Universitat Norte de Paraná, Londrina (Brasil).
4. Departament d'Educació Física, Facultat de Ciències, Universitat Estatal de São Paulo (UNESP), Bauru, São Paulo (Brasil).
5. Departament d'Histologia, Universitat Estatal de Londrina, Londrina (Brasil).

Citació

De Freitas, V.H., Guarnier, F.A., Alves, T., Soares-Caldeira, L.F., Moura Zagatto, A. & De Paula Ramos, S. (2021). Effects of Light-Emitting Diode Therapy on Recovery of Adult Male Futsal Players. *Apunts Educación Física y Deportes*, 146, 52-60. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/4\).146.06](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/4).146.06)

Resum

L'objectiu d'aquest estudi va ser investigar els efectes de la teràpia amb díodes emissors de llum (LED) en els marcadors de rendiment físic, dany muscular, inflamació i estrès oxidatiu fins a 24 hores després del protocol de carrera intermitent específic per a futbol sala (Futsal- Specific Intermittent Shuttle Protocol, FISP). Deu jugadors de futbol sala adults van dur a terme el FISP amb set dies de diferència. Els participants van ser aleatoritzats en dos grups que van rebre LED (630 nm; 300 mW; 4.6 J/cm², 6 J per punt, 120 J a cada cuixa) o placebo. Durant els FISP es van determinar la freqüència cardíaca (FC) i la concentració sanguínia de lactat [Lac]. Es van recollir mostres de sang per analitzar la creatina cinasa (CK), interleucina-6 (IL-6), factor de necrosi tumoral alfa (TNF- α) i productes avançats de l'oxidació de proteïnes (PAOP), i el salt amb contramoviment (CMJ, per les sigles en anglès) i el dolor muscular percebut es van avaluar abans (Pre), després (Post) i 24 hores després (24 h) del FISP. Els grups de LED i placebo van presentar valors mitjans similars d'FC ($p = .58$) i [Lac] ($p = .86$) durant els FISP. Es van observar efectes d'interacció ($p < .01$) i temps ($p < .01$) en la CK, amb un augment de CK amb placebo ($p < .01$) i LED ($p < .01$) en el moment Post comparat amb el Pre. Es va observar un factor de temps en el CMJ ($p < .01$) i l'IL-6 ($p < .01$); el CMJ va presentar valors més baixos en el moment Post ($p < .01$) i 24 h ($p = .01$) comparat amb Pre, i l'IL-6 va augmentar en el moment Post comparat amb el Pre ($p < .01$) i va tornar a valors Pre 24 h després del FISP. No es van comunicar efectes d'interacció, temps i grup en relació amb el dolor muscular, el TNF- α o els PAOP ($p > .05$). En conclusió, la teràpia amb LED va alterar el patró de la CK després del FISP, però no va canviar els marcadors de rendiment físic, dolor muscular, inflamació o estrès oxidatiu de jugadors de futbol sala fins a 24 hores després del FISP.

Paraules clau: dany muscular, esports d'equip, fotobiomodulació, fototeràpia.

Editat per:

© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

*Correspondència:

Solange de Paula Ramos*
solangedepaularamos@gmail.com

Secció:

Entrenament esportiu

Idioma de l'original:

Anglès

Rebut:

6 d'agost de 2020

Acceptat:

30 d'abril de 2021

Publicat:

1 d'octubre de 2021

Coberta:

Jocs Olímpics de Tòquio 2020 –
Taekwondo: Pes mosca femení
49 kg. Combat per la medalla
d'or. Adriana Cerezo Iglesias
(Espanya) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailàndia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japó) 24.07.2021.
REUTERS / Murad Sezer

Introducció

El futbol sala és un esport d'equip, en el qual els jugadors cobreixen un 15 % de la distància total (~3000-4000 m) a velocitats d'alta intensitat (és a dir, >18.3 km/h) (De Oliveira Bueno et al., 2014) i presenten valors de freqüència cardíaca (FC) pròxims al 86-90 % de l'FC màxima (FC_{màx}) durant un partit (Barbero-Alvarez et al., 2008; Castagna et al., 2009). A més, durant els partits es poden produir esprints constants, parades sobtades, acceleracions, canvis de direcció i finalitzacions (Naser et al., 2017). A conseqüència de les exigències físiques i fisiològiques d'alta intensitat, en estudis previs s'han descrit descensos del rendiment físic durant els partits, demostrats per una distància coberta a alta intensitat a la segona part més curta que a la primera (Barbero-Alvarez et al., 2008; De Oliveira Bueno et al., 2014; Milioni et al., 2016) i una alteració de la torsió del flexor i extensor del genoll i de la potència muscular de les extremitats inferiors (deduït pel test de salt amb contramoviment [CMJJ] immediatament (Dal Pupo et al., 2014) i fins a 24 hores després del partit (De Freitas et al., 2017). Quan es juguen partits consecutius, el mateix fenomen també s'observa els dies posteriors (Freitas et al., 2014).

El dolor muscular induït per l'exercici (DMIE) es relaciona amb freqüència amb una alteració del rendiment immediatament després i durant dies després d'un partit de futbol sala (De Marchi et al., 2019; De Moura et al., 2012; Freitas et al., 2014). En estudis previs s'ha descrit un augment de dany muscular, inflamació i estrès oxidatiu, manifestat per augments en sèrum de les activitats de creatina cinasa (CK) i lactat deshidrogenasa (LDH) (De Marchi et al., 2019; De Moura et al., 2012), en els nivells d'interleucina 6 (IL-6) i proteïna C-reactiva (PCR) (De Moura et al., 2012) i proteïna carbonilada (PC) (De Marchi et al., 2019) immediatament després i 48 hores després d'un partit de futbol sala. En aquest sentit, les estratègies que acceleren la recuperació del DMIE i del rendiment físic són útils per ajudar els jugadors de futbol sala a reduir els símptomes de fatiga, que es tradueix en la immediata disponibilitat dels esportistes per a sessions d'entrenament o competicions els dies següents als partits.

Recentment s'ha suggerit l'ús de fototeràpia en l'esport, amb el principal objectiu d'impulsar efectes ergogènics, augmentar el rendiment físic durant l'exercici i, com a mètode de recuperació després d'exercicis d'alta intensitat, reduir el DMIE en atletes d'esports individuals i d'equip (Leal-Junior et al., 2015; Leal-Junior et al., 2019; Vanin et al., 2018). La fototeràpia consisteix a aplicar llum de longituds d'ona de vermell a infraroig proper emesa per làser de baixa densitat (làser) o díodes emissors de llum (LED) (Leal-Junior et al., 2019). La fototeràpia estimula cèl·lules fotoreceptores a la cadena respiratòria mitocondrial del múscul esquelètic, especialment l'enzim citocrom C-oxidasa (Hayworth et al., 2010). En conseqüència, es pot observar una millora en la transferència d'electrons a la membrana mitocondrial interna, es redueix la formació elevada d'espècies reactives d'oxigen (ROS) i augmenta la reserva intracel·lular

resultant de trifosfat d'adenosina (ATP) (Hayworth et al., 2010). La millora en la producció total d'ATP al múscul esquelètic proporciona més energia disponible a la funció muscular, atenuant el DMIE. En un estudi previ es va suggerir que la fototeràpia aplicada abans dels partits de futbol sala promovia un efecte protector muscular, amb reducció dels marcadors de dany muscular (és a dir, CK i LDH) i estrès oxidatiu (substàncies reactives a l'àcid tiobarbitúric [SRATB] i PC) de jugadors de futbol sala després i 48 hores després dels partits (De Marchi et al., 2019). No obstant això, no s'ha publicat si la fototeràpia aplicada després dels partits podria ser efectiva per accelerar la recuperació de jugadors de futbol sala. A més, fins ara, no es coneixen els efectes de la fototeràpia en la recuperació de marcadors de jugadors de futbol sala, com el rendiment físic, fins a 24 hores després dels partits. Aquesta informació podria ajudar els entrenadors principalment en tornejos curts, que tenen un interval entre partits d'aproximadament 24 hores (Freitas et al., 2014).

L'objectiu d'aquest estudi va ser investigar els efectes de la teràpia amb LED en marcadors de rendiment físic, dany muscular, inflamació i estrès oxidatiu fins a 24 hores després d'un protocol d'exercicis que simula les exigències físiques de disputar un partit de futbol sala. Per justificar l'objectiu, vam plantejar la hipòtesi que el protocol d'exercicis podia afectar negativament els marcadors associats a DMIE de jugadors de futbol sala, de manera similar als de després del futbol sala (De Marchi et al., 2019; De Moura et al., 2012), i que LED podria atenuar aquests efectes negatius.

Metodologia

Participants

En aquest estudi van participar 10 jugadors de camp (edat 23.5 ± 7.8 anys, estatura 174.3 ± 6.1 cm, i pes 69.1 ± 3.8 kg) d'un equip de futbol sala adult. Aquest equip ocupava la segona posició de la divisió d'ascens a primera divisió d'un campionat estatal de futbol sala. La mostra es va seleccionar per conveniència a causa del nombre limitat de jugadors en un equip de futbol sala i als problemes per trobar diferents equips amb la mateixa rutina i calendari d'entrenament i amb disponibilitat. Els criteris d'inclusió van ser: jugar a l'equip inclòs en aquest estudi i haver practicat futbol sala durant almenys quatre anys. Tots els jugadors estaven sans, sense lesions i van informar no haver consumit substàncies ergogèniques ni antiinflamatoris en el moment de l'experiment. A més, es va indicar a tots els jugadors voluntaris que no consumissin alcohol ni aliments amb cafeïna durant almenys les 24 hores prèvies a la realització dels procediments experimentals. La ingesta dietètica no va ser guiada per un nutricionista i no es va dur a terme cap record dietètic; no obstant això, es va indicar als jugadors que mengessin regularment i que

s'hidratessin amb freqüència de manera voluntària i lliurement. Els procediments experimentals es van dur a terme a mitja temporada de competició, en un moment de pausa en el calendari competitiu. El Comitè d'Ètica en Recerca en Éssers Humans de la Universitat Estatal de Londrina va aprovar l'estudi (CAAE: 39519414.4.0000.5231; codi atorgat: 930.218), de conformitat amb les normes reguladores establertes pel Consell Nacional de Salut i d'acord amb la Declaració d'Hèlsinki.

Procediments

Per simular les exigències físiques d'un partit de futbol sala, els jugadors van dur a terme el protocol de carrera intermitent específic per a futbol sala (FISP) (De Freitas et al., 2017). El FISP és un protocol d'exercicis vàlid, que permet als jugadors sotmetre's de manera homogènia a les exigències físiques dels partits de futbol sala. El primer dia de l'experiment, els jugadors van arribar al club a les 9.00 h del matí, sense haver fet exercici durant aproximadament 48 hores, per caracteritzar les mostres (mesures antropomètriques: pes i alçada). Els jugadors de futbol sala van dur a terme el FISP (De Freitas et al., 2017) amb set dies de diferència, a les 14.00 h, en una pista oficial de futbol sala. Els participants es van aleatoritzar per sorteig simple en dos grups als quals es va aplicar LED o placebo en un disseny creuat (amb cinc jugadors sotmesos a LED i cinc a placebo el primer dia, que es va invertir el segon dia). Encara que es descriuen efectes de recuperació similars amb LED i làser (Vanin et al., 2018), en el present estudi es va preferir LED (font de llum no coherent), perquè aquest té una àrea focal més gran, que cobreix àrees extenses de pell en cada punt d'aplicació de la llum. Les condicions de LED o placebo es van aplicar aproximadament ~1-35 minuts després de finalitzar el FISP i recollir les dades dels jugadors. L'FC es va monitorar de manera contínua i les mostres de sang es van extreure del lòbul de l'orella després de cada bloc del FISP per analitzar la concentració sanguínia de lactat [Lac]. A més, les mostres de sang es van recollir abans (Pre), immediatament després (Post) i 24 hores després (24 h) del FISP per analitzar-ne la concentració plasmàtica de CK, IL-6, factor de necrosi tumoral alfa (TNF- α) i productes avançats de l'oxidació de proteïnes (PAOP). Abans i 24 hores després del FISP, es va extreure sang abans de l'escalfament. Abans i 24 hores després del FISP, després de l'escalfament, i immediatament després, es va fer el test de salt amb contramoviment (CMJ) i es va monitorar el dolor muscular percebut. L'escalfament va consistir en la realització del FISP durant cinc minuts amb esprints a ~90 % de la velocitat màxima. Aquest escalfament també es va utilitzar perquè els jugadors es familiaritzessin amb el FISP. Per comprovar la freqüència cardíaca (FC), els jugadors van fer el nivell 1 del test de recuperació intermitent YO-YO (YO-YOIR1) (Bangsbo et al., 2008) una setmana

abans del primer FISP, sense haver fet exercici durant aproximadament 48 hores. Els procediments experimentals es van dur a terme a mitja temporada de competició, en un moment de pausa en el calendari competitiu.

Teràpia amb díodes emissors de llum (LED) o placebo

La teràpia amb díodes emissors de llum (LED) o placebo es va dur a terme amb un equip comercial (Taula 1). L'equip es va col·locar sobre els músculs quàdriceps i isquiotibials en contacte amb la pell, segons la Figura 1. A cada punt es van irradiar 6 J d'energia (20 s d'aplicació), amb 120 J d'energia total a cada cuixa. El procediment amb placebo es va fer amb l'aparell apagat, sense que els jugadors ho sabessin, ja que els dos grups (LED i placebo) duïen un antifac durant l'aplicació del protocol. LED i placebo es van aplicar als mateixos llocs anatòmics i amb una durada similar. La longitud d'ona de LED i l'energia irradiada es van aplicar segons revisions sistemàtiques prèvies (Leal-Junior et al., 2015; Vanin et al., 2018). Abans dels procediments experimentals, als jugadors de tots dos grups (LED i placebo) se'ls va explicar l'efecte de l'aplicació de LED, amb la finalitat de convèncer-los que la teràpia amb LED és efectiva per accelerar la recuperació.

Taula 1

Paràmetres d'aplicació de LED.

Aparell: Biostherapy II; BIOS®, São José dos Campos, Brasil

Longitud d'ona: 630 nm

Freqüència de sortida: contínua

Potència: 300 mW

Mida del feix: 1.32 cm²

Temps d'aplicació per punt: 20 s

Nombre de llocs irradiats: 20 a cada cuixa: 5 al vast extern, 3 al vast intern, 4 al recte anterior, 4 al bíceps femoral i 4 al semitendíno

Densitat de potència a cada punt: 227.3 mW/cm²

Densitat d'energia a cada punt: 4.5 J/cm²

Densitat total d'energia a cada cuixa: 90.8 J/cm²

Protocol de carrera intermitent específic per a futbol sala (FISP)

El FISP consta de quatre blocs de sis minuts de durada per bloc i intervals de cinc minuts entre blocs (39 minuts en total). La distància total coberta pel FISP és de 3600 metres i cada bloc d'exercicis s'estructura en sis seqüències de 10 desplaçaments de 15 metres, durant les quals els jugadors

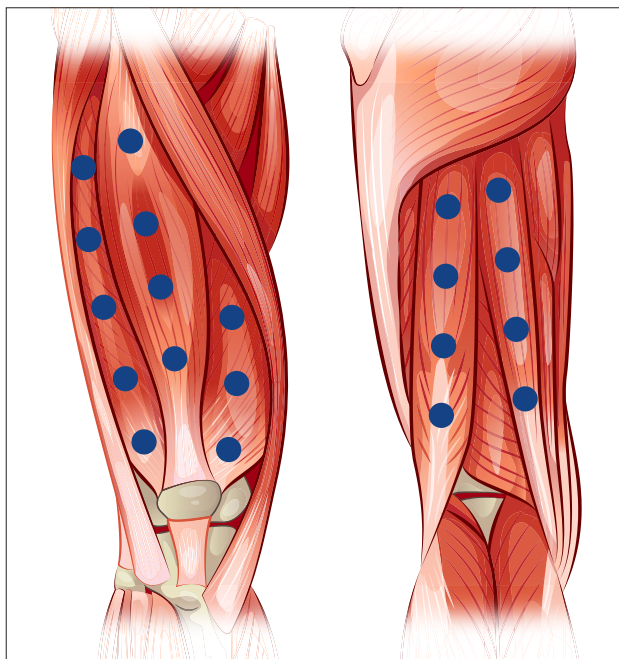


Figura 1
Mapa d'aplicació de LED.

corren a intensitats diferents marcades per un xiulet i una ordre de veu. La seqüència dels desplaçaments és: caminar, 5.4 km/h; 2 × carreres de baixa intensitat, 9 km/h; esprints, velocitat màxima; 2 × carreres de baixa intensitat, 9 km/h; 2 × carreres d'intensitat mitjana, 13.5 km/h; carrera d'alta intensitat, 18 km/h; caminar, 5.4 km/h. S'ha demostrat que els valors d'FC, els canvis en el CMJ, el dolor muscular percebut i els marcadors de recuperació d'inflamació i estrès oxidatiu en el FISP són similars als d'un partit simulat (De Freitas et al., 2017).

Freqüència cardíaca (FC)

L'FC es va monitorar a intervals d'1 s amb monitors telemètrics (Polar®, RS800, Polar Electro, Finlàndia). Es va calcular l'FC mitjana per als quatre blocs complets del FISP (24 min = 4 blocs × 6 min). A més, l'FC es va determinar al YO-YOIR1 i es va considerar que l'FC al final del test era l'FC màxima (FCmàx). També es va calcular el percentatge d'FC monitorada al FISP, que corresponia a l'FCmàx (% FCmàx).

Test de salt amb contramoviment (CMJ)

El CMJ es va dur a terme utilitzant una màrrega de contacte (Smart Jump®, Fusion Sport, Austràlia). Els jugadors van començar el test dempeus i van fer un esquat (flexió de ~90° dels genolls), seguit d'un salt amb les mans col·locades sobre els malucs. Els jugadors van fer tres intents de CMJ màxim amb un descans de 60 segons entre els intents i per a l'anàlisi es va considerar el salt més alt. El test de CMJ va mostrar un coeficient de correlació intraclase (CCI) de 0.97 (Sattler et al., 2012).

Dolor muscular percebut

El dolor muscular es va avaluar amb una escala categòrica (0-10) de dolor (Cook et al., 1998). Els jugadors van fer una flexió de genolls de ~90° abans de comunicar el dolor muscular en una escala; 0 representa cap dolor i 10, dolor summament intens, gairebé insuportable. És important assenyalar que aquesta variable la va registrar el mateix avaluador, un jugador cada vegada, en un lloc aïllat, sense influència d'altres jugadors.

Marcadors sanguinis

Es van extreure mostres de 5 ml de sang de la vena antecubital en tubs heparinitzats (Becton Dickinson, Franklin Lakes, EUA). Les mostres es van centrifugar (1370 g durant 10 min a 4 °C) i el plasma recollit es va al·luitar i es va emmagatzemar a -20 °C. Els nivells d'IL-6 i TNF-α es van determinar per enzimoinmunoanàlisi d'adsorció (ELISA) amb kits comercials, segons les instruccions del fabricant (IL-6; equip BD OptEIA Human IL6 ELISA, n. cat. 555220; TNF-α; equip BD OptEIA Human TNF ELISA, n. cat. 555212, Becton, Dickinson and Company, Franklin Lakes, EUA). Els PAOP es van calcular pels nivells plasmàtics de cloramines, que són productes finals derivats de l'oxidació proteica per HOCl, el principal producte d'activitat dels neutròfils durant la inflamació, per la seva reacció amb KI. La reacció final produeix un compost de color, que es detecta a 340 nm per espectrofotometria (Witko-Sarsat et al., 1996). Les concentracions plasmàtiques de CK es van determinar amb un sistema bioquímic automàtic (Dimension EXLTM Chemistry System, Siemens, Munic, Alemanya).

Concentració sanguínia de lactat [Lac]

Es van extreure mostres d'aproximadament 25 µl de sang del lòbul de l'orella per analitzar-ne la [Lac]. Breument, el lòbul de l'orella es va desinfectar amb alcohol al 70 % i es va utilitzar una llanceta metàl·lica d'un sol ús per fer la punció. La sang es va extreure amb capil·lars de vidre heparinitzats i es va transferir immediatament a tubs de microcentrífuga de polietilè d'1.5 ml que contenien 50 µl de fluorur sòdic a l'1 %. Els tubs es van emmagatzemar en un recipient amb gel i després es van congelar en un congelador a -20 °C. L'anàlisi de [Lac] es va dur a terme amb un analitzador electroquímic (YSI 2300 STAT PLUS; Copyright © Yellow Springs, Ohio, EUA), amb un error de mesuratge de ± 2 %.

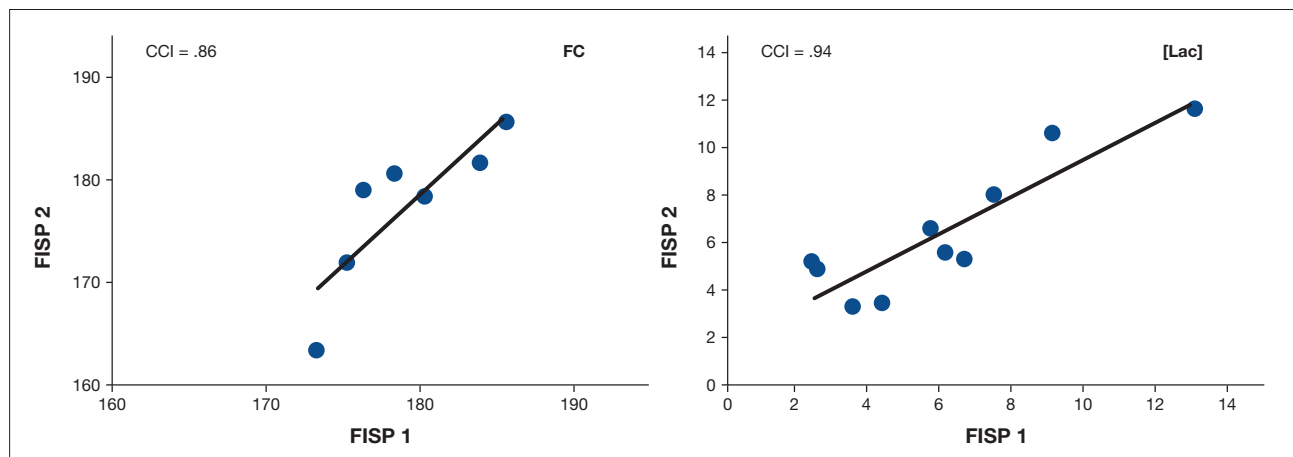
Anàlisi de dades

No es van identificar valors atípics amb la puntuació Z ($Z = (\text{mostra} - \text{mitjana}) / \text{desviació estàndard}$; valors atípics = $Z > 3$). Es va utilitzar el test de Shapiro-Wilk per comprovar la normalitat de les dades. Es van utilitzar proves de la *t* de Student per a dades emparellades per comparar

Taula 2

Freqüència cardíaca (FC) mitjana, percentatge de freqüència cardíaca màxima (% FCmàx) i concentració de lactat [Lac] de quatre blocs/fases del FISP el primer i segon dia de realització i en condicions de LED i placebo.

	FC (batecs/min)	% FCmàx	[Lac] (mmol/L)
FISP dia 1	179.05 ± 4.55	92.84 ± 3.33	6.16 ± 3.26
FISP dia 2	177.24 ± 7.39	91.88 ± 4.06	6.41 ± 2.81
LED	178.95 ± 5.05	92.79 ± 3.75	6.13 ± 2.99
Placebo	177.33 ± 7.09	91.92 ± 3.69	6.43 ± 3.09

**Figura 2**

Coefficient de correlació intraclasse (CCI) de freqüència cardíaca (FC) i concentració de lactat [Lac] del FISP dut a terme el primer (FISP 1) i segon dia (FISP 2).

L'FC mitjana, % FCmàx i [Lac] entre les condicions de LED i placebo. Els resultats en els moments Pre i Post es presenten com a mitjana ± desviació estàndard. Es va utilitzar una tècnica d'equació d'estimació generalitzada (GEE, per les sigles en anglès) amb dos factors (temps i grup) per obtenir comparacions inter-, intra- i d'interacció. Quan es van trobar efectes, es va fer una comparació per parells amb ajust de Bonferroni. Es va utilitzar el CCI per comprovar la reproductibilitat de l'FC i la [Lac] es va mesurar a la primera i segona realització del FISP. El CCI es va interpretar utilitzant els llindars següents: .1 a .29 petit, .30 a .49 moderat, .50 a .69 gran, .70 a .89 molt gran i .90 a 1, quasi perfecte (Hopkins, W.G., 2002). Totes les anàlisis es van dur a terme amb IBM® SPSS® per a Windows versió 20.0. El nivell de significació adoptat va ser de $p < .05$.

Resultats

Els jugadors van presentar una FCmàx de 194 ± 5 batecs/min al test YO-YOIR1. L'FC mitjana i el % FCmàx ($n = 7$; Taula 2) van ser similars en tots dos FISP, analitzats de manera independent del tractament aplicat ($p = .31$; $p = .30$, respectivament), i en comparar LED amb placebo ($p = .58$; $p = .61$, respectivament). Tres participants no es van incloure

a l'anàlisi de l'FC per errors tècnics associats amb el registre de l'FC. La [Lac] mitjana obtinguda al FISP (Taula 2) va ser similar a la primera i la segona tanda, analitzada de manera independent al tractament dut a terme ($p = .61$) i quan es van comparar LED i placebo ($p = .86$). El CCI de l'FC va ser molt gran i el de la [Lac] quasi perfecte (Figura 2).

Per a CMJ i IL-6, la GEE no va demostrar efectes d'interacció o grup ($p > .05$), però va mostrar un efecte de temps ($p < .01$; Taula 3). Les comparacions per parells van mostrar que els valors del CMJ van ser millors en el moment Post ($p < .01$) i 24 hores després ($p = .01$) comparat amb Pre, i que els valors Post no van ser diferents a les 24 hores ($p = 1$). La concentració sanguínia d'IL-6 va augmentar en el moment Post comparat amb Pre ($p < .01$) i el valor d'IL-6 a les 24 hores va ser menor que en Post ($p = .04$), però no diferent de Pre ($p = 1$), dada que suggereix que l'IL-6 va tornar a valors Pre a les 24 hores del FISP. Per a CK, la GEE va mostrar efectes d'interacció i temps, però no de grup (Taula 3). Les comparacions per parells van mostrar un augment de CK amb placebo ($p < .01$) i LED ($p < .01$) en el moment Post comparat amb Pre. Tot i així, no es van observar diferències en cap grup quan es va comparar el moment 24 h amb Pre i Post ($p > .05$). Per a dolor muscular, TNF- α i PAOP, la GEE no va demostrar efectes d'interacció, temps o grup ($p > .05$; Taula 3).

Taula 3

Valors i comparacions inter-, intra- i d'interacció de salt amb contramoviment (CMJ), dolor muscular percebut, creatina cinasa (CK), interleucina-6 (IL-6), factor de necrosi tumoral-alfa (TNF- α) i productes avançats d'oxidació de proteïnes (PAOP) dels grups de placebo i LED en els moments Pre, Post i 24 h.

	Grups	Pre	Post	24 h	Diferència mitjana Post - Pre (IC 95 %)	Diferència mitjana 24 h - Pre (IC 95 %)	Diferència mitjana 24 h - Post (IC 95 %)	<i>p</i> Grup	<i>p</i> Temps	<i>p</i> Inter.
		Mitjana $\pm$ DE	Mitjana $\pm$ DE	Mitjana $\pm$ DE						
CMJ	Placebo	41.80 $\pm$ 3.90	39.46 $\pm$ 3.22*	39.70 $\pm$ 3.52**	-2.34 (-3.58; -1.10)	-2.10 (-4.43; 0.23)	0.24 (-2.01; 2.49)	.97	< .01	.86
	LED	41.63 $\pm$ 3.00	39.61 $\pm$ 3.45*	39.87 $\pm$ 4.20**	-2.01 (-3.12; -0.90)	-1.76 (-3.89; 0.37)	0.26 (-2.65; 3.16)			
Dolor	Placebo	0.80 $\pm$ 1.23	1.00 $\pm$ 1.33	0.20 $\pm$ 0.63	0.41 (-0.23; 1.06)	-0.02 (-1.74; 1.69)	-0.44 (-1.72; 0.85)	.26	.06	.83
	LED	0.40 $\pm$ 0.70	0.95 $\pm$ 1.07	0.70 $\pm$ 1.03	0.63 (-0.65; 1.92)	0.15 (-1.38; 1.67)	-0.49 (-1.54; 0.56)			
CK	Placebo	98.30 $\pm$ 33.03	135.30 $\pm$ 48.81 ^ψ	170.30 $\pm$ 139.44	37.00 (17.66; 56.34)	72.00 (-22.06; 166.06)	35.00 (-43.42; 113.42)	.82	< .01	< .01
	LED	95.90 $\pm$ 33.66	144.40 $\pm$ 57.47 ^ψ	143.70 $\pm$ 89.79	48.50 (27.89; 69.11)	47.80 (-2.67; 98.27)	-0.70 (-35.66; 34.26)			
IL-6	Placebo	18.79 $\pm$ 6.81	20.59 $\pm$ 7.26*	19.49 $\pm$ 7.49 [#]	1.80 (0.09; 3.50)	0.70 (-1.85; 3.25)	-1.10 (-3.39; 1.20)	.87	< .01	.55
	LED	20.01 $\pm$ 9.85	21.30 $\pm$ 9.40*	19.31 $\pm$ 8.49 [#]	1.29 (-0.49; 3.06)	-0.70 (-2.55; 1.15)	-1.99 (-3.84; -0.14)			
TNF- α	Placebo	23.82 $\pm$ 3.93	23.80 $\pm$ 4.18	23.15 $\pm$ 4.44	-0.03 (-1.98; 1.93)	-0.68 (-2.28; 0.93)	-0.65 (-3.00; 1.69)	.92	.65	.85
	LED	23.91 $\pm$ 8.43	23.91 $\pm$ 7.47	23.75 $\pm$ 8.04	0.01 (-1.16; 1.17)	-0.16 (-1.72; 1.39)	-0.17 (-1.61; 1.27)			
PAOP	Placebo	2.34 $\pm$ 0.71	2.35 $\pm$ 1.02	2.03 $\pm$ 0.80	0.00 (-0.89; 0.90)	0.31 (-1.06; 0.44)	-0.32 (-1.38; 0.75)	.25	.71	.57
	LED	2.06 $\pm$ 0.80	1.79 $\pm$ 0.67	2.03 $\pm$ 0.71	-0.27 (-0.93; 0.39)	-0.03 (-0.81; 0.75)	0.24 (-0.42; 0.89)			

Nota. Significativament diferent de Pre amb efecte de temps (* $p < .01$; ** $p < .05$); significativament diferent de Post amb efecte de temps (# $p < .05$); significativament diferent de Pre dins del mateix grup (α $p < .01$).

Discussió

La hipòtesi plantejada en aquest estudi va ser que la teràpia amb LED podria atenuar l'empitjorament en marcadors de rendiment físic, dany muscular, inflamació i estrès oxidatiu de jugadors de futbol sala fins a 24 hores després del FISP. És important assenyalar que, a diferència del que s'esperava, només el CMJ va empitjorar 24 hores després del FISP. Els principals resultats observats van ser que la teràpia amb LED va ser efectiva per canviar el patró de la CK després del FISP. No obstant això, no es van observar altres efectes positius.

L'atenuació de l'augment en sang de l'activitat de CK és un dels efectes positius més probables de la fototeràpia publicats en la literatura (Nampo et al., 2016). En el present estudi, la teràpia amb LED va canviar el patró de la CK després del FISP, dada que es corrobora amb un estudi previ que va mostrar una atenuació de l'augment en sang de l'activitat de CK després i 48 hores després de partits de futbol sala (De Marchi et al., 2019). Encara que les comparacions per parells no van mostrar efectes a les 24 hores en comparació amb els moments Pre o Post, és possible observar que els valors de CK van continuar elevats després de placebo, mentre que aquest patró no es va observar després de LED, i possiblement contribueix en l'efecte d'interacció trobat. Encara no és clar el mecanisme relacionat amb la capacitat de LED de reduir la CK (Nampo et al., 2016). Tot i això, és possible que LED atenuï les ROS generades després de l'exercici (que no es va reflectir en canvis als PAOP) i augmenti la reserva muscular d'ATP (Hayworth et al., 2010), atenuant el DMIE. És important assenyalar que l'augment de CK descrit al present estudi va ser menor que l'elevació descrita en atletes 24-72 hores després de l'exercici (~400 %) (Brancaccio et al., 2010). És possible que les exigències metabòliques i físiques del FISP no fossin suficients per promoure nivells elevats de mal muscular en jugadors de futbol sala ben entrenats (De Freitas et al., 2017). A més, podria existir un límit en la intensitat que pot suportar el teixit muscular i aquest límit podria ser inferior en participants mal preparats en comparació amb subjectes ben preparats (Brancaccio et al., 2010). Per tant, en jugadors de futbol sala, les exigències físiques del FISP i, per consegüent, dels partits de futbol sala no promouen un gran DMIE. Una altra possibilitat podria ser que 24 hores no fos temps suficient perquè es produís l'alliberament màxim de CK a la circulació sanguínia (Brancaccio et al., 2010). No obstant això, en alguns estudis s'ha demostrat que l'alliberament màxim de CK es produeix 24 hores després de partits de futbol (Magalhaes et al., 2010; Russell et al., 2015), dada que suggereix que el moment de recollida de dades del present estudi va ser suficient per detectar signes de dany muscular. Encara que la falta de mesuraments a les 48 i 72 hores podria ser una limitació d'aquest estudi, en la pràctica és difícil de dur a terme, a causa de les rutines setmanals d'entrenament dels atletes. Per tant, s'anima que en futurs estudis s'analitzi

l'efecte de la fototeràpia en l'activitat de CK en sang fins a 72 hores després d'un exercici amb exigències físiques i metabòliques elevades. Fins ara, s'han descrit els efectes beneficiosos de la fototeràpia per reduir l'elevació de CK en sang de jugadors de futbol sala, fins i tot encara que es mostri només un lleuger augment d'aquesta variable.

Segons els nostres coneixements, aquest és el primer estudi que investiga els efectes de LED en el rendiment del CMJ de jugadors de futbol sala que van fer els esforços d'un partit simulat. Malgrat l'efecte de LED en la CK, els resultats observats no suggereixen un efecte positiu de LED sobre el rendiment en el CMJ. És important assenyalar que una reducció de ~4-5 % en el CMJ després i 24 hores després del FISP, descrit en el present estudi, concordava amb resultats publicats prèviament (De Freitas et al., 2017; Freitas et al., 2014). A diferència dels resultats trobats, en un estudi previ es va observar un petit efecte beneficiós de la fotobiomodulació en el rendiment del CMJ de jugadors de futbol *amateurs* (Dornelles et al., 2019). No obstant això, el present estudi es va dur a terme amb jugadors de futbol sala professionals i és possible que mecanismes diferents al baix nivell de mal muscular, com fatiga central (Milioni et al., 2016), per exemple, podrien ser la causa del rendiment alterat observat en jugadors de futbol sala ben entrenats sotmesos a un esforç comú com un partit de futbol sala.

Borges et al. (2014) van observar un possible efecte de LED després de l'exercici per atenuar el descens de força muscular isomètrica en subjectes sotmesos a un protocol d'exercicis excèntrics. En aquest estudi, el protocol d'exercicis excèntrics va modificar negativament els marcadors de DMIE (és a dir, dolor muscular percebut i amplitud de moviment) que també es van atenuar amb LED (Borges et al., 2014). En consonància, segons publicacions prèvies (De Freitas et al., 2017), el FISP va augmentar la concentració plasmàtica de CK, però no va canviar els marcadors de dolor muscular percebut, inflamació o estrès oxidatiu. Aquests resultats suggereixen que si el FISP promou un DMIE, el nivell de mal no és suficient per alterar els marcadors de dolor, inflamació i estrès oxidatiu analitzats en el present estudi. En altres esports d'equip, com el futbol, es van observar augmentos en els marcadors de dany muscular, inflamació i estrès oxidatiu 24 hores després dels partits (Magalhaes et al., 2010). Tot i així, la distància coberta en partits de futbol és més gran que la que es recorre en partits de futbol sala (De Oliveira Bueno et al., 2014; Stolen et al., 2005), dada que suggereix exigències metabòliques més altes en futbol que en futbol sala. Per tant, animem a dur a terme nous estudis per investigar l'efecte de LED en subjectes que fan exercicis amb exigència metabòlica alta, que comporta nivells alts de DMIE. A més, encara que la característica invasiva dificulta obtenir extraccions de mostres de sang freqüents en atletes professionals, això podria ser interessant en futurs estudis perquè alguns marcadors, com la inflamació i l'estrès

oxidatiu, per exemple, presenten temps diferents de secreció i extracció de la sang (Brancaccio et al., 2010).

L'ús del FISP per estudiar mètodes de recuperació podria ser avantatjós perquè imposa un esforç similar a tots els subjectes. En el present estudi, els valors d'FC i % FCmàx monitorats durant el FISP als grups de LED i placebo van ser similars. Els valors d'aquestes variables (FC, ~177-179 batecs/min; % FCmàx, ~91-92 %) van ser similars als descrits en estudis previs durant partits de futbol sala simulats i oficials (Barbero-Alvarez et al., 2008; Castagna et al., 2009; De Freitas et al., 2017). Aquests resultats van estar en concordança amb la [Lac], que no va mostrar valors diferents quan es van comparar LED i placebo, i els valors descrits en el present estudi (~6-6.5 mmol/L) eren a prop dels valors descrits prèviament (Castagna et al., 2009). A més, els valors d'FC, % FCmàx i [Lac] van ser similars quan es van comparar els dos moments de realització del FISP (amb independència dels mètodes d'intervenció), i els CCI d'FC i [Lac] van ser molt grans i gairebé perfectes, respectivament. Aquests resultats podrien confirmar que els jugadors es van sotmetre a esforços físics similars durant els dos FISP i que van ser similars a l'esforç físic dels partits oficials de futbol sala.

La dosi de tractament aplicada en el present estudi va estar en consonància amb revisions sistemàtiques prèvies, dada que suggereix un efecte positiu de la fototeràpia (Leal-Junior et al., 2015; Vanin et al., 2018). Tot i així, es va publicar una actualització sobre la finestra terapèutica en grups de grans músculs, que suggereixen que es va recomanar una dosi gran, després de la recollida de dades del present estudi (Leal-Junior et al., 2019). Per tant, la dependència dosi-resposta de l'efecte de LED (Leal-Junior et al., 2015) podria ser una possible explicació del limitat efecte trobat per a aquest tractament. D'altra banda, en el present estudi, la teràpia amb LED va produir un efecte en la CK, dada que suggereix que la dosi aplicada va ser efectiva per a aquesta variable. En futurs estudis s'hauria d'investigar si es necessiten dosis altes de LED per canviar els marcadors de rendiment físic, dolor muscular, inflamació i estrès oxidatiu. Creiem que els principals resultats observats van ser una conseqüència del baix nivell de dany muscular induït pel FISP en jugadors de futbol sala ben entrenats.

El nombre de participants podria ser un possible factor limitant per als resultats observats en el present estudi. Per desgràcia, el nombre de jugadors en un equip de futbol sala és limitat i és difícil reclutar jugadors de diferents equips, per les rutines i pautes d'entrenament de cada equip. És important destacar que prèviament es va utilitzar una mostra de grandària més petita per mostrar l'efecte protector muscular de la fototeràpia aplicada abans de partits de futbol sala (De Marchi et al., 2019). No obstant això, suposem que, per tenir un millor coneixement dels resultats observats en el present estudi, es podria necessitar una mostra de grandària gran i, per tant, en futures recerques s'hauria de definir la

grandària de la mostra. En el present estudi es van controlar altres punts per reduir el risc de biaix, com l'aleatorització dels participants en els dos grups, l'emascament dels participants, la presència de placebo i el disseny creuat de l'estudi, factors que s'han de considerar en la interpretació dels resultats observats.

Conclusió

En conclusió, la teràpia amb LED aplicada en aquest estudi va ser efectiva per canviar el patró de la CK, però no va canviar els marcadors de rendiment físic, dolor muscular, inflamació o estrès oxidatiu de jugadors de futbol sala fins 24 hores després del FISP. Sembla que l'ús de LED com a mètode de recuperació en jugadors de futbol sala ben entrenats després del partit va mostrar uns efectes limitats, pel fet que, aparentment, l'esforç del futbol sala en aquests jugadors no promou augmentos importants dels marcadors associats al DMIE. Davant els efectes positius publicats prèviament, l'efecte de la fototeràpia podria ser més pronunciat amb una dosi diferent, una mostra diferent, un nivell diferent de capacitat d'entrenament, diferents moments de mesurament i en partits jugats en dies consecutius, que s'haurien d'examinar en estudis futurs.

Agraïments

Volem donar les gràcies al professor Fábio Yuzo Nakamura per tota la contribució intel·lectual. Volem agrair a la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, l'aportació de fons per a aquest estudi.

Referències

- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med*, 38(1), 37-51. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838010-00004>
- Barbero-Alvarez, J. C., Soto, V. M., Barbero-Alvarez, V., & Granda-Vera, J. (2008). Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *J Sports Sci*, 26(1), 63-73. <https://doi.org/10.1080/02640410701287289>
- Borges, L. S., Cerqueira, M. S., Dos Santos Rocha, J. A., Conrado, L. A., Machado, M., Pereira, R., & Pinto Neto, O. (2014). Light-emitting diode phototherapy improves muscle recovery after a damaging exercise. *Lasers Med Sci*, 29(3), 1139-1144. <https://doi.org/10.1007/s10103-013-1486-z>
- Brancaccio, P., Lippi, G., & Maffulli, N. (2010). Biochemical markers of muscular damage. *Clin Chem Lab Med*, 48(6), 757-767. <https://doi.org/10.1515/CCLM.2010.179>
- Castagna, C., D'Ottavio, S., Granda Vera, J., & Barbero-Alvarez, J. C. (2009). Match demands of professional Futsal: a case study. *J Sci Med Sport*, 12(4), 490-494. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.02.001>
- Cook, D. B., O'Connor, P. J., Oliver, S. E., & Lee, Y. (1998). Sex differences in naturally occurring leg muscle pain and exertion during maximal cycle ergometry. *Int J Neurosci*, 95(3-4), 183-202. <https://doi.org/10.3109/00207459809003340>
- Dal Pupo, J., Detanico, D., & Santos, S. G. (2014). The fatigue effect of a simulated futsal match protocol on isokinetic knee torque production. *Sports Biomech*, 13(4), 332-340. <https://doi.org/10.1080/14763141.2014.981202>

- De Freitas, V. H., Ramos, S. P., Leicht, A., Alves, T., Rabelo, F., Bara-Filho, M. G., Guarnier, F. A., & Nakamura, F. Y. (2017). Validation of the futsal-specific intermittent shuttle protocol for the simulation of the physical demands of futsal match-play. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 17(6), 1-14. <https://doi.org/10.1080/24748668.2017.1409499>
- De Marchi, T., Leal-Junior, E. C. P., Lando, K. C., Cimadon, F., Vanin, A. A., Da Rosa, D. P., & Salvador, M. (2019). Photobiomodulation therapy before futsal matches improves the staying time of athletes in the court and accelerates post-exercise recovery. *Lasers Med Sci*, 34(1), 139-148. <https://doi.org/10.1007/s10103-018-2643-1>
- De Moura, N. R., Cury-Boaventura, M. F., Santos, V. C., Levada-Pires, A. C., Bortolon, J., Fiamoncini, J., Pithon-Curi, T. C., Curi, R., & Hatanaka, E. (2012). Inflammatory response and neutrophil functions in players after a futsal match. *J Strength Cond Res*, 26(9), 2507-2514. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823f29b5>
- De Oliveira Bueno, M. J., Caetano, F. G., Pereira, T. J., De Souza, N. M., Moreira, G. D., Nakamura, F. Y., Cunha, S. A., & Moura, F. A. (2014). Analysis of the distance covered by Brazilian professional futsal players during official matches. *Sports Biomech*, 13(3), 230-240. <https://doi.org/10.1080/14763141.2014.958872>
- Dornelles, M. P., Fritsch, C. G., Sonda, F. C., Johnson, D. S., Leal-Junior, E. C. P., Vaz, M. A., & Baroni, B. M. (2019). Photobiomodulation therapy as a tool to prevent hamstring strain injuries by reducing soccer-induced fatigue on hamstring muscles. *Lasers Med Sci*, 34(6), 1177-1184. <https://doi.org/10.1007/s10103-018-02709-w>
- Freitas, V. H., De Souza, E. A., Oliveira, R. S., Pereira, L. A., & Nakamura, F. Y. (2014). Effect of four successive days of games in muscle power, perceived stress and recovery in futsal players. *Rev Bras Educ Fís Esporte*, 28(1), 23-30. <https://doi.org/10.1590/S1807-55092014005000002>
- Hayworth, C. R., Rojas, J. C., Padilla, E., Holmes, G. M., Sheridan, E. C., & Gonzalez-Lima, F. (2010). In vivo low-level light therapy increases cytochrome oxidase in skeletal muscle. *Photochem Photobiol*, 86(3), 673-680. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2010.00732.x>
- Hopkins, W. G. (2002). A Scale of Magnitudes for Effect Statistics. <https://www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>
- Leal-Junior, E. C., Vanin, A. A., Miranda, E. F., de Carvalho Pde, T., Dal Corso, S., & Bjordal, J. M. (2015). Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci*, 30(2), 925-939. <https://doi.org/10.1007/s10103-013-1465-4>
- Leal-Junior, E. C. P., Lopes-Martins, R. A. B., & Bjordal, J. M. (2019). Clinical and scientific recommendations for the use of photobiomodulation therapy in exercise performance enhancement and post-exercise recovery: current evidence and future directions. *Braz J Phys Ther*, 23(1), 71-75. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.12.002>
- Magalhaes, J., Rebelo, A., Oliveira, E., Silva, J. R., Marques, F., & Ascensao, A. (2010). Impact of Loughborough Intermittent Shuttle Test versus soccer match on physiological, biochemical and neuromuscular parameters. *Eur J Appl Physiol*, 108(1), 39-48. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1161-z>
- Milioni, F., Vieira, L. H., Barbieri, R. A., Zagatto, A. M., Nordsborg, N. B., Barbieri, F. A., Dos-Santos, J. W., Santiago, P. R., & Papoti, M. (2016). Futsal Match-Related Fatigue Affects Running Performance and Neuromuscular Parameters but Not Finishing Kick Speed or Accuracy. *Front Physiol*, 7, 518. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00518>
- Nampo, F. K., Cavalheri, V., Ramos, S. P., & Camargo, E. A. (2016). Effect of low-level phototherapy on delayed onset muscle soreness: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci*, 31(1), 165-177. <https://doi.org/10.1007/s10103-015-1832-4>
- Naser, N., Ali, A., & Macadam, P. (2017). Physical and Physiological demands of futsal. In *Journal of Exercise Science and Fitness* (Vol. 15, Issue 2, pp. 76-80). Elsevier (Singapore) Pte Ltd. <http://doi.org/10.1016/j.jesf.2017.09.001>
- Russell, M., Northeast, J., Atkinson, G., Shearer, D. A., Sparkes, W., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2015). Between-Match Variability of Peak Power Output and Creatine Kinase Responses to Soccer Match-Play. *J Strength Cond Res*, 29(8), 2079-2085. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000852>
- Sattler, T., Sekulic, D., Hadzic, V., Uljevic, O., & Dervisevic, E. (2012). Vertical jumping tests in volleyball: reliability, validity, and playing-position specifics. *J Strength Cond Res*, 26(6), 1532-1538. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318234e838>
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>
- Vanin, A. A., Verhagen, E., Barboza, S. D., Costa, L. O. P., & Leal-Junior, E. C. P. (2018). Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci*, 33(1), 181-214. <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2368-6>
- Witko-Sarsat, V., Friedlander, M., Capeillere-Blandin, C., Nguyen-Khoa, T., Nguyen, A. T., Zingraff, J., Jungers, P., & Descamps-Latscha, B. (1996). Advanced oxidation protein products as a novel marker of oxidative stress in uremia. *Kidney Int*, 49(5), 1304-1313. <https://doi.org/10.1038/ki.1996.186>

Conflicte d'interessos: les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Aquest article està disponible a la url <https://www.revista-apunts.com/ca/>. Aquest treball està publicat sota una llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Les imatges o qualsevol altre material de tercers d'aquest article estan incloses a la llicència Creative Commons de l'article, tret que s'indiqui el contrari a la línia de crèdit; si el material no s'inclou sota la llicència Creative Commons, els usuaris hauran d'obtenir el permís del titular de la llicència per reproduir el material. Per veure una còpia d'aquesta llicència, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>



Variables contextuais i càrrega externa setmanal en un equip de futbol semiprofessional

Daniel Hernández¹ , Mario Sánchez¹ , Víctor Martín¹ , Enrique Benítez-Andrés² i Javier Sánchez-Sánchez¹

¹ Grup d'Investigació Planificació i Avaluació de l'Entrenament i Rendiment Esportiu, Universitat Pontifícia de Salamanca, Salamanca (Espanya).

² Departament d'Estadística. Facultat de Medicina. Universitat de Salamanca, Salamanca (Espanya).

Citació

Hernández, D., Sánchez, M., Martín, V., Benítez-Andrés, E. & Sánchez-Sánchez, J. (2021). Contextual Variables and Weekly External Load in a Semi-professional Football Team. *Apunts Educación Física y Deportes*, 146, 61-67. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/4\).146.07](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/4).146.07)

Editat per:

© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

*Correspondència:

Javier Sánchez-Sánchez
jsanchezsa@upsa.es

Secció:

Entrenament esportiu

Idioma de l'original:

Espanyol

Rebut:

5 de setembre de 2020

Acceptat:

14 de maig de 2021

Publicat:

1 d'octubre de 2021

Coberta:

Jocs Olímpics de Tòquio 2020 –
Taekwondo: Pes mosca femení
49 kg. Combat per la medalla
d'or. Adriana Cerezo Iglesias
(Espanya) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailàndia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japó) 24.07.2021.
REUTERS / Murad Sezer

Resum

L'objectiu d'aquest estudi va ser comparar la càrrega externa de les sessions d'un microcicle d'entrenament en un equip de futbol semiprofessional, tenint en compte el rol del jugador durant la competició i la localització del partit. Divuit futbolistes que competien a la tercera divisió espanyola van ser monitorats mitjançant sistemes de posicionament global durant set microcicles formats per cinc sessions categoritzades en funció de la seva situació respecte del dia del partit (DP). Les dades van ser analitzades en funció de la condició de titular o suplent del jugador, així com de la condició de local o visitant. Les variables de càrrega externa utilitzades van ser la distància total (DREL), la distància a esprint (DE), a alta (DAV), mitjana (DMV) i baixa velocitat (DBV), expressada en funció del temps de sessió, juntament amb el nombre d'acceleracions per minut (ACC n/10). La càrrega externa va ser més alta en DP+1 ($p < .01$) per als jugadors suplents (DE, DAV i ACC) i en DP-1 ($p < .05$ i $p < .01$) per als titulars (DREL, DE i DAV). D'altra banda, a les sessions centrals del microcicle, la càrrega (DP-4: DREL, DE i DAV; DP-3: DREL, DE i DMV; DP-2: DREL, DMV i DBV) va ser més alta ($p < .05$ i $p < .01$) quan l'equip jugava de local que quan ho feia com a visitant. Els resultats d'aquesta investigació són rellevants per programar el procés d'entrenament i les estratègies de recuperació postcompetició.

Paraules clau: futbol, GPS, monitoratge, periodització, rendiment.

Introducció

La càrrega representa l'estrès físic i psicològic generat en l'esportista per l'entrenament i la competició (Foster et al., 2001). En aquestes activitats, l'estrès provocat en l'esportista ha estat definit tradicionalment per la càrrega interna, que es relaciona amb la resposta fisiològica (p. ex., freqüència cardíaca, esforç percebut, etc.) i per la càrrega externa, que informa del treball que l'esportista ha realitzat (p. ex., distància recorreguda, nombre d'esprints, etc.) (Wallace et al., 2014). Els últims anys, el control d'aquestes variables s'ha convertit en un aspecte d'interès per a investigadors i entrenadors (Akenhead i Nassis, 2016), ja que pot servir com a ajuda en l'optimització del procés d'entrenament i en la programació d'estratègies de prevenció de lesions (Jaspers et al., 2017).

L'avenç tecnològic ha permès millorar els processos de control de la càrrega i ha facilitat que entrenadors i jugadors es familiaritzin amb les eines de monitoratge de l'entrenament i la competició (Rago et al., 2019). Concretament, els microsensores portàtils basats en sistemes de posicionament global (GPS), aprovats per la Federació Internacional de Futbol Associat (FIFA) (FIFA, 2015), han permès quantificar de manera senzilla el volum d'activitat que els jugadors realitzen durant la pràctica esportiva, a partir del registre de variables com la distància recorreguda, els desplaçaments a alta velocitat o el nombre d'acceleracions i desacceleracions (Buchheit i Simpson, 2017). Tot i que aquests instruments presenten algunes limitacions per al control dels esforços d'alta velocitat, les acceleracions i les desacceleracions (Buchheit et al., 2014), molts equips els utilitzen per avaluar el procés d'entrenament i els esportistes (Akenhead i Nassis, 2016).

A partir del monitoratge de les principals variables de càrrega externa, ha resultat possible descriure el microcicle d'entrenament en equips professionals (Malone et al., 2015; Owen et al., 2017), amateurs (Sánchez-Sánchez et al., 2019) i de formació (Wrigley et al., 2012). Tot i així, l'enfocament utilitzat en gran part de les ocasions es podria considerar com a reduccionista (Paul et al., 2015), pel fet que el monitoratge de la càrrega del microcicle s'ha dut a terme sense tenir en compte factors que els entrenadors han utilitzat per programar els entrenaments (Rago et al., 2019). Algunes variables com la localització del partit, el resultat de la competició, el nombre de partits inclosos en el microcicle, la durada de la setmana d'entrenament, el nivell de competició de l'equip rival i el rol dels jugadors durant el partit s'han d'estudiar i tenir en compte per interpretar la càrrega associada a cada cicle d'entrenament (Brito et al., 2016). Un estudi recent, realitzat amb futbolistes joves pertanyents a cinc equips (Curtis et al., 2020), va observar diferències en la càrrega d'entrenament setmanal en funció de la fase de la temporada (*i.e.*, període preparatori, període de competició

i període de transició), l'extensió del microcicle (*i.e.*, < 4 sessions, 4-5 sessions i > 5 sessions) i el resultat del partit (*i.e.*, victòria, empat i derrota). En una línia semblant però amb una mostra de jugadors professionals d'equips participants a la lliga espanyola, es va observar que el volum d'entrenament augmentava i la intensitat disminuïa en la setmana anterior i posterior a jugar amb un rival de nivell superior (Rago et al., 2019). A més, segons els autors de l'estudi, el volum augmentava la setmana posterior a una derrota, i la intensitat de la càrrega creixia després d'haver jugat com a local.

El monitoratge de la demanda física associada al microcicle d'entrenament sense tenir en compte aspectes com el rol del jugador durant la competició, la localització del partit o el nivell de l'equip rival suposa obviar la complexitat associada a la càrrega de treball en futbol (Curtis et al., 2020). Tot i que durant els últims anys ha augmentat el nombre d'estudis en aquesta línia, cal incrementar la investigació per aclarir la possible relació causa-efecte entre certes variables contextuais i la càrrega d'entrenament setmanal (Rago et al., 2019). Per aquesta raó, l'objectiu principal del nostre treball va ser comparar la càrrega externa de les sessions d'un microcicle d'entrenament en un equip de futbol semiprofessional, tenint en compte el rol del jugador durant la competició i la localització del partit.

Metodologia

Participants

Van participar a l'estudi 18 futbolistes semiprofessionals (26.2 ± 3.9 anys d'edat; 177.7 ± 5.3 cm d'alçada; 73.9 ± 6.4 kg de massa corporal) que competien a la tercera divisió espanyola. Els jugadors entrenaven cinc cops a la setmana i jugaven un partit de competició oficial el cap de setmana. A l'estudi es van monitorar set microcicles de competició consecutius pertanyents al primer trimestre de la temporada. Per determinar la mostra d'estudi es van tenir en compte els criteris d'inclusió: i) ser jugador de camp; ii) participar en el 85 % de les sessions d'entrenament; iii) completar com a mínim el 50 % dels partits de la competició; iv) no haver tingut cap lesió en els quatre mesos anteriors a la presa de dades (Sánchez et al., 2019). A causa de circumstàncies inherents al procés d'entrenament, dels 630 registres totals es van poder utilitzar 601 registres a l'estudi, dividits en funció de les diverses variables, tal com es descriu a la Taula 1.

El personal tècnic del club participant va donar el vistiplau per realitzar la investigació, i els jugadors van signar un consentiment informat en el qual s'indicaven els procediments, riscos i beneficis associats de participar en l'estudi. El disseny experimental es va realitzar d'acord amb la Declaració d'Hèlsinki.

Taula 1

Nombre de registres analitzats per a cada variable objecte d'estudi.

Sessions	Localització		Rol	
	Local	Visitant	Titular	Suplent
DP+1	64	50	65	49
DP-4	69	54	70	53
DP-3	68	53	69	52
DP-2	68	53	69	52
DP-1	69	53	70	52

Nota. DP+1: primer entrenament del microcicle; DP-4: segon entrenament del microcicle; DP-3: tercer entrenament del microcicle; DP-2: quart entrenament del microcicle; DP-1: últim entrenament del microcicle.

Instruments

Per obtenir la mida de la càrrega externa durant les sessions d'entrenament, es va utilitzar una unitat GPS (K-GPS 10 Hz, K-Sport®, Motelabbate, PU, Itàlia) amb una fiabilitat acceptable demostrada en estudis previs (Fernandes-da-Silva et al., 2016). Els dispositius es van situar a la part alta de l'esquena del jugador, a la butxaca d'una armilla específica, col·locada sota la samarreta d'entrenament. Totes les unitats GPS es van encendre alhora, 10 minuts abans de començar el registre de la càrrega externa. Es va anotar l'inici i el final de cada sessió de mesurament, per extreure'n només les dades referents al temps brut de l'entrenament. Les dades recopilades es van analitzar a través del programari K-Fitness (K-Sport®, Motelabbate, PU, Itàlia). Per a una correcta tabulació de les dades es va utilitzar un full de càlcul creat per a l'estudi.

Procediment

Per valorar les diferències entre el rol assumit pel jugador durant la competició, els futbolistes es van classificar en titulars, si havien començat el partit en l'onze inicial, i suplents, quan i) havien participat al partit quan aquest ja havia començat, ii) havien estat convocats però no havien jugat cap minut, iii) no havien estat convocats per a aquell partit. Per comprovar l'efecte de la localització del partit, es va tenir en compte la condició de local, quan l'equip jugava al camp de la seva propietat, i de visitant, quan l'equip analitzat jugava el partit al camp de l'equip rival (Taula 1). D'altra banda, les sessions d'entrenament es van classificar cronològicament en funció de la ubicació d'aquestes respecte de la competició següent (Sánchez-Sánchez et al., 2019). A la primera sessió d'entrenament de la setmana (dia postpartit [DP+1]) els jugadors titulars al partit anterior van dur a terme un treball regeneratiu (*i.e.*,

aeròbic de baixa intensitat i exercicis de mobilitat), mentre que els futbolistes suplents i no convocats van fer un treball complementari (*i.e.*, circuits específics amb alta demanda neuromuscular). A la segona sessió d'entrenament (*i.e.*, DP-4) es va dur a terme un treball específic a través de jocs reduïts d'alta demanda neuromuscular (50 m²/jugador) i treball preventiu (mobilitat, força excèntrica i *core*) per a tots els jugadors de la plantilla. Al tercer entrenament de la setmana (*i.e.*, DP-3) es va combinar en tots els futbolistes un treball de jocs reduïts (100 m²/jugador) amb situacions d'11 vs. 11 amb orientació tàctica defensiva. Al quart entrenament de la setmana (*i.e.*, DP-2) tots els jugadors van participar en situacions orientades a l'optimització de la velocitat i aplicacions 11 vs. 11 amb orientació tàctica ofensiva. A l'última sessió d'entrenament, realitzada el mateix dia de partit (*i.e.*, DP-1), tots els futbolistes van fer exercicis d'activació i accions a pilota parada. En tots els microcicles analitzats, el dia de descans per als jugadors va ser el següent a la sessió DP+1.

Mesuraments

Totes les variables es van expressar en valors relatius (m·min⁻¹) en funció del temps de participació de cada jugador durant la sessió d'entrenament. Les variables de càrrega externa es van seleccionar a partir del que indicaven estudis previs (Sánchez-Sánchez et al., 2019): i) distància total (DREL; m·min⁻¹), ii) distància a esprint (DE; > 19.8, m·min⁻¹), iii) distància a alta velocitat (DAV; 14.4-19.8 km·h⁻¹, m·min⁻¹), iv) distància a mitja velocitat (DMV; 7-14.4 km·h⁻¹, m·min⁻¹), v) distància a baixa velocitat (DBV; 0-7 km·h⁻¹, m·min⁻¹) i vi) nombre d'acceleracions (ACC; > 3.0 m·s⁻², n/10·min⁻¹). La càrrega externa de cada variable analitzada correspon al valor mitjà de les sessions de la mateixa orientació que configuraven cadascun dels set microcicles analitzats. El valor d'ACC es va expressar en base 10 per a una millor expressió del resultat.

Anàlisi estadística

Les dades es van presentar com a mitjana ± desviació estàndard. La normalitat de les dades es va verificar amb la prova Shapiro-Wilk ($p > .05$). Per determinar les diferències en la càrrega externa, tenint en compte la localització del partit i el rol del jugador durant la competició, es va utilitzar la prova *t* de Student per a mostres independents. Es van considerar diferències significatives quan $p < .05$. Addicionalment, es va valorar la mida d'efecte (ME) a través de la prova *d* de Cohen (Cohen, 1988). Per a la interpretació del valor *d* es va utilitzar l'escala: trivial < 0.2, baix = 0.2-0.5, moderat = 0.5 - 0.8 i alt > .8 (Hopkins et al., 2009). Es va utilitzar el paquet estadístic per a ciències socials (SPSS, versió 25.0, SPSS, Inc., Chicago, IL, EUA).

Taula 2

Valors de la càrrega externa (mitjana $\pm$ DE) a cada sessió d'entrenament, tenint en compte el rol assumit pel jugador durant la competició.

Variable	DP+1		DP-4		DP-3		DP-2		DP-1	
	Titular	Suplent	Titular	Suplent	Titular	Suplent	Titular	Suplent	Titular	Suplent
DREL (m·min ⁻¹)	74.42 $\pm$ 12.97	77.19 $\pm$ 14.56	75.50 $\pm$ 13.85	76.62 $\pm$ 15.05	74.06 $\pm$ 14.13	73.89 $\pm$ 17.87	70.40 $\pm$ 6.78	70.42 $\pm$ 7.29	49.95 $\pm$ 4.00**	46.85 $\pm$ 4.60
DE (m·min ⁻¹)	0.64 $\pm$ 0.95**	1.28 $\pm$ 1.08	1.03 $\pm$ 0.66	0.95 $\pm$ 0.67	2.29 $\pm$ 1.65	2.09 $\pm$ 1.72	2.41 $\pm$ 1.04	2.67 $\pm$ 1.25	0.50 $\pm$ 0.40*	0.22 $\pm$ 0.24
DAV (m·min ⁻¹)	1.36 $\pm$ 1.98**	2.80 $\pm$ 2.24	8.97 $\pm$ 7.91	9.50 $\pm$ 10.88	7.73 $\pm$ 3.94	7.71 $\pm$ 5.72	6.90 $\pm$ 2.03	6.71 $\pm$ 1.97	1.91 $\pm$ 1.13**	1.23 $\pm$ 0.85
DMV (m·min ⁻¹)	46.06 $\pm$ 11.43	43.25 $\pm$ 11.53	32.43 $\pm$ 8.78	33.27 $\pm$ 7.55	31.34 $\pm$ 9.37	32.05 $\pm$ 13.06	28.60 $\pm$ 5.58	28.22 $\pm$ 5.58	17.37 $\pm$ 1.82	16.54 $\pm$ 2.21
DBV (m·min ⁻¹)	25.22 $\pm$ 5.01	28.15 $\pm$ 5.09	32.03 $\pm$ 2.89	31.75 $\pm$ 3.08	31.61 $\pm$ 3.28	31.00 $\pm$ 3.56	31.47 $\pm$ 2.94	31.75 $\pm$ 2.84	28.76 $\pm$ 2.50	27.43 $\pm$ 2.74
ACC (n/10·min ⁻¹)	3.87 $\pm$ 4.22**	7.53 $\pm$ 4.93	9.94 $\pm$ 2.44	10.33 $\pm$ 2.70	9.87 $\pm$ 6.45	9.26 $\pm$ 2.06	8.80 $\pm$ 1.57	9.01 $\pm$ 1.76	6.03 $\pm$ 2.11	6.00 $\pm$ 1.95

DP+1: primer entrenament del microcicle; DP-4: segon entrenament del microcicle; DP-3: tercer entrenament del microcicle; DP-2: quart entrenament del microcicle; DP-1: últim entrenament del microcicle; DREL: distància total; DE: distància a esprint (> 19.8 km·h⁻¹); DAV: distància a alta velocitat (14.4-19.8 km·h⁻¹); DMV: distància a mitja velocitat (7-14.4 km·h⁻¹); DBV: distància a baixa velocitat (0-7 km·h⁻¹); ACC: nombre d'acceleracions (> 3.0 m·s⁻²). * Indica diferència titular vs. suplent, * $p < .05$ i ** $p < .01$.

Taula 3

Valors de càrrega externa (mitjana $\pm$ DE) a cada sessió d'entrenament tenint en compte la localització del partit.

Variable	DP+1		DP-4		DP-3		DP-2		DP-1	
	Local	Visitant	Local	Visitant	Local	Visitant	Local	Visitant	Local	Visitant
DREL (m/min)	74.74 $\pm$ 16.56	76.87 $\pm$ 8.58	79.60 $\pm$ 17.24**	71.20 $\pm$ 6.82	79.63 $\pm$ 17.43*	66.46 $\pm$ 9.12	72.70 $\pm$ 7.74**	67.41 $\pm$ 4.33	48.51 $\pm$ 4.56	48.57 $\pm$ 4.53
DE (m/min)	0.91 $\pm$ 1.06	0.95 $\pm$ 1.07	1.25 $\pm$ 0.71**	0.66 $\pm$ 0.40	2.62 $\pm$ 1.97**	1.65 $\pm$ 0.95	2.41 $\pm$ 1.16	2.67 $\pm$ 1.10	0.37 $\pm$ 0.37	0.38 $\pm$ 0.37
DAV (m/min)	1.88 $\pm$ 2.12	2.16 $\pm$ 2.33	12.58 $\pm$ 11.13**	4.70 $\pm$ 1.57	9.51 $\pm$ 5.50**	5.33 $\pm$ 1.86	7.13 $\pm$ 2.17	6.41 $\pm$ 1.68	2.11 $\pm$ 0.96	2.90 $\pm$ 0.95
DMV (m/min)	44.81 $\pm$ 12.73	44.83 $\pm$ 9.77	33.28 $\pm$ 9.86	32.17 $\pm$ 5.39	35.35 $\pm$ 12.56**	26.74 $\pm$ 6.10	29.65 $\pm$ 6.26**	26.83 $\pm$ 3.99	17.42 $\pm$ 1.97	17.45 $\pm$ 1.97
DBV (m/min)	25.93 $\pm$ 5.15	27.31 $\pm$ 5.29	31.39 $\pm$ 3.11	32.59 $\pm$ 2.63	31.19 $\pm$ 4.03	31.54 $\pm$ 2.36	32.37 $\pm$ 2.99**	30.57 $\pm$ 2.42	28.61 $\pm$ 2.61	28.63 $\pm$ 2.60
ACC (n/10·min ⁻¹)	5.33 $\pm$ 4.67	5.26 $\pm$ 5.18	10.08 $\pm$ 2.34	10.15 $\pm$ 2.83	9.20 $\pm$ 6.54	9.57 $\pm$ 2.06	8.81 $\pm$ 2.07	8.83 $\pm$ 1.47	6.02 $\pm$ 2.05	6.02 $\pm$ 2.03

DP+1: primer entrenament del microcicle; DP-4: segon entrenament del microcicle; DP-3: tercer entrenament del microcicle; DP-2: quart entrenament del microcicle; DP-1: últim entrenament del microcicle; DREL: distància total; DE: distància a esprint (> 19.8 km·h⁻¹); DAV: distància a alta velocitat (14.4-19.8 km·h⁻¹); DMV: distància a mitja velocitat (7-14.4 km·h⁻¹); DBV: distància a baixa velocitat (0-7 km·h⁻¹); ACC: nombre d'acceleracions (> 3.0 m·s⁻²). * Indica diferència local vs. visitant, * $p < .05$ i ** $p < .01$.

Resultats

A la Taula 2 s'observa que a la sessió DP+1 les demandes de DE ($d = 0.63$), DAV ($d = 0.69$) i ACC ($d = 0.68$) van ser significativament menors ($p < .001$, $p < .000$, $p < .002$ i $p < .000$, respectivament) per als jugadors titulars que per als suplents. Els resultats no van mostrar diferències significatives en la càrrega externa obtinguda entre els jugadors titulars i els suplents a les sessions centrals del microcicle (*i.e.*, DP-4, DP-3 i DP-2). Tot i així, els valors trobats en DP-1 van indicar que la càrrega externa per als jugadors titulars era significativament més gran que per als suplents (DREL: $p < .01$, $d = -0.73$; DE: $p < .05$, $d = -0.83$; DAV: $p < .01$, $d = -0.51$).

Tenint en compte la localització del partit (Taula 3), en DP-4 els valors de DREL ($d = -0.61$), DE ($d = -0.99$) i DAV ($d = -0.93$) van ser significativament més alts ($p < .001$, $p < .000$ i $p < .000$) quan l'equip es va preparar per jugar com a local que quan va participar com a visitant. En DP-3, els resultats van mostrar que DREL ($d = -0.91$), DE ($d = -0.6$) i DAV ($d = -0.96$) eren significativament més alts ($p < .000$, $p < .001$ i $p < .000$, respectivament) quan l'equip participava com a local que quan ho feia com a visitant. En la mateixa línia, els valors de DREL ($d = -0.81$), DMV ($d = -0.52$) i DBV ($d = -0.65$) obtinguts en DP-2 van ser significativament més alts ($p < .000$, $p < .005$ i $p < .000$, respectivament) quan l'equip actuava com a local respecte de la seva condició com a visitant.

Discussió

L'objectiu principal del nostre estudi va ser comparar la càrrega externa de les sessions d'un microcicle d'entrenament en un equip de futbol semiprofessional, tenint en compte el rol del jugador durant la competició i la localització del partit. Fins on arriba el nostre coneixement, la majoria d'estudis han analitzat la càrrega d'entrenament setmanal en funció de variables contextuais, però no gaires han investigat l'efecte d'aquests factors sobre les sessions del microcicle. Els resultats més destacats del nostre estudi van indicar una càrrega externa més gran a la sessió DP+1 per als jugadors suplents i a la sessió DP-1 per als titulars. D'altra banda, la càrrega d'entrenament a les sessions DP-4, DP-3 i DP-2 va ser més gran quan l'equip jugava com a local que quan ho feia com a visitant.

No hi va haver diferències de càrrega externa de les sessions centrals del microcicle (*i.e.*, DP-4, DP-3 i DP-2) entre jugadors titulars i suplents. Estudis previs van obtenir resultats similars en l'anàlisi de la càrrega d'entrenament setmanal en funció del rol del jugador a la competició (Curtis et al., 2020). A causa de la proximitat entre competicions, durant les setmanes d'entrenament habitual (*i.e.*, 5-7 dies

entre partits), els entrenadors solen concentrar els dies de càrrega a la part central del microcicle (Rago et al., 2019). Això possibilita que tant jugadors titulars com suplents rebin un estímul d'entrenament suficient per mantenir l'estat de forma, sense perjudicar la preparació per a la competició immediata (Martín-García et al., 2018). Tot i que l'estat de forma del jugador depengui en gran part de l'entrenament realitzat durant la setmana, la càrrega de competició també influeix en la preparació del futbolista (Morgans et al., 2018). A partir d'aquest resultat, s'ha observat que els jugadors suplents, que en ocasions només reben un 20 % de l'estímul de partit al llarg de l'any, poden tenir una aptitud aeròbica menys desenvolupada que els titulars (Curtis et al., 2020). Per tant, en aquests futbolistes la càrrega de les sessions centrals del microcicle s'ha de complementar amb entrenaments que compensin la falta de competició (Anderson et al., 2016). En la majoria de les ocasions, la sessió posterior al partit (*i.e.*, DP+1) s'utilitza per simular la càrrega de competició en els jugadors que han disputat menys minuts (Martín-García et al., 2018).

Els nostres resultats van mostrar valors de càrrega més alts per als jugadors suplents en DP+1 (*i.e.*, DE, DAV i ACC) i per als titulars en DP-1 (*i.e.*, DREL, DE i DAV). Les diferències trobades en DP+1 concorden amb els resultats d'estudis previs (Martín-García et al., 2018). En aquestes sessions, la càrrega d'entrenament es diversifica per atendre les necessitats dels futbolistes en funció del rol assignat en competició. En concret, les diferències trobades en la càrrega a la sessió DP+1 es deuen al fet que els jugadors titulars feien un entrenament de recuperació basat en càrrega aeròbica, mentre que els suplents desenvolupaven tasques per compensar la falta d'activitat competitiva (Stevens et al., 2017). Admetent que és difícil que un entrenament repliqui les demandes del partit (Sánchez-Sánchez et al., 2019), la sessió DP+1 sol incloure una elevada demanda neuromuscular i dèficits en l'alta velocitat (Martín-García et al., 2018), ja que normalment impliquen pocs jugadors i espais reduïts (Owen et al., 2011). Tot i així, pel fet que l'alta velocitat és una habilitat cada cop més relacionada amb l'èxit en el futbol (Faude et al., 2012) i la prevenció de lesions en la musculatura isquiosural (Malone et al., 2018), els entrenadors han d'incloure activitats que fomentin aquest tipus d'accions en jugadors suplents durant la sessió DP+1.

En l'anàlisi de la càrrega externa de les sessions en funció de la localització del partit, les sessions DP-4, DP-3 i DP-2 van tenir, en general, valors de càrrega més alts quan l'equip jugava com a local. Els nostres resultats coincideixen amb els d'altres treballs duts a terme amb futbolistes juvenils d'alt nivell (Brito et al., 2016). És possible que la càrrega neuromuscular sigui més baixa

en els microcicles que serveixen per preparar els partits amb l'equip com a visitant, per compensar la fatiga que acompanya aquestes setmanes, provocada pels viatges i les alteracions en la rutina del son (Rago et al., 2019). Per fer front a aquesta circumstància, els entrenadors regulen la càrrega de les sessions i els jugadors adapten el ritme d'entrenament setmanal per mantenir la fatiga dins d'uns límits assumibles que els permetin competir amb garanties el cap de setmana (Brito et al., 2016).

Els estudis que han investigat l'efecte de les variables contextuais relacionades amb la càrrega d'entrenament en futbol haurien d'utilitzar un període d'entrenament complet, equips diferents i diverses temporades d'anàlisi (Rago et al., 2019). Tot i així, el nostre estudi s'ha dut a terme en un moment concret de la temporada, utilitzant una mostra reduïda de jugadors de nivell semiprofessional. A més, i tenint en compte que els futbolistes poden respondre de manera diferent a la càrrega d'entrenament (Brito et al., 2016), el procés de control de la càrrega s'hauria de dur a terme segons les característiques individuals de cada jugador. Per aquest motiu, sembla recomanable utilitzar llindars individuals de velocitat per monitorar la càrrega externa (Abt i Lovell, 2009). En el nostre estudi, però, els rangs de velocitat es van estudiar a partir de referències generals.

Conclusió

Els resultats més destacats del nostre estudi van indicar una càrrega externa més alta a la sessió DP+1 per als jugadors suplents i a la sessió DP-1 per als titulars, sense diferències per a aquest rol de jugador a la resta de sessions. Els nostres resultats són rellevants per als processos de programació de l'entrenament i les estratègies de recuperació dels futbolistes que participen en un esport amb un període de competició amb alta densitat de partits. Per aquesta raó, quan els entrenadors programen les sessions, han de tenir en compte la interacció entre les variables analitzades en aquest estudi i d'altres incloses en estudis previs per conèixer la resposta del jugador a l'estímul d'entrenament. En un esport d'alta complexitat, la càrrega d'entrenament s'ha d'ajustar a totes les dimensions que poden afectar el procés d'adaptació dins d'un període perllongat i amb alta densitat de competicions.

Referències

Abt, G., & Lovell, R. (2009). The use of individualized speed and intensity thresholds for determining the distance run at high-intensity in professional soccer. *Journal of Sports Sciences*, 27(9), 893-898. <https://doi.org/10.1080/02640410902998239>

- Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: Current practice and perceptions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 587-593. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0331>
- Anderson, L., Orme, P., Di Michele, R., Close, G. L., Milsom, J., Morgans, R., Drust B. & Morton, J. P. (2016). Quantification of seasonal-long physical load in soccer players with different starting status from the English premier league: Implications for maintaining squad physical fitness. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(8), 1038-1046. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0672>
- Brito, J., Hertzog, M., & Nassis, G. P. (2016). Do match-related contextual variables influence training load in highly trained soccer players? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 393-399. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001113>
- Buchheit, M., Haddad, H. Al, Simpson, B. M., Palazzi, D., Bourdon, P. C., Salvo, V. Di, & Méndez-Villanueva, A. (2014). Monitoring accelerations with gps in football: Time to slow down. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 442-445. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2013-0187>
- Buchheit, M., & Simpson, B. M. (2017). Player-Tracking Technology : Half-Full or Half-Empty Glass ? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12, S235-S241.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Lawrence Earlbaum Associates.
- Curtis, R. M., Huggins, R. A., Benjamin, C. L., Sekiguchi, Y., Adams, W. M., Arent, S. M., Jain, R., Miller, S. J., Walker, A. J. & Casa, D.J. (2020). Contextual Factors Influencing External and Internal Training Loads in Collegiate Men's Soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(2), 374-381. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003361>
- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 625-631. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.665940>
- Fernandes-da-Silva, J., Castagna, C., Teixeira, A. S., Carminatti, L. J., & Guglielmo, L. G. A. (2016). The peak velocity derived from the Carminatti Test is related to physical match performance in young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2238-2245. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1209307>
- FIFA. (2015). Approval of electronic performance and tracking system (EPTS) devices. Federation Internationale de Football Association, Circular 1494.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P. & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109-115. <https://doi.org/10.1519/00124278-200102000-00019>
- Hopkins, W.G.; Marshall, S.W.; Batterham, A.M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Sciences and Sports Exercises* 41(1), 3-13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Jaspers, A., Brink, M. S., Probst, S. G. M., Frencken, W. G. P., & Helsen, W. F. (2017). Relationships Between Training Load Indicators and Training Outcomes in Professional Soccer. *Sports Medicine*, 47(3), 533-544. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0591-0>
- Malone, J. J., Michele, R. Di, Morgans, R., Burgess, D., Morton, J. P., & Drust, B. (2015). Seasonal Training-Load Quantification in Elite English Premier League Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 10, 489-497. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0352>
- Malone, S., Owen, A., Mendes, B., Hughes, B., Collins, K., & Gabbett, T. J. (2018). High-speed running and sprinting as an injury risk factor in soccer: Can well-developed physical qualities reduce the risk? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(3), 257-262. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.05.016>
- Martín-García, A., Gómez Díaz, A., Bradley, P. S., Morera, F., & Casamichana, D. (2018). Quantification of a Professional Football Team's External Load Using a Microcycle Structure. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(12), 3511-3518. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002816>

- Morgans, R., Di Michele, R., & Drust, B. (2018). Soccer Match Play as an Important Component of the Power-Training Stimulus in Premier League Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(5), 665-667. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2016-0412>
- Owen, A. L., Lago-Peña, C., Mendes, B., & Dellal, A. (2017). Analysis of a training mesocycle and positional quantification in elite European soccer players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 12(5), 665-676. <https://doi.org/10.1177/1747954117727851>
- Owen, A. L., Wong, D. P., McKenna, M., & Dellal, A. (2011). Heart rate responses and technical comparison between small- vs. large-sided games in elite professional soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(8), 2104-2110. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181f0a8a3>
- Paul, D. J., Bradley, P. S., & Nassis, G. P. (2015). Factors affecting match running performance of elite soccer players: shedding some light on the complexity. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(4), 516-519. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2015-0029>
- Rago, V., Rebelo, A., Krstrup, P., & Mohr, M. (2019). Contextual Variables and Training Load Throughout a Competitive Period in a Top-Level Male Soccer Team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 1-7. <https://doi.org/10.1519/jsc.00000000000003258>
- Sánchez, M., Hernández, D., Carretero, M., & Sánchez-Sánchez, J. (2019). Level of Opposition on Physical Performance and Technical-Tactical Behaviour of Young Football Players. *Apunts Educación Física y Deportes*, 137, 71-84. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/3\).137.06](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/3).137.06)
- Sánchez-Sánchez, J., Hernández, D., Martín, V., Sánchez, M., Casamichana, D., Rodríguez-Fernández, A., Ramírez-Campillo, R., & Nakamura, F. Y. (2019). Assessment of the external load of amateur soccer players during four consecutive training microcycles in relation to the external load during official match. *Motriz. Revista de Educação Física*, 24(1), e101938. <https://doi.org/10.1590/s1980-65742019000010014>
- Stevens, T. G. A., de Ruiter, C. J., Twisk, J. W. R., Savelsbergh, G. J. P., & Beek, P. J. (2017). Quantification of in-season training load relative to match load in professional Dutch Eredivisie football players. *Science and Medicine in Football*, 1(2), 117-125. <https://doi.org/10.1080/24733938.2017.1282163>
- Wallace, L. K., Slattery, K. M., & Coutts, A. J. (2014). A comparison of methods for quantifying training load: relationships between modelled and actual training responses. *European Journal of Applied Physiology*, 114(1), 11-20. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2745-1>
- Wrigley, R., Drust, B., Stratton, G., Scott, M., & Gregson, W. (2012). Quantification of the typical weekly in-season training load in elite junior soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 30(15), 1573-1580. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.709265>

Conflicte d'interessos: les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Aquest article està disponible a la url <https://www.revista-apunts.com/ca/>. Aquest treball està publicat sota una llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Les imatges o qualsevol altre material de tercers d'aquest article estan incloses a la llicència Creative Commons de l'article, tret que s'indiqui el contrari a la línia de crèdit; si el material no s'inclou sota la llicència Creative Commons, els usuaris hauran d'obtenir el permís del titular de la llicència per reproduir el material. Per veure una còpia d'aquesta llicència, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>



Entrenament preventiu de les lesions del lligament encreuat anterior en jugadores d'handbol: una revisió sistemàtica

Maria Cadens^{1*} , Antoni Planas¹ , Sergi Matas¹  i Xavier Peirau¹ 

¹ Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya



Citació

Cadens, M., Planas, A., Matas, S. & Peirau, X. (2021). Preventive Training of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Handball Players: a Systematic Review. *Apunts Educación Física y Deportes*, 146, 68-77. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/4\).146.08](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/4).146.08)

Editat per:

© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

*Correspondència:

Maria Cadens Roca*
mcadens@gencat.cat

Secció:

Preparació física

Idioma de l'original:

Català

Rebut:

12 de gener de 2021

Acceptat:

29 d'abril de 2021

Publicat:

1 d'octubre de 2021

Coberta:

Jocs Olímpics de Tòquio 2020 –
Taekwondo: Pes mosca femení
49 kg. Combat per la medalla
d'or. Adriana Cerezo Iglesias
(Espanya) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailàndia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japó) 24.07.2021.
REUTERS / Murad Sezer

Resum

L'handbol és un esport que requereix la repetició de moviments i accions d'alta intensitat, com aterratges amb una cama i accions d'u contra u, que afavoreixen el mecanisme lesiu del lligament encreuat anterior. L'entrenament preventiu pot modificar els factors de risc neuromusculars associats al risc de patir aquesta lesió en esportistes femenines. Determinar-ne les característiques (durada, freqüència, tipus d'exercici...) i els components (força, pliomètria, equilibri...) és fonamental a l'hora de dissenyar un entrenament que sigui específic i individualitzat per a la jugadora. Els objectius d'aquest treball van ser identificar i categoritzar els components comuns dels programes d'entrenament preventiu de la lesió del lligament encreuat anterior en jugadores d'handbol i descriure i classificar els exercicis que formen cada categoria. Es va realitzar una revisió sistemàtica seguint les directrius de la declaració PRISMA a les bases de dades Web of Science, Sport Discus, PubMed, Scopus, Cochrane i ScienceDirect. Els criteris d'inclusió van ser: (a) les participants eren jugadores d'handbol de qualsevol edat i de sexe femení, (b) hi havia una intervenció amb un entrenament preventiu, i (c) s'informava de la incidència lesiva amb el nombre de lesions de LEA. S'hi van incloure sis estudis i se'n va avaluar la qualitat metodològica mitjançant l'eina ROB 2.0. Els resultats indiquen que la majoria d'intervencions incloïen més d'un component d'entrenament amb una durada mitjana de 15 minuts i que els exercicis que més variaven entre els diferents programes van ser els de pliomètria.

Paraules clau: entrenament, handbol femení, lligament encreuant anterior, prevenció.

Introducció

L'handbol és un dels esports amb més nombre de lesions per no contacte del lligament encreuat anterior (LEA) (De Loës et al., 2000; Myklebust et al., 1997). En el 90 % dels casos, la lesió està relacionada amb un canvi de direcció o amb un aterratge amb una sola extremitat inferior després d'un salt (Olsen et al., 2004; Takahashi et al., 2019). Aquests tipus d'accions afavoreixen la posició de valg del genoll en flexió i rotació interna de la tibia respecte al fèmur, que és el principal mecanisme lesiu del LEA (Koga, H., 2010). És una de les lesions de més gravetat, tant pel temps prolongat per tornar a la competició com per les conseqüències a llarg termini (Lai et al., 2018).

La taxa de lesions del LEA en jugadores d'handbol és de 0.7-2.8 lesions per cada 1000 hores d'exposició (Myklebust et al., 1998), amb una incidència de dues a cinc vegades més gran que en els seus homòlegs masculins (Montalvo et al., 2019). Aquesta diferència també s'observa entre els 12 i 16 anys i és durant l'adolescència quan la jugadora és més susceptible de patir aquesta lesió (LaBella et al., 2014; Reckling et al., 2003).

Els factors de risc anatòmics i hormonals que són intrínsecs i no modificables i, a més, els factors de risc modificables associats al control neuromuscular són les contribucions etiològiques més importants de la lesió del LEA en esportistes femenines (Griffin et al., 2006; Shultz et al., 2015). Com que l'origen de la lesió és multifactorial, la primera estratègia en la prevenció ha de ser identificar-ne els factors de risc modificables (Fort-Vanmeerhaeghe i Romero, 2013).

Les esportistes solen mostrar menys flexió del genoll i maluc (Bencke et al., 2018) i un augment del valg de genoll (Hewett et al., 2005) en les accions d'aterratge i canvi de direcció. El dèficit de força relativa en extremitats inferiors, sobretot en els isquiosurals (DiStefano et al., 2015), i una activació més baixa d'aquests en relació amb els quàdriceps en aquest tipus d'accions afavoreixen les forces de tracció anterior de la tibia i, com a conseqüència, generen més tensió al LEA (Ahmad et al., 2006).

L'entrenament preventiu aconsella tenir en compte els factors de risc descrits (Gómez et al., 2019), incidint principalment en els patrons de moviment biomecànics anormals i les alteracions neuromusculars, adaptant-se als principis de l'entrenament (Fort-Vanmeerhaeghe i Romero, 2013; Taylor et al., 2015). En esportistes femenines que segueixen entrenaments preventius multifactorials i de caràcter general es demostra una reducció del risc de lesió del LEA (Myer et al., 2013; Petushek et al., 2019; Soomro et al., 2016; Sugimoto et al., 2016).

Els objectius d'aquesta revisió van ser identificar i categoritzar els components comuns dels programes d'entrenament preventiu de la lesió del LEA en jugadores

d'handbol i descriure i classificar els exercicis que formen cada categoria.

Metodologia

L'estudi va seguir les directrius de la declaració PRISMA per a revisions sistemàtiques amb la finalitat d'assegurar una estructura i desenvolupament adequats (Urrutia i Bonfill, 2010).

Es va realitzar una cerca bibliogràfica a les bases de dades Web of Science (WOS), Sport Discus, PubMed, Scopus, Cochrane i ScienceDirect combinant les següents paraules clau: "female" o "woman" o "girl", "handball", "exercise" o "training" o "prevention" o "intervention" i "ACL injury" o "anterior cruciate ligament injury" o "lower limb injury" o "knee injury" (Taula 1). Es van considerar tots els articles científics publicats en català, castellà i anglès, aplicant-hi els següents criteris d'inclusió: (a) les participants eren jugadores d'handbol de qualsevol edat i de sexe femení, (b) hi havia una intervenció amb un entrenament preventiu, i (c) s'informava de la incidència lesiva amb el nombre de lesions de LEA. Es van excloure els articles dels quals no s'obtingués el text complet o fossin revisions.

Per dur a terme l'extracció de dades es va registrar el país on es va realitzar l'estudi, l'edat de les participants, la mostra analitzada, la freqüència de sessions setmanals i la durada de les sessions. També es va registrar la descripció de tots els exercicis que es realitzaven en cada un dels entrenaments preventius dels estudis i es van classificar en cinc categories:

- 1) Agilitat: exercicis que es destinaven a promoure la capacitat de canviar de direcció o velocitat del cos sencer en resposta a un estímul (Sheppard i Young, 2006).
- 2) Carrera: exercicis que es destinaven al desenvolupament del patró motor locomotor basat en el moviment i la tècnica (Jeffreys, I., 2019).
- 3) Equilibri: exercicis que implicaven mantenir una posició monopodal o bipodal específicament dissenyats per desafiar l'estabilitat i millorar la consciència propioceptiva (Crossley et al., 2020).
- 4) Força: exercicis que s'utilitzaven per millorar la capacitat muscular mitjançant la utilització del pes corporal propi, pes lliure, gomes elàstiques o màquines lliures (Crossley et al., 2020).
- 5) Pliometria: exercicis que incloïen moviments dinàmics potents, com saltar, aterrar o fer rebots (Crossley et al., 2020). Els exercicis de pliometria es van classificar en tres nivells, tenint en compte la intensitat (augment de la velocitat horitzontal o de l'altura vertical) i la complexitat del moviment.

Cada exercici només es podia classificar en una categoria, però un programa d'entrenament podia estar format per una categoria o més.

Taula 1

Estratègia i clau de cerca.

Base de dades	Equació
Web of Science (WOS)	#1 TS = (female* OR women OR girl*) #2 TS = (handball) #3 TS = (exercis* OR training OR prevent* OR intervention) #5 TS = (ACL injur* OR anterior cruciate ligament injur* OR lower limb injur* OR knee injur*) #1 AND #2 AND #3 AND #5
Sport Discus	(female* OR women OR girl*) AND handball AND (exercis* OR training OR prevent* OR intervention) AND (ACL injur* OR anterior cruciate ligament injur* OR lower limb injur* OR knee injur*)
PubMed	(((((female*[Title/Abstract] OR women[Title/Abstract] OR girl*[Title/Abstract]) AND (handball[Title/Abstract])) AND (exercis*[Title/Abstract] OR training[Title/Abstract] OR prevent*[Title/Abstract] OR intervention[Title/Abstract])) AND (ACL injur*[Title/Abstract] OR anterior cruciate ligament injur*[Title/Abstract] OR lower limb injur*[Title/Abstract] OR knee injur*[Title/Abstract]))
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (female* OR women OR girl*) AND TITLE-ABS-KEY (handball) AND TITLE-ABS-KEY (exercis* OR training OR prevent* OR intervention) AND TITLE-ABS-KEY (acl AND injur* OR anterior AND cruciate AND ligament AND injur* OR lower AND limb AND injur* OR knee AND injur*))
Cochrane	(female* OR women OR girl*) in Title Abstract Keyword AND handball in Title Abstract Keyword AND (exercis* OR training OR prevent* OR intervention) in Title Abstract Keyword AND (ACL injur* OR anterior cruciate ligament injur* OR lower limb injur* OR knee injur*) in Title Abstract Keyword
ScienceDirect	(females OR women OR girls) AND (ACL injury OR anterior cruciate ligament injury) AND (exercise OR training OR prevention) AND handball

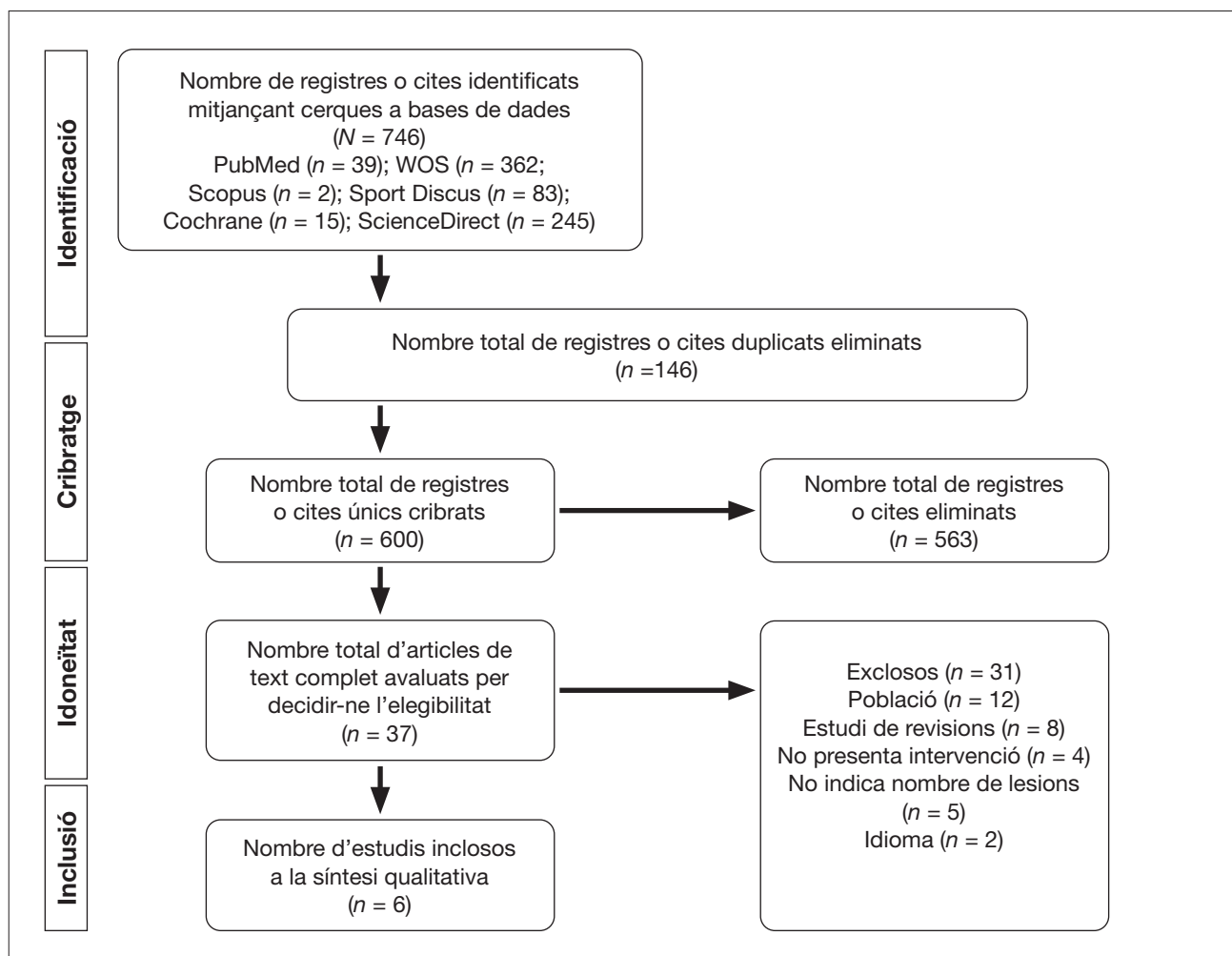
**Figura 1**

Diagrama de flux del procés de selecció bibliogràfica.

Taula 2

Puntuacions dels estudis revisats amb l'eina ROB 2.0.

Estudi	D1	D2	D3	D4	D5	General
Achenbach et al. (2018)	+	+	+	+	+	+
Myklebust et al. (2003)	-	+	+	+	+	-
Olsen et al. (2005)	+	+	+	+	+	+
Petersen et al. (2005)	-	+	+	+	+	-
Wedderkopp et al. (1999)	+	+	+	+	+	+
Zebis et al. (2016)	+	+	+	+	+	+

Nota. D1 = procés d'aleatorització; D2 = desviacions de les intervencions previstes; D3 = dades de resultats; D4 = mesura del resultat; D5 = notificació dels resultats.

Avaluació de risc de biaix

Dos revisors (MC i SM) van avaluar independentment la qualitat metodològica dels articles inclosos mitjançant l'eina ROB 2.0, que consta de cinc dominis i un criteri general. Els cinc dominis són: (a) biaix derivat del procés d'aleatorització, (b) biaix degut a desviacions de les intervencions previstes, (c) biaix per falta de dades en els resultats, (d) biaix en la mesura del resultat i (e) biaix en la notificació dels resultats (Sterne et al., 2019).

Resultats

Selecció dels estudis

La recopilació inicial d'articles per a aquesta revisió va ser de 746 documents originals. Després de descartar-ne els duplicats ($n = 146$), fer el cribratge per títol i resum ($n = 563$) i aplicar els criteris d'inclusió ($n = 31$) (Figura 1), es van incloure tres estudis que no complien completament amb els criteris d'inclusió (els participats eren homes i dones, i la mostra practicava handbol i futbol), ja que s'ajustaven a l'objectiu de la revisió. Finalment, sis estudis van ser inclosos per fer l'anàlisi (Urrutia i Bonfill, 2010).

La qualitat metodològica global dels sis estudis inclosos es resumeix a la Taula 2.

Per facilitar-ne la comprensió, es van agrupar els resultats de les dades extretes en funció de les característiques de la població analitzada (país, edat i mostra) i en funció dels components, la durada i els exercicis dels programes d'entrenament.

Característiques dels estudis

En la majoria dels estudis inclosos ($4/6 = 66\%$) les participants van ser jugadores d'handbol adolescents (menors de 18 anys). En l'estudi de Zebis et al. (2016) les participants podien practicar handbol o futbol i en els estudis d'Achenbach et al. (2018) i Olsen et al. (2005) es van incloure participants tant del sexe femení com del masculí (Taula 3).

En l'estudi de Zebis et al. (2016) es va utilitzar el mateix programa d'entrenament que en l'estudi d'Olsen et al. (2005). En l'estudi de Wedderkopp et al. (1999) no s'indicaven els exercicis que es van utilitzar en el programa d'entrenament.

Components dels programes d'entrenament

L'equilibri estava inclòs en tots els programes d'entrenament, seguit de la pliometria ($5/6 = 83\%$), mentre que l'agilitat i la força es treballaven en la meitat dels estudis analitzats ($3/6 = 50\%$). La combinació de diferents components en l'entrenament preventiu era el més comú en els estudis analitzats ($5/6 = 83\%$). Només Wedderkopp et al. (1999) utilitzaven l'equilibri com a únic component del programa (Taula 3).

Durada dels programes d'entrenament

La durada dels entrenaments variava entre 10 i 20 minuts (Taula 3). Si un programa exposava un interval de temps, es va registrar el valor màxim del rang. La majoria dels programes analitzats tenien una durada de 15 minuts ($4/6 = 66\%$).

Taula 3*Característiques de l'estudi.*

Estudi	Població			Freqüència ^a	Durada (min)	Nombre d'exercicis	Components				
	País	Edat (anys)	Mostra analitzada				C	E	F	A	P
Achenbach et al. (2018)	Alemanya	Gl: 14,9 ± 0,9 ^b GC: 15,1 ± 1,0 ^b	N = 174 Gl: n = 98 GC: n = 76	PRE: 2/3 TEMP: 1	15	5	X	✓	✓	X	✓
Myklebust et al. (2003)	Noruega	21 - 22	Temporada 1: n = 855 (58 equips) Temporada 2: n = 850 (52 equips)	PRE: 3 TEMP: 1	15	3	X	✓	X	✓	✓
Olsen et al. (2005)	Noruega	Gl: 16,3 ± 0,6 ^b GC: 16,2 ± 0,6 ^b	N = 1586 Gl: n = 808 GC: n = 778	PRE: 3 TEMP: 1	15 - 20	4	✓	✓	✓	✓	✓
Petersen et al. (2005)	Alemanya	Gl: 19,8 GC: 19,4	N = 276 Gl: n = 134 (10 equips) GC: n = 142 (10 equips)	PRE: 3 TEMP: 1	10	4	X	✓	X	X	✓
Wedderkopp et al. (1999)	Dinamarca	16 - 18	N = 237 Gl: n = 111 GC: n = 126	TEMP: totes	10 - 15	3	X	✓	X	X	X
Zebis et al. (2016)	Dinamarca	Gl: 15,9 ± 0,4 ^c GC: 15,6 ± 0,5 ^c	N = 40 Gl: n = 20 GC: n = 20	PRE: 3 (12 setmanes)	15	3	✓	✓	✓	✓	✓

Nota. C: carrera; E: equilibri; F: força; A: agilitat; P: pliometria; Gl: grup intervenció; GC: grup control; PRE: pretemporada; TEMP: temporada.

^aExpressat en sessions per setmana. ^bL'estudi inclou homes i dones. ^cL'estudi inclou futbol i handbol.

Taula 4*Exercicis dels programes d'entrenament.*

Carrera		Agilitat	Força
Córrer endavant ^{c, f}		Moviments de frenada i canvi de direcció (<i>plant and cut</i>) ^{c, f}	Nordic Hamstring ^{a, c, f}
Córrer d'esquena ^{c, f}		Córrer i frenar (<i>run and plant</i>) ^b	Esquat fins a 80° de flexió de genoll ^{c, f}
Córrer aixecant els genolls i puntades de taló ^{c, f}		Córrer i frenar (<i>run and plant</i>) amb pilota ^b	Planxa ^a
De costat lateralment creuant les cames (carioca) ^{c, f}			Planxa lateral ^a
De costat corrent amb els braços alçats (desfilada) ^{c, f}			
Córrer endavant amb rotacions de tronc ^{c, f}			
Córrer endavant amb parades intermitents ^{c, f}			
Velocitat de carrera ^{c, f}			
Equilibri		Pliometria	
Superfície estable	Unipodal, ulls tancats i pertorbació ^a	Aterratge estàtic	Aterratge amb dues cames després de salt amb una cama ^b
	Unipodal i ús de la pilota (llançament, passada-recepció o bot) ^d		Aterratge amb dues cames després de salt amb una cama i llançament ^{c, f}
	Bipodal ^b		Aterratge amb dues cames després de llançament des d'una caixa de 30-40 cm ^b
	Bipodal i esquat ^{b, c, f}		Aterratge amb una cama des d'una caixa de 30-40 cm ^b
Superfície inestable (màrfega, plat de Freeman, BOSU...)	Bipodal i pertorbació ^{b, c, d, f}	Aterratge controlat encadenant una acció posterior	Encadenar salts amb dues cames (endavant-endarrere, de costat a costat, gir 180°) ^{b, d}
	Bipodal i ús de la pilota (llançament, passada-recepció o bot) ^{b, c, d, f}		Encadenar salts amb dues cames amb pertorbació ^b
	Bipodal i ús de la pilota (recepció amb salt) ^b		Encadenar salts endavant d'una caixa a una màrfega i a la inversa ^d
	Unipodal i esquat ^{b, c, f}		Salt de terra a una màrfega amb llançament i encadenar salt de costat a costat ^d
	Unipodal i pertorbació ^{b, c, f}	Disminuir el temps de contacte amb el terra	Salt d'una caixa a una màrfega amb llançament i encadenar salt de costat a costat ^d
	Unipodal i ús de la pilota (llançament, passada-recepció o bot) ^{b, c, d, f}		Salt d'una caixa a una màrfega amb ulls tancats i encadenar salt de costat a costat ^d
	Unipodal, ús de la pilota (llançament, passada-recepció o bot) i pertorbació ^b		Salts laterals (patinador) ^a
	Unipodal, ús de la pilota (llançament, passada-recepció o bot) i ulls tancats ^{b, d}		Gambades frontals ^{a, c, f}
	Unipodal, ús de la pilota (llançament, passada-recepció o bot), ulls tancats i objectiu precisió ^d		Encadenar salts multidireccionals amb una cama ^a
			Encadenar salts endavant amb una cama ^{c, f}

^aAchenbach et al. (2018). ^bMyklebust et al. (2003). ^cOlsen et al. (2005). ^dPetersen et al. (2005). ^eWedderkopp et al. (1999).^fZebis et al. (2016).

Exercicis dels programes d'entrenament

Els programes d'entrenament incorporaven entre tres i cinc exercicis a cada sessió.

En els exercicis d'agilitat no s'especificava l'execució, però incorporaven moviments de frenada i canvis de direcció combinats amb accions de llançament.

Els exercicis de carrera formaven part de l'escalfament i estaven enfocats en el desenvolupament de la tècnica de desplaçament.

Els exercicis d'equilibri més utilitzats van ser sobre superfícies inestables (plat de Freeman, màrfega, BOSU...), amb recolzament unipodal o bipodal i amb l'ús de pilota, ja fos per fer accions de llançament, passada, recepció o bot (Taula 4).

Tots els exercicis d'equilibri seguien una progressió en l'execució: s'hi incorporaven diferents pertorbacions internes (extremitats de la jugadora en moviment) i externes (manipular una pilota per realitzar diferents accions tècniques relacionades amb el llançament o el desequilibri de la parella) i es reduïen les aferències sensitives per limitar la visió.

El Nordic Hamstring va ser l'únic exercici que coincidia en els programes d'entrenament que incloïen la força com a component.

Finalment, els exercicis classificats en pliometria eren els més variats, ja que incloïen salts en diferents plans i eixos, amb pertorbacions i aterratges, amb una i dues cames, i, a més a més, des de diferents alçades (Taula 4).

El temps de treball més comú per a cada exercici va ser de 30 segons.

Discussió

Cinc de les sis intervencions van incloure més d'un component d'entrenament (Achenbach et al., 2018; Myklebust et al., 2003; Olsen et al., 2005; Petersen et al., 2005; Zebis et al., 2016), mentre que un estudi tenia l'equilibri com a únic component (Wedderkopp et al., 1999).

També es va observar que la durada mitjana dels entrenaments era de 15 minuts, que incloïen entre tres i cinc exercicis per sessió i que els exercicis que variaven més entre els diferents programes van ser els de pliometria.

Components dels programes d'entrenament

La combinació més freqüent va ser l'entrenament d'equilibri amb el de pliometria (5/6 = 83 %), fet que no coincidia amb les revisions de Petushek et al. (2019), Yoo et al. (2010) o Taylor et al. (2015), que conclouen que l'entrenament de força combinat amb el de pliometria és la combinació més favorable per disminuir el risc de lesió del LEA en noies adolescents.

L'entrenament de la força ha estat poc representat en els estudis analitzats (3/6 = 50 %). Myer et al. (2004) i Lloyd i Oliver (2012) remarcaven la prioritat de desenvolupar aquesta capacitat en etapes de creixement, sobretot en noies, per compensar els canvis antropomètrics i hormonals que s'esdevenen durant el punt màxim de la velocitat de creixement (PHV). Segons Fort-Vanmeerhaeghe et al. (2016), l'objectiu és crear una estructura estable prèvia al treball pliomètric o més específic de l'esport, per disminuir els factors de risc neuromusculars descrits anteriorment, ja que, al contrari que en els nois, no s'han demostrat correlacions entre l'alçada, el pes i el rendiment neuromuscular en la fase de maduració en les noies (Hewett et al., 2016).

El treball d'equilibri s'aplicava en tots els estudis de la revisió (Taula 3) i en la majoria dels casos (5/6 = 83 %) era amb la combinació d'un altre component. Aquest fet coincideix amb els resultats de les revisions de Yoo et al. (2010) i Sugimoto et al. (2015) en esportistes femenines, que demostraven que el treball d'equilibri per si sol no té resultats però en combinació amb altres, sí.

Els exercicis d'estabilització en l'aterratge que se centren en l'optimització de l'activació muscular per assegurar la tècnica i l'alineació adequada dels salts (aterratge suau i genolls alineats) s'havien inclòs per definició dins del component pliomètric. Altres estudis, com Brunner et al. (2019) i Petushek et al. (2019), els classificaven com a exercicis tècnics. Brunner et al. (2019) els atorgaven menys importància pel fet que els esports en els quals se centrava la seva revisió (futbol i hoquei pista) no contemplaven el salt com una acció usual. En canvi, a l'handbol, els salts i les recepcions de salts, sobretot amb una cama, són unes de les accions específiques, juntament amb l'acció d'u contra u, que més afavoreixen un conjunt de mecanismes que poden provocar la lesió del LEA (Myklebust et al., 1997; Olsen et al., 2004; Takahashi et al., 2019). Per tant, la progressió del treball pliomètric ha de posar el focus a la tècnica d'aterratge, per poder anar augmentant la intensitat i la variabilitat, per exemple, implicant diferents plans i eixos, incloure pertorbacions amb estímuls externs o un mòbil, combinar accions esperades i inesperades per millorar la capacitat de *feedforward* (preactivació), augmentar la intensitat del cicle d'estirament i escurçament del múscul, combinar accions elàstiques i reactives i introduir progressivament l'estat de fatiga (Bedoya et al., 2015; Ford et al., 2011; Fort-Vanmeerhaeghe et al., 2016).

Durada dels programes d'entrenament

La majoria dels estudis coincideixen en una durada aproximada de 15 minuts (Taula 3). Els resultats de la revisió de Taylor et al. (2015) no van revelar cap tendència

clara que permeti recomanar paràmetres de durada per als programes d'entrenament. En canvi, Padua et al. (2018) demostraven que existia una disminució dels índexs de lesió del LEA en programes d'entrenament que van durar aproximadament 15 minuts o més.

Exercicis dels programes d'entrenament

Només a les revisions de Padua et al. (2018) i Arundale et al. (2018) es fa una descripció detallada dels exercicis que estan incorporats en els diferents programes de prevenció de la lesió del LEA.

El Nordic Hamstring és l'exercici proposat pels tres estudis que inclouen la força al programa d'entrenament. És importat realitzar un treball de força i d'activació de la musculatura isquiosural en posicions properes a la màxima extensió del genoll, ja que és l'encarregada d'evitar la translació anterior en la tibia i protegir el LEA (Sugimoto et al., 2015).

Les planxes que Achenbach et al. (2018) proposen al seu programa d'entrenament tenen l'objectiu de millorar el control neuromuscular d'aquesta zona, ja que un dèficit de força i un control inadequat del tronc en els exercicis que impliquen canvis ràpids de posició durant els moviments de canvi de direcció, frenada i aterratge comprometen l'estabilitat dinàmica i provoquen un augment de la càrrega d'abducció del genoll (Zazulak et al., 2007). S'ha demostrat que el mecanisme de la lesió del LEA sense contacte en dones esportistes inclou la inclinació lateral del tronc amb el cos desplaçat sobre una cama; per tant, serà un dels patrons que s'hauran de corregir a l'hora d'executar tasques d'agilitat (Hewett et al., 2009; Olsen et al., 2004).

Alterant l'estat d'equilibri a través de les diferents pertorbacions proposades als programes d'entrenament, es busca una millora de la consciència de la posició, del moviment i de la regulació muscular de l'articulació del genoll davant d'un estímul, és a dir, es pretén estimular els receptors propioceptius per afavorir la coactivació muscular i millorar el temps d'activació (Padua et al., 2018).

Tot i així, Fort-Vanmeerhaeghe et al. (2016) proposen que l'execució dels exercicis d'equilibri haurien de buscar l'especificitat i el dinamisme del gest esportiu, ja que quan la jugadora pateix la lesió del LEA acostuma a estar en moviment, per exemple, fent un canvi de direcció o un aterratge després d'un salt.

Aprendre a aterrar és probablement més important que aprendre a enlairar-se, pel fet que la càrrega que ha d'absorbir la jugadora pot arribar a ser d'entre 5.7 i 8.9 vegades el seu pes corporal, depenent de la trajectòria i temps de vol i la velocitat del salt (Mothersole et al., 2014). Achenbach et al. (2018), Myklebust et al. (2003) i Petersen et al. (2005) inclouen exercicis que combinen l'habilitat

d'aterratge amb altres moviments. Els exercicis enfocats a disminuir el temps de contacte amb el terra s'han de realitzar un cop assolits els nivells anteriors i garantint la qualitat del moviment.

Les propostes d'exercicis de pliometria són majoritàriament generals. Per tant, es considera necessària més especificitat perquè la jugadora pugui reconèixer els patrons de moviment que afavoreixen el mecanisme lesiu del LEA (Fort-Vanmeerhaeghe et al., 2016).

Segons l'evidència disponible, es recomana que els programes d'entrenament multicomponent amb la finalitat de disminuir el risc de lesió del LEA incloguin retroacció sobre la tècnica i la qualitat del moviment i incorporin exercicis de les categories d'agilitat, equilibri, força i pliometria.

Conclusions

Els programes d'entrenament per a la prevenció de la lesió del LEA en jugadores d'handbol es realitzen entre dues i tres vegades a la setmana durant aproximadament 15 minuts. Es categoritzen en cinc components: carrera, agilitat, força, equilibri i pliometria. Un mateix programa pot estar format per un component o més. La combinació més freqüent va ser l'entrenament pliomètric amb el d'equilibri, amb aquest últim com a component comú en tots els programes d'entrenament.

Els exercicis que formen la categoria de carrera estan enfocats en el desenvolupament de la tècnica de desplaçament; els exercicis d'agilitat incorporen moviments de frenada i canvis de direcció combinats amb accions de desplaçament; els exercicis de força se centren en les extremitats inferiors i el tronc; els exercicis d'equilibri són sobre superfície estable i inestable, amb recolzament unipodal o bipodal, i amb ús de la pilota, i finalment, els exercicis de pliometria són en diferents plans i eixos, amb pertorbacions i aterratges amb una o dues cames i, a més a més, des de diferents alçades.

Limitacions

Un dels principals problemes va ser l'escàs nombre d'estudis, l'elevada variabilitat quant a components i la combinació d'aquests i la poca individualització dels continguts dels programes d'entrenament segons les característiques de la jugadora.

En tots els articles s'analitzen únicament els resultats en participants femenines jugadores d'handbol, excepte en els d'Achenbach et al. (2018) i Olsen et al. (2005), que també hi inclouen participants masculins. En l'estudi de Zebis et al. (2016) les jugadores que es van analitzar podien practicar o bé futbol o bé handbol.

Referències

- Achenbach, L., Krutsch, V., Weber, J., Nerlich, M., Luig, P., Loose, O., Angele, P., & Krutsch, W. (2018). Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(7), 1901-1908. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4758-5>
- Ahmad, C. S., Clark, A. M., Heilmann, N., Schoeb, J. S., Gardner, T. R., & Levine, W. N. (2006). Effect of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament laxity. *American Journal of Sports Medicine*, 34(3), 370-374. <https://doi.org/10.1177/0363546505280426>
- Arundale, A. J. H., Bizzini, M., Giordano, A., Hewett, T. E., Logerstedt, D. S., Mandelbaum, B., Scalzitti, D. A., Silvers-Granelli, H., & Snyder-Mackler, L. (2018). Exercise-Based Knee and Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. <https://doi.org/10.2519/jospt.2018.0303>
- Bedoya, A. A., Miltenberger, M. R., & Lopez, R. M. (2015). Plyometric Training Effects On Athletic Performance In Youth Soccer Athletes: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2351-2360. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000877>
- Bencke, J., Aagaard, P., & Zebis, M. K. (2018). Muscle Activation During ACL Injury Risk Movements in Young Female Athletes: A Narrative Review. *Frontiers in Physiology*, 9, 445. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00445>
- Brunner, R., Friesenbichler, B., Casartelli, N. C., Bizzini, M., Maffiuletti, N. A., & Niedermann, K. (2019). Effectiveness of multicomponent lower extremity injury prevention programmes in team-sport athletes: An umbrella review. *British Journal of Sports Medicine*, 53(5), 282-288. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098944>
- Crossley, K. M., Patterson, B. E., Culvenor, A. G., Bruder, A. M., Mosler, A. B., & Mentiply, B. F. (2020). Making football safer for women : a systematic review analysis of injury prevention programmes in 11 773 female football (soccer) players. *British Journal of Sports Medicine*, 0, 1-12. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101587>
- De Loës, M., Dahlstedt, L. J., & Thomée, R. (2000). A 7-year study on risks and costs of knee injuries in male and female youth participants in 12 sports. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 10(2), 90-97. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2000.010002090.x>
- DiStefano, L. J., Martinez, J. C., Crowley, E., Matteau, E., Kerner, M. S., Boling, M. C., Nguyen, A.-D., & Trojian, T. H. (2015). Maturation and sex differences in neuromuscular characteristics of youth athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(September), 2465-2473. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001052>
- Ford, P., de Ste Croix, M., Lloyd, R., Meyers, R., Moosavi, M., Oliver, J., Till, K., & Williams, C. (2011). The Long-Term Athlete Development model: Physiological evidence and application. *Journal of Sports Sciences*, 29(4), 389-402. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.536849>
- Fort-Vanmeerhaeghe, A., Romero-Rodríguez, D., Lloyd, R. S., Kushner, A., & Myer, G. D. (2016). Integrative Neuromuscular Training in Youth Athletes. Part II: Strategies to Prevent Injuries and Improve Performance. *Strength and Conditioning Journal*, 38(4), 9-27. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000234>
- Fort-Vanmeerhaeghe, A., & Romero, D. (2013). Análisis de los factores de riesgo neuromusculares de las lesiones deportivas. *Apunts Medicina de l'Esport*, 48(179).
- Gómez, A., Roqueta, E., Tarragó, J. R., Seirul-lo, F., & Cos, F. (2019). Training in Team Sports: Coadjuvant Training in the FCB. *Apunts Educación Física y Deportes*, 138, 13-25. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/4\).138.01](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/4).138.01)
- Griffin, L. Y., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Bahr, R., Beynon, B. D., DeMaio, M., Dick, R. W., Engebretsen, L., Garrett, W. E., Hannafin, J. A., Hewett, T. E., Huston, L. J., Ireland, M. L., Johnson, R. J., Lephart, S., Mandelbaum, B. R., Mann, B. J., Marks, P. H., Marshall, S. W., ... Myklebust, G. (2006). Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: A review of the Hunt Valley II Meeting, January 2005. *American Journal of Sports Medicine*, 34(9), 1512-1532. <https://doi.org/10.1177/0363546506286866>
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., Van Den Bogert, A. J., Paterno, M. V., & Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 492-501. <https://doi.org/10.1177/0363546504269591>
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Paterno, M. V., & Quatman, C. E. (2016). Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *Journal of Orthopaedic Research*, 34(11), 1843-1855. <https://doi.org/10.1002/jor.23414>
- Hewett, T. E., Torg, J. S., & Boden, B. P. (2009). Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: Lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. *British Journal of Sports Medicine*, 43(6), 417-422. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.059162>
- Jeffreys, I. (2019). *El calentamiento. Maximizar el rendimiento y mejorar el desarrollo físico a largo plazo* (Madrid). Ediciones Tutor, S.A.
- Koga, H. (2010). Mechanisms for Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries: Knee Joint Kinematics in 10 Injury Situations. *The American Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1177/0363546510373570>
- LaBella, C. R., Hennrikus, W., & Hewett, T. E. (2014). Anterior Cruciate Ligament Injuries: Diagnosis, Treatment, and Prevention. *Pediatrics*, 133(5), e1437-e1450. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-0623>
- Lai, C. C. H., Ardern, C. L., Feller, J. A., & Webster, K. E. (2018). Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review with meta-analysis of return to sport rates, graft rupture rates and performance outcomes. *British Journal of Sports Medicine*, 52(2), 128-138. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096836>
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength and Conditioning Journal*, 34(3), 61-72. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31825760ea>
- Montalvo, A. M., Schneider, D. K., Yut, L., Webster, K. E., Beynon, B., Kocher, M. S., & Myer, G. D. (2019). "What's my risk of sustaining an ACL injury while playing sports?" A systematic review with meta-analysis. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 53, Issue 16). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096274>
- Mothersole, G., Cronin, J. B., & Harris, N. K. (2014). Jump-Landing Program for Females. *Strength and Conditioning Journal*, 36(4), 52-64. <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000078>
- Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2004). Rationale and Clinical Techniques for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Among Female Athletes. *Journal of Athletic Training*, 39(4), 352-364. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC535528/>
- Myer, G. D., Sugimoto, D., Thomas, S., & Hewett, T. E. (2013). The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: A meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1177/0363546512460637>
- Myklebust, G., Engebretsen, L., Brækken, I. H., Skjøberg, A., Olsen, O.-E., & Bahr, R. (2003). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clin J Sport Med*, 13(2), 71-78. <https://doi.org/10.1097/00042752.200303000-00002>
- Myklebust, G., Maehlum, S., Engebretsen, L., Strand, T., & Solheim, E. (1997). Registration of cruciate ligament injuries in Norwegian top level team handball. A prospective study covering two seasons. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 7(5), 289-292. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1997.tb00155.x>
- Myklebust, G., Maehlum, S., Holm, I., & Bahr, R. (1998). A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 8(3), 149-153. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1998.tb00185.x>
- Olsen, O.-E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury Mechanisms for Anterior Cruciate Ligament Injuries in Team Handball. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(4), 1002-1012. <https://doi.org/10.1177/0363546503261724>

- Olsen, O.-E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I., & Bahr, R. (2005). Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *British Medical Journal*, 330(7489), 449. <https://doi.org/10.1136/bmj.38330.632801.8F>
- Padua, D. A., DiStefano, L. J., Hewett, T. E., Garrett, W. E., Marshall, S. W., Golden, G. M., Shultz, S. J., & Sigward, S. M. (2018). National Athletic Trainers' Association Position Statement: Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injury. *Journal of Athletic Training*, 53(1), 1062-6050-99-16. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-99-16>
- Petersen, W., Braun, C., Bock, W., Schmidt, K., Weimann, A., Drescher, W., Eiling, E., Stange, R., Fuchs, T., Hedderich, J., & Zantop, T. (2005). A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 125(9), 614-621. <https://doi.org/10.1007/s00402-005-0793-7>
- Petushek, E. J., Sugimoto, D., Stoolmiller, M., Smith, G., & Myer, G. D. (2019). Evidence-Based Best-Practice Guidelines for Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Young Female Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 47(7), 1744-1753. <https://doi.org/10.1177/0363546518782460>
- Reckling, C., Zantop, T., & Petersen, W. (2003). Epidemiology of injuries in juvenile handball players [Article in German]. *Sportverletzung · Sport Schaden*. <https://doi.org/10.1055/s-2003-42149>
- Sheppard, J., & Young, W. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919-932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>
- Shultz, S. J., Schmitz, R. J., Benjaminse, A., Collins, M., Ford, K., & Kulas, A. S. (2015). ACL research retreat VII: An update on anterior cruciate ligament injury risk factor identification, screening, and prevention March 19-21, 2015; Greensboro, nc. *Journal of Athletic Training*, 50(10), 1076-1093. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.10.06>
- Soomro, N., Sanders, R., Hackett, D., Hubka, T., Ebrahimi, S., Freeston, J., & Cobley, S. (2016). The efficacy of injury prevention programs in adolescent team sports: A meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 44(9), 2415-2424. <https://doi.org/10.1177/0363546515618372>
- Sterne, J. A. C., Savović, J., Page, M. J., Elbers, R. G., Blencowe, N. S., Boutron, I., Cates, C. J., Cheng, H. Y., Corbett, M. S., Eldridge, S. M., Emberson, J. R., Hernán, M. A., Hopewell, S., Hróbjartsson, A., Junqueira, D. R., Jüni, P., Kirkham, J. J., Lasserson, T., Li, T., ... Higgins, J. P. T. (2019). RoB 2: A revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*, 366, 1-8. <https://doi.org/10.1136/bmj.l4898>
- Sugimoto, D., Myer, G. D., Barber Foss, K. D., Pepin, M. J., Micheli, L. J., & Hewett, T. E. (2016). Critical components of neuromuscular training to reduce ACL injury risk in female athletes: meta-regression analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(20), 1259-1266. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095596>
- Sugimoto, D., Myer, G. D., Foss, K. D. B., & Hewett, T. E. (2015). Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females: Meta-analysis and subgroup analysis. In *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093461>
- Takahashi, S., Nagano, Y., Ito, W., Kido, Y., & Okuwaki, T. (2019). A retrospective study of mechanisms of anterior cruciate ligament injuries in high school basketball, handball, judo, soccer, and volleyball. *Medicine*, 98(26), e16030. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000016030>
- Taylor, J. B., Waxman, J. P., Richter, S. J., & Shultz, S. J. (2015). Evaluation of the effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention programme training components: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(2), 79-87. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092358>
- Urrutia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metanálisis. In *Medicina Clínica* (Vol. 135, Issue 11, pp. 507-511). <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>
- Wedderkopp, N., Kalltoft, M., Lundgaard, B., Rosendahl, M., & Froberg, K. (1999). Prevention of injuries in young female players in European team handball. A prospective intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 9(1), 41-47. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1999.tb00205.x>
- Yoo, J. H., Lim, B. O., Ha, M., Lee, S. W., Oh, S. J., Lee, Y. S., & Kim, J. G. (2010). A meta-analysis of the effect of neuromuscular training on the prevention of the anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 18(6), 824-830. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0901-2>
- Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007). The effects of core proprioception on knee injury: A prospective biomechanical-epidemiological study. *American Journal of Sports Medicine*, 35(3), 368-373. <https://doi.org/10.1177/0363546506297909>
- Zebis, M. K., Andersen, L. L., Brandt, M., Myklebust, G., Bencke, J., Lauridsen, H. B., Bandholm, T., Thorborg, K., Hölmich, P., & Aagaard, P. (2016). Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 50(9), 552-557. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094776>

Conflicte d'interessos: les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Aquest article està disponible a la url <https://www.revista-apunts.com/ca/>. Aquest treball està publicat sota una llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Les imatges o qualsevol altre material de tercers d'aquest article estan inclosos a la llicència Creative Commons de l'article, tret que s'indiqui el contrari a la línia de crèdit; si el material no s'inclou sota la llicència Creative Commons, els usuaris hauran d'obtenir el permís del titular de la llicència per reproduir el material. Per veure una còpia d'aquesta llicència, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>



Natació en socorristes: energètica de crol i crol amb el cap fora de l'aigua

Luis da Fontoura Iglesias¹ , Wellington G. Feitosa^{1,2*} , Cássia Daniele Zaleski Trindade¹ , Ricardo de A. Correia¹ , Lucas Beal¹ , Laura Menin¹ i Flávio A. de S. Castro¹

¹ Grup d'Investigació en Esports Aquàtics, Universitat Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre (Brasil).

² Facultat d'Educació Física, Universitat Estatal de Ceará, Fortaleza (Brasil).

Citació

Iglesias, L.F., Feitosa, W.G., Zaleski Trindade, C.D., Correia, R.A., Beal, L., Menin, L. & Castro F.A.S., (2021). Lifeguard's Swimming: Front-crawl's and Up-head Front Crawl's Energetics. *Apunts Educación Física y Deportes*, 146, 78-85. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/4\).146.09](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/4).146.09)

Editat per:

© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

*Correspondència:

Wellington G. Feitosa
wellington.feitosa@uece.br

Secció:

Entrenament esportiu

Idioma de l'original:

Anglès

Rebut:

14 d'octubre de 2020

Acceptat:

30 d'abril de 2021

Publicat:

1 d'octubre de 2021

Coberta:

Jocs Olímpics de Tòquio 2020 –
Taekwondo: Pes mosca femení
49 kg. Combat per la medalla
d'or. Adriana Cerezo Iglesias
(Espanya) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailàndia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japó) 24.07.2021.
REUTERS / Murad Sezer

Resum

Els socorristes utilitzen, com a part del rescat aquàtic, l'estil crol i crol amb el cap fora de l'aigua. Els estudis sobre despesa energètica i variables fisiològiques complementàries obtingudes durant estratègies de rescat aquàtic són escassos. L'objectiu d'aquest estudi va ser comparar l'energètica i el rendiment de l'estil crol i crol amb el cap fora de l'aigua dut a terme per socorristes. En aquest estudi van participar voluntàriament 21 socorristes militars. Es van fer dos tests a màxima intensitat: 100 metres en crol i en crol amb el cap fora de l'aigua. En cada test es van identificar dades fisiològiques (mesurament directe de consum d'oxigen, lactoacidèmia i freqüència cardíaca), l'escala d'esforç percebut i la velocitat mitjana de natació (anàlisi de vídeo bidimensional). Es va calcular la contribució de cada font d'energia i el cost energètic. Es van utilitzar estadístics descriptius i inferencials per a $\alpha < .05$. El rendiment va ser millor en crol, els resultats fisiològics van ser similars entre crol i crol amb el cap fora de l'aigua i el cost energètic va ser més alt en crol amb el cap fora de l'aigua ($1.90 \pm 0.33 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-1}$), comparat amb el crol ($1.51 \pm 0.33 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-1}$). En conclusió, l'estil crol amb el cap fora de l'aigua és menys eficient que el crol.

Paraules clau: esforç físic, rendiment físic funcional, tasca de rescat.

Introducció

El rescat aquàtic dels socorristes forma part de les estratègies per reduir el nombre de morts (Gámez de la Hoz i Padilla Fortes, 2017; Szpilman et al., 2016; Wallis et al., 2015). La possibilitat d'un rescat d'èxit augmenta en medis de natació regulats, com piscines i aigües obertes amb socorristes entrenats (Chan et al., 2018; Idris et al., 2017; Jeong et al., 2016). La natació és la manera més comuna de rescat per arribar fins a la víctima i treure-la de l'aigua. Els socorristes fan la braçada de crol (CR) amb el cap a l'aigua com la manera més ràpida i eficient de moviment humà a l'aigua (Barbosa et al., 2006). Tot i això, la primera opció del rescatador és el crol amb el cap fora de l'aigua (CFA), que consisteix a nedar amb el cap per damunt de l'aigua i mirant endavant per poder veure constantment algú amb possible risc d'enfonsar-se.

El CR i el CFA com a formes de moviment al medi aquàtic sembla que requereixen despeses energètiques i despeses energètiques metabòliques totals diferents, segons la velocitat de natació i l'arrossegament per la posició del cos (Barbosa et al., 2006; Figueiredo et al., 2013; Gonjo et al., 2018; Zamparo et al., 1996). Els paràmetres fisiològics i biomecànics poden aportar informació útil per a l'entrenament dels socorristes, però aquests estudis són molt limitats en la literatura.

En natació, com més horitzontal és el cos respecte de la superfície de l'aigua, menor és l'arrossegament i millor el rendiment (Zamparo et al., 2009). La principal diferència tècnica entre CR i CFA és la posició del cap fora de l'aigua. L'elevació del cap provoca que els malucs i les cames s'enfonsin, de manera que l'àrea de contacte del cos amb l'aigua s'incrementa per un augment de l'angle format entre el maluc i l'espatlla respecte a la superfície de l'aigua, i, en conseqüència, augmenta l'arrossegament (Toussaint i Hollander, 1994; Zamparo et al., 2009). L'arrossegament i la velocitat de natació influeixen en el cost energètic en el medi aquàtic (Pendergast et al., 2006; Toussaint i Hollander, 1994). El cost energètic es pot expressar com el quocient entre despesa energètica metabòlica total (suma d'energies de les tres vies energètiques aeròbica, anaeròbica alàctica i làctica) i velocitat mitjana de natació a una distància determinada (Figueiredo et al., 2012). Amb la mateixa velocitat de natació, el CR té el cost energètic més baix comparat amb altres estils de natació (Pendergast et al., 2015).

Els estudis que busquen analitzar i donar suport a l'activitat d'entrenament dels socorristes són molt importants, tot i que limitats. D'aquesta manera, si els estudis se centressin en l'energètica i el cost energètic del CFA, l'entrenament podria ser més específic. El principal resultat hauria de ser una reducció de les taxes de mort per enfonsament i un millor estat clínic de les

víctimes salvades, amb reducció de les possibles seqüeles fisiològiques i psicològiques (Schwebel et al., 2007; Wallis et al., 2015). Els estudis sobre el rendiment dels socorristes poden informar de la seva tasca a la societat i poden ajudar a millorar l'estat físic dels socorristes (una millor preparació suposa més probabilitats d'èxit en la feina). Amb l'anàlisi en detall de les tècniques de natació que utilitzen els socorristes, esperem obtenir un cos de coneixements que servirà per millorar l'entrenament i els processos d'orientació en el moment del rescat. Per tant, l'objectiu d'aquest estudi va ser comparar l'energètica i el rendiment del CR i el CFA dels socorristes. Plantegem la hipòtesi següent: a) el rendiment (velocitat de natació i durada del test) serà millor en CR que en CFA, b) el consum d'oxigen, la freqüència cardíaca, la concentració sanguínia de lactat i l'escala d'esforç percebut seran més alts en CFA que en CR, i c) la despesa energètica metabòlica total i el cost energètic seran més alts en CFA que en CR.

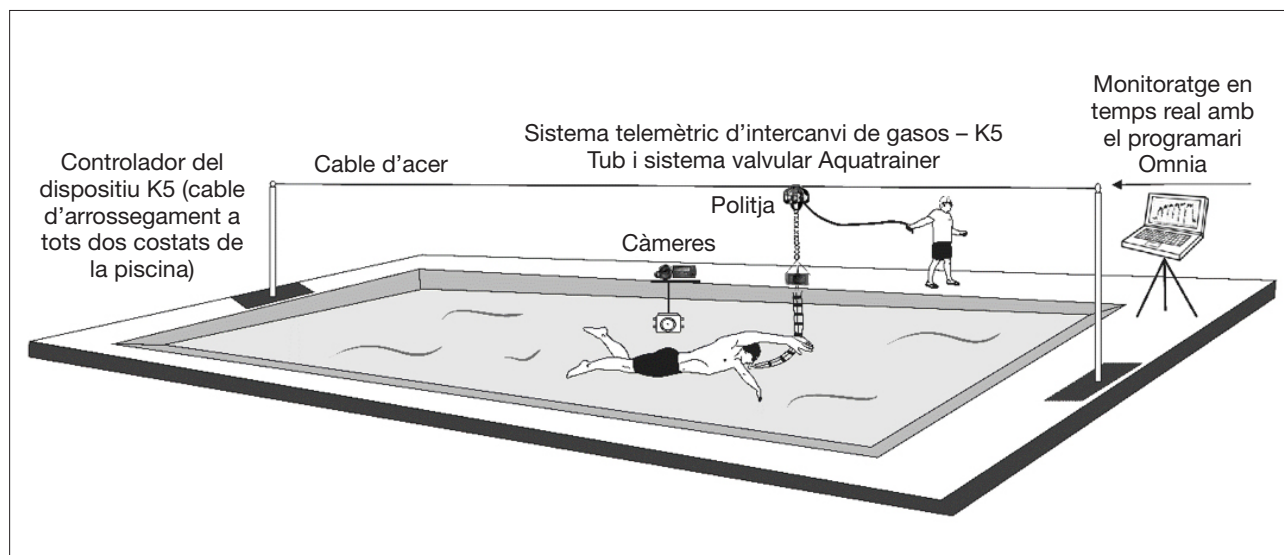
Metodologia

Participants

En aquest estudi van participar 21 socorristes militars entrenats, tots homes, amb tres anys d'experiència mínima en rescats (edat: 32.4 ± 3.1 anys; massa corporal 79.2 ± 8.0 kg; estatura: 177.0 ± 7.2 cm; envergadura dels braços: 183.3 ± 8.1 cm). Aquest estudi va ser aprovat (n. 2.316.201) pel Comitè d'Ètica d'Investigació de la Universitat Federal de Rio Grande do Sul, conforme amb les guies de la Declaració de Hèlsinki. Tots els participants van donar el consentiment informat per participar a la investigació. Es va demanar als participants que s'abstinguessin de fer un esforç físic o entrenament 24 hores abans de cada test.

Disseny/procediment experimental

Cada participant va fer dues sessions de tests en una piscina coberta de 25 metres (1.90 m de profunditat, temperatura de l'aigua $\approx 28^\circ\text{C}$). Els participants van escalfar amb 400 metres de CR, però amb girs oberts, seguit de 100 metres de CR amb un tub respirador corrent. L'escalfament es va utilitzar per fer que els participants se sentissin encara més còmodes amb el tub AquaTrainer® (Cosmed, Itàlia) i la piscina durant els tests. Els tests van ser: i) 100 metres de CR, i ii) 100 metres de CFA, duts a terme amb 24 hores de diferència i a intensitat màxima, amb inici a l'aigua i girs oberts. Tots els socorristes es van familiaritzar prèviament amb l'ús del tub AquaTrainer® durant sis sessions. A la Figura 1 es presenta la configuració per a la recollida de dades.

**Figura 1**

Configuració per a la recollida de dades de rendiment i fisiològiques en els protocols de 100 metres de crol i 100 metres de crol amb el cap fora de l'aigua.

Recollida de dades

Abans del test de natació, es va mesurar la massa corporal (bàscula digital SECA® 813, resolució d'0.1 kg, Alemanya), l'estatura (estadiòmetre SANNY, Personal Caprice, resolució d'0.1 cm, Brasil) i l'envergadura dels braços (estadiòmetre SANNY, Personal Caprice, resolució d'0.1 cm, Brasil). Els socorristes es van col·locar marcadors circulars (cola negra testada dermatològicament) sobre els mal·lèols externs (bilaterals), el trocànter major del fèmur i l'acròmion.

Dos investigadors van cronometrar el rendiment en cada test (cronòmetres CR20, Kikos, Brasil). La velocitat mitjana de natació (m·s⁻¹) es va mesurar amb videogrametria amb ajuda del sistema d'anàlisi de rendiment Ariel (APAS®, Ariel Dynamics Inc., Estats Units) en dues seccions: 25-50 i 75-100 m (dos cicles de braçades en cada secció). La velocitat mitjana de natació es va obtenir pel quocient entre el desplaçament del maluc i el temps durant un cicle complet de braçada. Un cicle de braçada va consistir en l'entrada i reentrada de la mateixa mà a l'aigua (Barbosa et al., 2008).

Les imatges per identificar la velocitat de natació es van registrar amb l'ajuda de dues càmeres fixes (Sony Hdr cx260, 60 Hz, Estats Units), una col·locada 0.3 m sota la línia de superfície de l'aigua protegida amb una carcassa impermeable (Sony SPK-HCH, Estats Units) i l'altra 0.3 m fora de l'aigua (Figura 1). Les càmeres eren a la meitat de la piscina i a una distància de 7.5 m del pla sagital de desplaçament del participant. Es va utilitzar un dispositiu amb díodes emissors de llum situat per sobre i per sota del nivell de l'aigua per sincronitzar les imatges obtingudes per

les càmeres, segons els estudis de de Jesus et al. (2015). Les càmeres van registrar les imatges en un espai calibrat prèviament (dimensions de l'estructura de calibratge X = 4.5 m [eix horitzontal], Y = 1 m [eix mediolateral] i Z = 1.5 m [eix vertical]). L'error quadràtic mitjà per als eixos X, Y i Z va ser d'1.92, 0.29 i 1.34 mm, respectivament (10 punts reals i 10 de control per a la càmera submergida i l'externa).

El consum d'oxigen (VO₂) en tots dos tests es va mesurar directament amb cada respiració mitjançant un analitzador de gasos telemètric portàtil (K5, Cosmed, Itàlia) connectat a un tub respirador i a un sistema valvular (AquaTrainer®, Cosmed, Itàlia), suspès ≈2 m sobre la superfície de l'aigua amb un cable d'acer. L'analitzador de gasos telemètric portàtil es va calibrar abans de cada sessió de test amb gasos de referència (O₂ 16 % i CO₂ 5 %) i el transductor de volum de turbina es va calibrar amb una xeringa de 3 l. Per al tractament de les dades, les respiracions errants (empassar, tossir o interrupcions del senyal) es van eliminar de l'anàlisi de VO₂ i només es van incloure les dades amb mitjana ± 4 DE (Ozyener et al., 2001). Les dades es van suavitzar posteriorment amb una finestra en moviment de cinc respiradors (de Jesus et al., 2014). El consum màxim d'oxigen (VO_{2màx}) es va considerar com a valor màxim de la corba dels dos tests (Laffite et al., 2004). El VO₂ i la concentració de lactat en repòs (VO_{2rep} i La_{rep}, respectivament) es van mesurar abans de cada test, després de 10 minuts de descans. Després del descans, el VO_{2rep} va ser la mitjana de VO₂, en què la taxa d'intercanvi respiratori es va establir en aproximadament 0.8.

Es va extreure sang de la punta del dit per determinar la concentració de lactat, que es va mesurar en repòs i després de l'esforç (1, 3, 5 i 7 minuts després del test) per identificar el valor màxim de lactat ($La_{m\grave{a}x}$). El lactat sanguini es va identificar mitjançant un lactòmetre portàtil (Accutrend, Roche, Alemanya). La freqüència cardíaca (FC) i l'escala d'esforç percebut (RPE, per les sigles en anglès) es van identificar en repòs i immediatament després de cada test. Per comprovar l'FC, es va col·locar un transmissor a la regió del xifoides dels participants durant els tests (Garmin, 920XT, Estats Units). Es va presentar l'escala de Borg de 15 punts (6-20) als participants que van indicar l'RPE segons la seva visualització (Borg, 1998).

Contribució i cost energètic

Les proporcions de metabolisme aeròbic i anaeròbic durant cada test (Equació 1) es van calcular amb l'equació de despesa energètica total (Capelli et al., 1998; di Prampero, 1986; Figueiredo et al., 2011):

$$E_{tot} = VO_2 + \beta La_b + PCr(1 - e^{-t/r}) \quad (1)$$

on E_{tot} és el consum energètic total durant el test; VO_2 es va calcular a partir de la integral-temps del valor net entre $VO_{2m\grave{a}x}$ i VO_{2rep} com a contribució aeròbica (Aer, kJ); βLa_b és la diferència entre $La_{m\grave{a}x}$ i La_{rep} multiplicat per $2.7 \text{ ml d'O}_2 \cdot \text{mM}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ i després per la massa corporal (kg) total com a contribució anaeròbica làctica (AnaerLa, kJ); i PCr (fosfocreatina) és la contribució anaeròbica alàctica (AnaerAla, kJ), mentre que aquesta font d'energia correspon en constant temps a 23.4 s (Binzoni et al., 1992). L'AnaerAla es va calcular per la concentració de fosfocreatina disminuïda per $18.55 \text{ mM} \cdot \text{kg}^{-1}$ (pes net en activació muscular màxima, suposant el 50 % de massa muscular activada) (Capelli et al., 1998; Zamparo et al., 2011). Aer i AnaerLa es van expressar en kJ, suposant un equivalent energètic de $20.9 \text{ kJ} \cdot \text{LO}_2^{-1}$ i com a % de la despesa energètica metabòlica total. Per últim, la despesa energètica (Equació 2) es va calcular pel quocient entre la despesa energètica metabòlica total i la velocitat mitjana de natació (di Prampero, 1986):

$$C = E_{tot} \times v^{-1} \quad (2)$$

on C és la despesa energètica; E_{tot} és el consum energètic total durant el test; i v és la velocitat de natació.

Anàlisis estadístiques

Es va utilitzar el programari G*Power 3.1 (Düsseldorf, Alemanya) per determinar la mida mínima necessària de la

mostra (potència estadística de .80, $\alpha = .05$ per a l'anàlisi, interval de confiança del 95 %, error de mostreig del 5 % i una suposada magnitud de l'efecte de 0.50). En totes les dades es va comprovar la normalitat de la distribució amb el test de Shapiro-Wilk. Les dades es van descriure com a mitjana $\pm$ desviació estàndard (DE) i interval de confiança [IC] del 95 % de la mitjana. Es van fer comparacions amb la prova de la t dependent de les mostres, seguida del càlcul de la magnitud de l'efecte (Rosenthal, 1996): (on d : $0 < \text{magnitud de l'efecte insignificant} < 0.19$; efecte petit $0.20 \leq d \leq 0.49$; magnitud de l'efecte mitjà $0.50 \leq d \leq 0.79$; magnitud de l'efecte gran $0.80 \leq d \leq 1.29$; i magnitud de l'efecte molt gran $d \geq 1.30$). El nivell de significació es va establir en el 5 %.

Resultats

Els resultats es van expressar com a mitjana, DE, IC i d de Cohen per a la mitjana de socorristes respecte a rendiment i velocitat de natació, paràmetres fisiològics ($VO_{2m\grave{a}x}$, $La_{m\grave{a}x}$, FC i RPE), contribució energètica metabòlica total i despesa energètica (Taula 1). La magnitud de l'efecte va ser molt gran ($d > 1.30$) en el rendiment ($83.2 \pm 8.2 \text{ s}$ en CR i $100.5 \pm 11.8 \text{ s}$ en CFA) i gran ($0.80 \leq d \leq 1.29$) en la velocitat de natació ($1.09 \pm 0.13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ en CR i $0.96 \pm 0.17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ en CFA) (Taula 1). La magnitud de l'efecte va ser mitjana ($0.50 \leq d \leq 0.79$) en l'Aer ($80.2 \pm 15.6 \text{ kJ}$ en CR i $89.4 \pm 18.0 \text{ kJ}$ en CFA) i petita ($0.20 \leq d \leq 0.49$) en l'AnaerLa ($53.4 \pm 15.5 \text{ kJ}$ en CR i $60.0 \pm 15.2 \text{ kJ}$ en CFA) (Taula 1). La magnitud de l'efecte va ser gran ($0.80 \leq d \leq 1.29$) en la despesa energètica metabòlica total ($166.4 \pm 16.5 \text{ kJ}$ en CR i $182.5 \pm 23.1 \text{ kJ}$ en CFA) i molt gran ($d > 1.30$) en la despesa energètica ($1.51 \pm 0.24 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-1}$ en CR i $1.90 \pm 0.33 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-1}$ en CFA) (Taula 1). En repòs, no es van identificar diferències en VO_2 , LA, FC i RPE en CR i CFA, respectivament: 6.6 ± 1.4 i $6.8 \pm 2.3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; 2.3 ± 0.8 i $2.0 \pm 0.7 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$; 73.5 ± 13.6 i $75.9 \pm 14.0 \text{ lpm}$, i 7.3 ± 1.5 i 7.5 ± 1.9 punts.

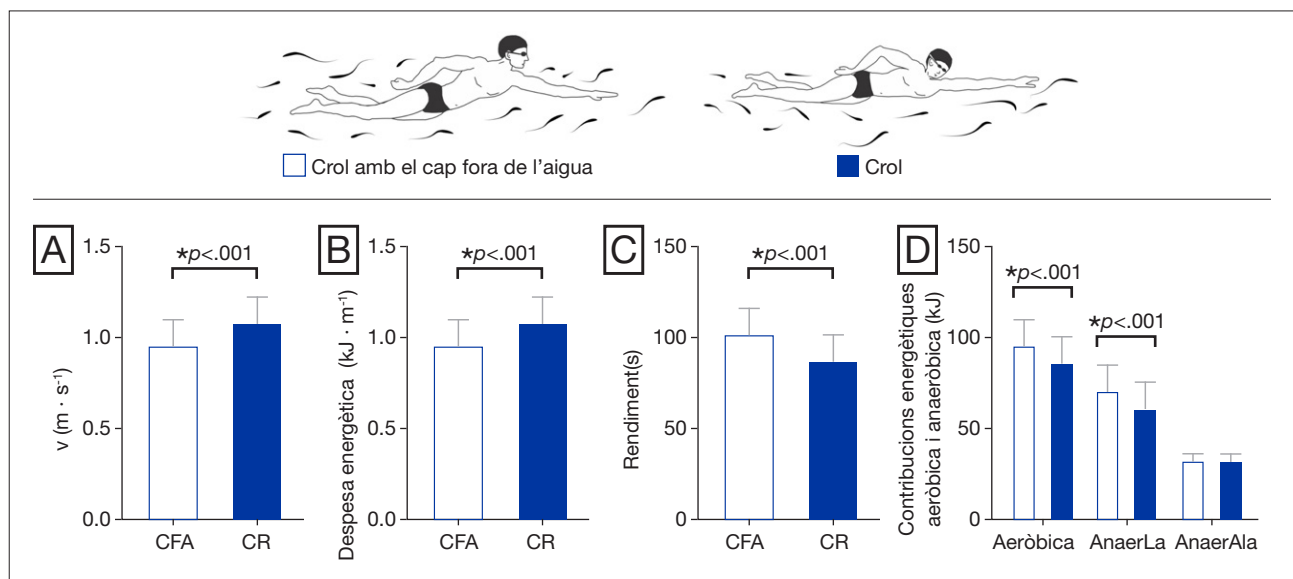
A la Figura 2 es presenten la mitjana i la desviació estàndard de la velocitat de natació (imatge A), cost energètic (imatge B), rendiment (imatge C) i contribució energètica aeròbica i anaeròbica (imatge D) dels socorristes durant els tests de 100 metres de crol amb el cap fora de l'aigua i 100 metres de crol, $N = 21$. Els resultats del test de CR van ser millors que els obtinguts en el test de CFA en les variables rendiment (menys durada en segons en el test de 100 metres) i velocitat de natació (Figura 2). Les contribucions energètiques aeròbica i anaeròbica van ser més elevades en CFA que en CR (Figura 2). La despesa energètica metabòlica total i la despesa energètica també van ser més altes en CFA que en CR (Taula 1, Figura 1).

Taula 1

Mitjana, desviació estàndard, interval de confiança i d de Cohen globals de rendiment i velocitat de natació, paràmetres fisiològics, contribució energètica metabòlica total i despesa energètica per als socorristes, N = 21.

Variable	CR	CFA	p (d de Cohen)
Rendiment (s)	83.2 ± 8.2 [79.5, 87.0]	100.5 ± 11.8 [95.2, 105.9]	< .001* (1.54)
v (m·s ⁻¹)	1.09 ± 0.13 [1.02, 1.16]	0.96 ± 0.17 [0.87, 1.05]	< .001* (0.85)
VO _{2màx} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	45.0 ± 8.0 [40.7, 49.3]	44.8 ± 8.8 [40.1, 49.5]	.70 (0.02)
LA _{màx} (ml·l ⁻¹)	14.6 ± 3.3 [12.9, 16.4]	15.6 ± 4.0 [13.5, 17.8]	.43 (0.13)
FC (lpm)	159 ± 13 [152, 167]	160 ± 11 [154, 166]	.83 (0.03)
RPE (punts)	17.7 ± 1.4 [16.9, 18.5]	17.8 ± 1.7 [16.9, 18.7]	.75 (0.06)
Aer (kJ)	80.2 ± 15.6 [73.0, 87.5]	89.4 ± 18.0 [81.2, 97.6]	.034* (0.54)
AnaerLa (kJ)	53.4 ± 15.5 [46.3, 60.5]	60.0 ± 15.2 [53.1, 60.9]	.045* (0.42)
AnaerAla (kJ)	32.9 ± 3.1 [31.4, 34.4]	33.0 ± 3.2 [31.5, 34.5]	.32 (0.03)
E _{tot} (kJ)	166.4 ± 16.5 [158.9, 173.9]	182.5 ± 23.1 [172.0, 193.0]	< .001 (0.96)*
% Aer	48.3 ± 7.9 [44.6, 51.8]	49.0 ± 6.0 [46.1, 51.6]	.72 (0.08)
% AnaerLa	31.8 ± 7.7 [28.2, 35.3]	32.8 ± 6.5 [29.8, 35.8]	.54 (0.14)
% AnaerAla	19.9 ± 2.3 [18.0, 21.0]	18.2 ± 2.0 [17.3, 19.1]	< .001* (0.78)
% Anaer	51.7 ± 7.9 [48.1, 55.3]	51.2 ± 6.0 [40.3, 53.8]	.71 (0.07)
Despesa energètica (kJ·m ⁻¹)	1.51 ± 0.24 [1.40, 1.62]	1.90 ± 0.33 [1.74, 2.05]	< .001* (1.35)

Nota. v = velocitat de natació; VO_{2màx} = consum màxim d'oxigen; LA_{màx} = valor màxim de lactat; FC = freqüència cardíaca; RPE = escala d'esforç percebut; E_{tot} = despesa energètica metabòlica total; % Aer = % de contribució energètica aeròbica; % AnaerLa = % de contribució energètica anaeròbica làctica; % AnaerAla = % de contribució energètica anaeròbica alàctica.

**Figura 2**

Mitjana i desviació estàndard de velocitat de natació (v) (imatge A), despesa energètica (imatge B), rendiment (imatge C) i contribucions energètiques aeròbica i anaeròbica (AnaerLa = anaeròbica làctica i AnaerAla = anaeròbica alàctica) (imatge D) de socorristes durant els tests de 100 metres de crol amb el cap fora de l'aigua i 100 metres de crol. Resultats globals (N = 21): Test de la t: p < .001.

Discussió

En aquest estudi es van avaluar i comparar el rendiment, el consum d'oxigen i variables fisiològiques complementàries (lactat màxim, freqüència cardíaca), l'escala d'esforç percebut, la contribució energètica metabòlica total i la despesa energètica de CR i CFA dut a terme per socorristes. En general, el rendiment va ser millor en CR que en CFA. El VO_2 i les variables fisiològiques complementàries ($\text{La}_{\text{màx}}$, FC) i la RPE no van ser diferents entre CR i CFA. La despesa energètica metabòlica total i la despesa energètica van ser més altes en CFA que en FC.

Els socorristes es poden beneficiar del CR comparat amb el CFA per la velocitat més alta de natació, que aporta, en conseqüència, un rendiment millor (durada més curta del test en segons). Els rescats aquàtics exigeixen un contacte visual sostingut del socorrista amb la víctima (Vignac et al., 2017) i, per tant, escullen primer nedar en CFA. El rescat en piscines o aigües obertes que permeten una bona visibilitat sembla que propicia estratègies amb més ús de CR comparat amb CFA a distàncies superiors des del punt de partida del socorrista cap a la víctima. El contacte corporal amb la víctima que s'està ofegant requereix diferents procediments tècnics que van més enllà de l'objectiu d'aquest estudi; p. e., tècniques d'aproximació en els últims metres a prop de la víctima i possibles accions de desenganxament. En qualsevol cas, els socorristes poden substituir l'ús del CR a una velocitat de natació més alta pel CFA a distàncies que garanteixen la seguretat del socorrista i de la víctima.

La inclinació del cos dels nedadors, quan aixequen el cap, propicia un augment de l'arrossegament (Zamparo et al., 2009). Per aquest motiu, el cos produeix un arrossegament més gran durant el CFA comparat amb el CR. En el present estudi, la despesa energètica metabòlica total va ser més elevada per als socorristes durant el CFA que en el CR. La contribució energètica de les vies aeròbica i anaeròbica va ser més alta en CFA que en CR. En la comparació, les tres vies metabòliques energètiques en CR entre socorristes i nedadors masculins ben entrenats no van ser similars. Almenys en nedadors masculins ben entrenats, es va observar que, per a la distància de 100 metres a intensitat màxima, el 43 % de l'energia era de font aeròbica; el 33.1 %, anaeròbica làctica i el 23.5 %, anaeròbica alàctica, valors que són més baixos per a la via aeròbica i més alts per a la via anaeròbica alàctica (Ribeiro et al., 2015).

Els valors de despesa energètica van ser més elevats en CFA que en CR. La despesa energètica en CR i CFA va ser, respectivament, d' $1.51 \pm 0.24 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$ i $1.90 \pm 0.33 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$ ($p < .001$), amb valors més alts en CFA. El test més llarg (menys velocitat de natació) i la natació amb el pitjor alineament horitzontal expliquen els valors més alts de despesa energètica en CFA. En nedadors d'alt rendiment en tests de 100 metres de crol, es van obtenir valors de despesa

energètica d' $1.16 \pm 0.10 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$ (Ribeiro et al., 2015), inferiors als trobats en aquest estudi, fins i tot amb valors similars de $\text{VO}_{2\text{màx}}$. Cal assenyalar que la despesa energètica és una variable d'avaluació global de la natació, pel fet que incorpora dades fisiològiques (energia total) i biomecàniques (velocitat de natació) (Barbosa et al., 2006). Per tant, un nedador amb una despesa energètica més baixa utilitza menys energia que un amb una despesa energètica més alta per recórrer la mateixa distància. Aquest resultat és important quan es busca un rescat més ràpid i més eficient en el context de la natació en socorristes.

A més, els nostres resultats d'RPE (14.6 ± 3.3 punts en CR i 15.6 ± 4.0 punts en CFA) i d'LA ($17.7 \pm 1.4 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ en CR i $17.8 \pm 1.7 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ en CFA) obtinguts després del test de 100 m en piscina van ser diferents dels observats en tests a rescatadors ($N = 23$, homes $n = 21$ i dones $n = 2$) duts a terme en mar en calma, amb onades inferiors a 0.5 m després d'un rescat aquàtic sense equip de rescat flotant (LA $11.01 \pm 2.06 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ i RPE 8 ± 0.77 en l'escala de Borg de 10 punts) (Barcala-Furelos et al., 2016). També es va trobar un estudi ($N = 40$, 28 homes i 12 dones) en el qual es va descriure una RPE de 7.4 ± 1.4 en l'escala de Borg de 10 punts en rescat sense equip de rescat flotant (però amb aletes de 12 i 38 cm) abans del rescat amb una distància de 100 m al mar (Aranda-Garcia i Herrera-Pedroviejo, 2020). És possible que aquestes diferències es deguin a les limitacions de diversos factors (Newell, 1986): medis (densitat i moviment de l'aigua en piscina i al mar); organisme (mostres diferents amb un dels grups amb dones) i tasca (sense rescat i amb rescat d'un individu). Val la pena mencionar que el suport amb qualsevol equip (p. e., aletes, tub o taula de rescat) durant els rescats és millor que no tenir-ne cap (Aranda-Garcia i Herrera-Pedroviejo, 2020; Barcala-Furelos et al., 2016; Serrano Ramón i Ferriz Valero, 2018).

Els resultats obtinguts de les variables estudiades es poden utilitzar per donar suport als equips d'execució i planificació d'entrenament salvavides i garantir un millor rendiment a l'aigua i visualització de la víctima, amb reducció del cost energètic a l'hora de dur a terme l'activitat. Tot i que no es poden establir les distàncies que s'han de nedar en el moment del rescat i que en els rescats aquàtics no se solen aplicar esforços màxims, sinó submàxims (Aranda-Garcia i Herrera-Pedroviejo, 2020; Barcala-Furelos et al., 2016), els resultats suggereixen que els socorristes han de tenir una bona capacitat aeròbica per dur a terme el rescat. Quant al cost energètic, els socorristes van mostrar valors més alts en CFA que en CR, i això pot provocar fatiga primerenca si es fa en distàncies llargues per arribar fins a la víctima que s'està ofegant.

També és cert que alguns socorristes no tenen una bona tècnica respiratòria mentre neden i sempre escullen nedar amb el cap fora de l'aigua, fet que els impedeix ser més ràpids i més eficients. Per tant, seria apropiat entrenar els socorristes

perquè millorin la tècnica de natació en CR i CFA. En relació amb el CFA, s'ha observat que els jugadors de waterpolo que el practiquen amb molta freqüència durant l'entrenament i en els partits desenvolupen una gran especialitat que els permet mantenir valors de velocitat de natació, longitud de braçada i de freqüència de braçada en CFA similars a CR (Zamparo et al., 2009). Per tant, creiem que, si l'entrenament de socorristes dona més importància al CFA, els socorristes també podran mantenir valors millors en les variables analitzades, que es tradueixen en un cost energètic menor durant la realització de les seves activitats.

Limitacions

Les principals limitacions d'aquest estudi van ser: a) la inviabilitat metodològica que no permet fer els tests en les mateixes condicions i medis en els quals els socorristes duen a terme les activitats de rescat aquàtic; b) durant els tests de natació no es van fer servir aletes. Alguns socorristes les utilitzen durant els rescats aquàtics (Barcala-Furelos et al., 2016). És possible que estudis futurs aportin més informació sobre l'ús d'aletes en tests de natació, rescats aquàtics i les despeses energètiques corresponents; c) l'ús d'un tub per obtenir els gasos respiratoris que permetia que els socorristes respiressin amb la cara més a prop de la línia de l'aigua que si estiguessin fent la tècnica d'aproximació sense el tub, i que podria haver influït en els resultats en CFA. Les dades d'aquest estudi poden ajudar a planificar l'entrenament, tècnic o fisiològic, amb objecte de millorar la planificació de les activitats físiques del socorrista, i també la tècnica de natació relacionada amb l'aproximació a l'enfonsament. Sabem que sempre serà difícil controlar totes les variables existents en estudis d'aquesta naturalesa, especialment perquè és una activitat que no permet preveure l'esforç que es necessitarà per dur a terme cada rescat. Un nombre més elevat d'estudis relacionats amb aquest tema permetrà conèixer encara millor les capacitats que s'haurien de millorar en l'entrenament de socorristes.

Conclusió

Els socorristes van assolir una velocitat de natació més elevada i, per tant, un millor rendiment en CR que en CFA en un test de 100 metres a intensitat màxima. $VO_{2\max}$, $LA_{\max}$, FC i RPE van ser similars en CR i CFA en el test de 100 metres a intensitat màxima. En general, els socorristes van poder alternar les braçades de CR amb una o dues braçades de CFA, deixant el CFA per quan eren més a prop de la víctima i establir-hi l'aproximació més apropiada. Aquesta tècnica d'aproximació té un cost energètic més elevat comparat amb el CR. De la mateixa manera, se suggereix millorar la tècnica del CFA perquè s'acosti a les característiques fisiològiques i biomecàniques del CR.

Declaracions d'interès

Cap. Sense finançament. L'estudi va ser aprovat pel Comitè d'Ètica d'Investigació de la Universitat Federal de Rio Grande do Sul (n. 2.316.201) i es va dur a terme d'acord amb la Declaració de Hèlsinki.

Referències

- Aranda-Garcia, S., & Herrera-Pedroviejo, E. (2020). Quick Rescue self-inflating flotation device for rescuing sea swimmers in distress versus conventional tube or buoy rescues. *Emergencias*, 32(2), 105-110. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32125109>
- Barbosa, T. M., Fernandes, R., Keskinen, K. L., Colaco, P., Cardoso, C., Silva, J., & Vilas-Boas, J. P. (2006). Evaluation of the energy expenditure in competitive swimming strokes. *Int J Sports Med*, 27(11), 894-899. <https://doi.org/10.1055/s-2006-923776>
- Barbosa, T. M., Fernandes, R. J., Morouço, P. G., & Vilas-Boas, J. P. (2008). Predicting the intra-cyclic variation of the velocity of the centre of mass from segmental velocities in butterfly stroke: a pilot study. *J Sports Sci Med*, 7(2), 201-209. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24149450>
- Barbosa, T. M., Lima, F., Portela, A., Novais, D., Machado, L., Colaco, P., Gonçalves, P., Fernandes, R., Keskinen, K. L., & Vilas-Boas, J. P. (2006). Relationships between energy cost, swimming velocity and speed fluctuation in competitive swimming strokes. *Portuguese J Sports Sci*, 6(2), 192-194.
- Barcala-Furelos, R., Szpilman, D., Palacios-Aguilar, J., Costas-Veiga, J., Abelaíras-Gomez, C., Borez-Cerezal, A., Lopez-Garcia, S., & Rodríguez-Núñez, A. (2016). Assessing the efficacy of rescue equipment in lifeguard resuscitation efforts for drowning. *Am J Emerg Med*, 34(3), 480-485. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2015.12.006>
- Binzoni, T., Ferretti, G., Schenker, K., & Cerretelli, P. (1992). Phosphocreatine hydrolysis by ³¹P-NMR at the onset of constant-load exercise in humans. *J Appl Physiol* (1985), 73(4), 1644-1649. <https://doi.org/10.1152/jappl.1992.73.4.1644>
- Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*. Human Kinetics.
- Capelli, C., Pendergast, D., & Termin, B. (1998). Energetics of swimming at maximal speeds in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 78(5), 385-395. <https://doi.org/10.1007/s004210050435>
- Chan, J. S., Ng, M. X., & Ng, Y. Y. (2018). Drowning in swimming pools: clinical features and safety recommendations based on a study of descriptive records by emergency medical services attending to 995 calls. *Singapore Med J*, 59(1), 44-49. <https://doi.org/10.11622/smedj.2017021>
- De Jesus, K., de Jesus, K., Figueiredo, P., Vilas-Boas, J. P., Fernandes, R. J., & Machado, L. J. (2015). Reconstruction accuracy assessment of surface and underwater 3D motion analysis: a new approach. *Comput Math Methods Med*, 2015, 269264. <https://doi.org/10.1155/2015/269264>
- De Jesus, K., Guidetti, L., de Jesus, K., Vilas-Boas, J. P., Baldari, C., & Fernandes, R. J. (2014). Which are the best VO_2 sampling intervals to characterize low to severe swimming intensities? *Int J Sports Med*, 35(12), 1030-1036. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1368784>
- Di Prampero, P. E. (1986). The energy cost of human locomotion on land and in water. *Int J Sports Med*, 7(2), 55-72. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1025736>
- Figueiredo, P., Barbosa, T. M., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2012). Energy cost and body centre of mass' 3D intracycle velocity variation in swimming. *Eur J Appl Physiol*, 112(9), 3319-3326. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2284-6>
- Figueiredo, P., Toussaint, H. M., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2013). Relation between efficiency and energy cost with coordination in aquatic locomotion. *Eur J Appl Physiol*, 113(3), 651-659. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2468-8>
- Figueiredo, P., Zamparo, P., Sousa, A., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). An energy balance of the 200 m front crawl race. *Eur J Appl Physiol*, 111(5), 767-777. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1696-z>

- Gámez de la Hoz, J. J., & Padilla Fortes, A. (2017). Ahogamientos asociados con piscinas implicados en casos judiciales de España, 2000-2015. *Rev Andal Med Deporte*, 10(3), 106-111. Spanish. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.07.005>
- Gonjo, T., McCabe, C., Sousa, A., Ribeiro, J., Fernandes, R. J., Vilas-Boas, J. P., & Sanders, R. (2018). Differences in kinematics and energy cost between front crawl and backstroke below the anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol*, 118(6), 1107-1118. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3841-z>
- Idris, A. H., Bierens, J. J. L. M., Perkins, G. D., Wenzel, V., Nadkarni, V., Morley, P., Warner, D. S., Topjian, A., Venema, A. M., Branche, C. M., Szpilman, D., Morizot-Leite, L., Nitta, M., Løfgren, B., Webber, J., Gräsner, J.-T., Beerman, S. B., Youn, C. S., Jost, U., Quan, L., Dezfulian, C., Handley, A. J., & Hazinski, M. F. (2017). 2015 revised Utstein-style recommended guidelines for uniform reporting of data from drowning-related resuscitation: An ILCOR advisory statement. *Resuscitation*, 118, 147-158. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.05.028>
- Jeong, J., Hong, K. J., Shin, S. D., Ro, Y. S., Song, K. J., Lee, E. J., Lee, Y. J., & Ahn, K. O. (2016). Relationship between drowning location and outcome after drowning-associated out-of-hospital cardiac arrest: nationwide study. *Am J Emerg Med*, 34(9), 1799-1803. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2016.06.008>
- Laffite, L. P., Vilas-Boas, J. P., Demarle, A., Silva, J., Fernandes, R., & Billat, V. L. (2004). Changes in physiological and stroke parameters during a maximal 400-m free swimming test in elite swimmers. *Can J Appl Physiol*, 29 Suppl, S17-31. <https://doi.org/10.1139/h2004-055>
- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. En M. G. W. H. T. A. Whiting (Ed.), *Motor development in children: aspect of coordination and control* (pp. 341-360). Martinus Nijhoff.
- Ozyener, F., Rossiter, H. B., Ward, S. A., & Whipp, B. J. (2001). Influence of exercise intensity on the on- and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. *J Physiol*, 533 (Pt 3), 891-902. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00891.x>
- Pendergast, C., Capelli, A. B., Craig Jr., P. E., di Prampero, A. E., Minetti, J., Mollendorf, A., Termin II, P., & Zamparo, P. (2006). Biophysics in swimming. *Rev Port Cien Desp*, 6(2), 185-197.
- Pendergast, D. R., Moon, R. E., Krasney, J. J., Held, H. E., & Zamparo, P. (2015). Human physiology in an aquatic environment. *Compr Physiol*, 5(4), 1705-1750. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140018>
- Ribeiro, J., Figueiredo, P., Sousa, A., Monteiro, J., Pelarigo, J., Vilas-Boas, J. P., Toussaint, H. M., & Fernandes, R. F. (2015). VO(2) kinetics and metabolic contributions during full and upper body extreme swimming intensity. *Eur J Appl Physiol*, 115(5), 1117-1124. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-3093-5>
- Rosenthal, J. A. (1996). Qualitative Descriptors of Strength of Association and Effect Size. *Journal of Social Service Research*, 21(4), 37-59. https://doi.org/10.1300/J079v21n04_02
- Schwebel, D. C., Lindsay, S., & Simpson, J. (2007). Brief report: a brief intervention to improve lifeguard surveillance at a public swimming pool. *J Pediatr Psychol*, 32(7), 862-868. <https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsm019>
- Serrano Ramón, J. M., & Ferriz Valero, A. (2018). Use of Floating Material in Swimming. *Apunts Educació Física y Deportes* (132), 48-59. [https://doi.org/https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2018/2\).132.04](https://doi.org/https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2018/2).132.04)
- Szpilman, D., Tipton, M., Sempstrott, J., Webber, J., Bierens, J., Dawes, P., Seabra, R., Barcala-Furelos, R., & Queiroga, A. C. (2016). Drowning timeline: a new systematic model of the drowning process. *Am J Emerg Med*, 34(11), 2224-2226. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2016.07.063>
- Toussaint, H. M., & Hollander, A. P. (1994). Energetics of competitive swimming. Implications for training programmes. *Sports Med*, 18(6), 384-405. <https://doi.org/10.2165/00007256-199418060-00004>
- Vignac, E., Lebihain, P., & Soule, B. (2017). Constant supervision of bathing in French public swimming pools: an unrealistic regulatory requirement? *Int J Inj Contr Saf Promot*, 24(3), 371-381. <https://doi.org/10.1080/17457300.2016.1200630>
- Wallis, B. A., Watt, K., Franklin, R. C., Taylor, M., Nixon, J. W., & Kimble, R. M. (2015). Interventions associated with drowning prevention in children and adolescents: systematic literature review. *Inj Prev*, 21(3), 195-204. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2014-041216>
- Zamparo, P., Capelli, C., & Pendergast, D. R. (2011). Energetics of swimming: a historical perspective. *Eur J Appl Physiol*, 111(3), 367-378. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1433-7>
- Zamparo, P., Capelli, C., Termin, B., Pendergast, D. R., & di Prampero, P. E. (1996). Effect of the underwater torque on the energy cost, drag and efficiency of front crawl swimming. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 73(3-4), 195-201. <https://doi.org/10.1007/BF02425476>
- Zamparo, P., Gatta, G., Pendergast, D. R., & Capelli, C. (2009). Active and passive drag: the role of trunk incline. *Eur J Appl Physiol*, 106(2), 195-205. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1007-8>

Conflicte d'interessos: les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Aquest article està disponible a la url <https://www.revista-apunts.com/ca/>. Aquest treball està publicat sota una llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Les imatges o qualsevol altre material de tercers d'aquest article estan incloses a la llicència Creative Commons de l'article, tret que s'indiqui el contrari a la línia de crèdit; si el material no s'inclou sota la llicència Creative Commons, els usuaris hauran d'obtenir el permís del titular de la llicència per reproduir el material. Per veure una còpia d'aquesta llicència, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>